

Escenarios para un desarrollo sostenible en la República Dominicana

Un modelo econométrico estructural de emisiones de dióxido de carbono

Luis Miguel Galindo
Alexis Cruz-Rodríguez
Yanna Dishmey
Martin Francos
Juan Carlos López
José Eduardo Alatorre
Rafael van der Borght



NACIONES UNIDAS

CEPAL



cooperación
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

AMBASSADE DE FRANCE AU CHILI



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



MEPyD
MINISTERIO DE ECONOMÍA, PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO

Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

 www.cepal.org/es/publications

 www.cepal.org/apps

Escenarios para un desarrollo sostenible en la República Dominicana

Un modelo econométrico estructural de emisiones de dióxido de carbono

Luis Miguel Galindo
Alexis Cruz-Rodríguez
Yanna Dishmey
Martin Francos
Juan Carlos López
José Eduardo Alatorre
Rafael van der Borght



Este documento fue preparado por Luis Miguel Galindo, Consultor, José Eduardo Alatorre y Rafael van der Borght, funcionarios de la Unidad de Economía del Cambio Climático de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y Alexis Cruz-Rodríguez, Yanna Dishmey, Martín Francos y Juan Carlos López, funcionarios del Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo de la República Dominicana, en el marco de las actividades del programa de la CEPAL y el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ)/Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) denominado Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe, y con el apoyo del programa de cooperación entre Francia y la CEPAL financiado por el Ministerio para Europa y de Asuntos Exteriores francés e implementado por Expertise France.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2020/109
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2020
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.20-00376

Esta publicación debe citarse como: L. M. Galindo y otros, "Escenarios para un desarrollo sostenible en la República Dominicana: un modelo econométrico estructural de emisiones de dióxido de carbono", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2020/109), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2020.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Publicaciones y Servicios Web, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Síntesis Ejecutiva	5
Introducción	7
I. El modelo econométrico estructural de emisiones de CO_2 para República Dominicana ($\text{ME}_3\text{CO}_2\text{RD}$).....	9
II. Trayectoria de largo plazo del PIB en RD	11
III. Bloque macroeconómico	13
IV. Simulaciones del modelo $\text{ME}_3\text{CO}_2\text{RD}$	15
V. Conclusiones y comentarios generales	21
Anexos	23
Anexo 1 Apendice	24
Anexo 2 Bloque del modelo econométrico.....	28
Anexo 3 Modelo econométrico final.....	31
Bibliografía.....	43
Cuadros	
Cuadro 1 ODS e indicadores del modelo $\text{ME}_3\text{CO}_2\text{RD}$	10
Cuadro 2 PIB: tasas de crecimiento promedio anual y filtros de tendencia. 1960-2018.	11
Cuadro 3 Tasa de crecimiento promedio anual del PIB proyectada con un modelo ARIMA y sus rangos de distribución, 2019-2030.....	12
Cuadro 4 Especificaciones de largo plazo del modelo $\text{ME}_3\text{CO}_2\text{RD}$	14
Cuadro 5 Supuestos de los escenarios prospectivos al 2030.....	15
Cuadro 6 Metas de mitigación establecidas en la Contribución Nacionalmente Determinada de RD, 2015.....	16

Cuadro 7	Escenarios prospectivos al 2030.....	17
Cuadro A1	Estadísticos básicos de la base de datos, 1960-2018	25
Cuadro A2	Pruebas de raíces unitarias	27
Cuadro A3	Ecuación de Consumo Privado.....	28
Cuadro A4	Ecuación de Inversión.	29
Cuadro A5	Ecuación de importaciones.....	30
Cuadro A6	Ecuación de exportaciones	31
Cuadro A7	Ecuación de empleo	32
Cuadro A8	Ecuación de precios con nueva curva de Phillips	33
Cuadro A9	Ecuación de curva de salarios.....	34
Cuadro A10	Ecuación de tipo de cambio nominal	35
Cuadro A11	Ecuación de demanda de gasolina	36
Cuadro A12	Modelo de demanda de Electricidad.....	37
Cuadro A13	Modelo de demanda de Electricidad.....	38
Cuadro A14	Ecuación de la demanda de agua total.....	39
Cuadro A15	Ecuación de demanda de Agua Residencial	40
Cuadro A16	Ecuación de Pobreza (línea 1.8 dólares)	41

Gráficos

Gráfico 1	Gráfico de abanico (Fan chart) de la tasa de crecimiento promedio anual del PIB: 2019-2030.....	12
Gráfico 2	Simulaciones al 2030 de República Dominicana (tasas de crecimiento)	17

Diagramas

Diagrama 1	Descomposición del cambio en pobreza en efecto ingreso y efecto distribución	41
------------	--	----

Síntesis Ejecutiva

El objetivo de este documento es identificar algunas de las relaciones básicas entre las variables económicas, sociales y ambientales en República Dominicana (RD) y con base en estas relaciones presentar algunos escenarios al 2030 como un insumo para discutir una estrategia de política pública del siglo XXI que contribuya a un crecimiento bajo en carbono, incluyente socialmente, y con preservación ambiental.

ME₃CO₂RD es un modelo econométrico de pequeña escala basado en relaciones básicas entre variables económicas, sociales y ambientales que permiten identificar la presencia de procesos de retroalimentación y donde las estimaciones econométricas son consistentes con la evidencia internacional disponible, ello permite hacer inferencias robustas. Así, por ejemplo, la evidencia disponible muestra que el crecimiento económico intensifica algunas externalidades negativas asociadas al consumo de gasolinas, que el impacto del crecimiento económico sobre la tasa de cambio de la pobreza es importante pero insuficiente para resolver las brechas de pobreza el 2030, que un aumento de la temperatura promedio en RD, asociada al cambio climático, ocasiona un incremento de la demanda de electricidad residencial y de la demanda de agua residencial con impactos colaterales potenciales en las finanzas pública y que el conjunto de las actividades económicas generan emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático.

La evidencia disponible muestra además que las variables endógenas del modelo como consumo, empleo o demanda de agua y gasolinas tienen una estrecha asociación con la evolución de la trayectoria del producto y que, al mismo tiempo, sus magnitudes de respuesta a los precios son limitadas (inelásticas). Ello refleja una baja sensibilidad a las señales de precios en la República Dominicana lo que sugiere que políticas públicas que consideren exclusivamente estrategias de precios tendrán consecuencias limitadas. Por ejemplo, se observa que en los escenarios construidos un crecimiento económico continuo, preservando el actual estilo de desarrollo, se traduce en un aumento del consumo de gasolinas, electricidad, agua y un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero que difícilmente puede ser controladas exclusivamente a través de una política de precios. En este sentido, para atender las externalidades negativas es necesario instrumentar transformaciones estructurales fundamentales a la economía de la República Dominicana que incluyan, además de una estrategia de

precios (i.e. impuestos y subsidios, tipo de cambio, tasas de interés, precios relativos, etc.) impulsar nuevas regulaciones y la construcción de una nueva infraestructura de transporte y energética. Ello debe contribuir a modificar las sensibilidades de respuesta a los precios de las variables asociadas a diversas externalidades negativas y potenciar los efectos colaterales de la dinámica económica sobre el empleo y la reducción de la pobreza y, en el futuro, a potenciar los efectos de precios.

En este sentido, el modelo ME₃CO₂RD permite disponer de un marco conceptual para analizar, evaluar, simular y construir escenarios prospectivos que involucran simultáneamente a los aspectos económicos, sociales y ambientales. Ello resulta fundamental para el diseño e instrumentación de las políticas públicas en el siglo XXI.

Introducción

La República Dominicana (RD) muestra, durante las últimas cinco décadas, un dinamismo económico significativo junto con una heterogeneidad y una alta volatilidad por períodos. Este crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) contribuyó a un aumento del consumo, del empleo y a la reducción de la pobreza. Sin embargo, el estilo de crecimiento económico no resolvió los rezagos sociales como la persistencia de altas tasas de pobreza y elevados niveles de concentración del ingreso, generó una compleja matriz de externalidades negativas y preservó la elevada vulnerabilidad de la economía de República Dominicana a diversos shocks externos tales como cambios en los precios de las materias primas y de los recursos naturales, modificaciones en la tasa de interés internacional y los flujos financieros y los desastres naturales y el cambio climático que están erosionando las bases de sustentación del actual dinamismo económico.

De este modo, la República Dominicana deberá, en la próxima década, transitar a un desarrollo sustentable para atender estos desafíos y cumplir con diversos compromisos nacionales e internacionales tales como las metas específicas de mitigación y adaptación para el 2020-2030 establecidas en la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) de RD de cambio climático y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para el 2030. Ello requiere disponer de un conjunto de información sobre las relaciones que se establecen entre los ámbitos económicos, sociales y ambientales y los potenciales procesos de retroalimentación entre estas variables.

En este sentido, el objetivo de este documento es identificar algunas de las relaciones básicas entre las variables económicas, sociales y ambientales en República Dominicana y con base en estas relaciones presentar algunos escenarios al 2030 como un insumo para discutir una estrategia de política pública del siglo XXI que contribuya a un crecimiento bajo en carbono, incluyente socialmente, y con preservación ambiental.

El documento incluye seis secciones. La primera sección es, obviamente, la introducción; la segunda sección presenta algunas de las características del modelo ME_3CO_2RD ; la tercera sección busca identificar la trayectoria de largo plazo de la economía de República Dominicana; la cuarta sección presenta las bases del bloque econométrico del modelo ME_3CO_2RD utilizado; la quinta sección incluye los escenarios simulados y, finalmente, la sexta sección concluye.

I. El modelo econométrico estructural de emisiones de CO₂ para República Dominicana (ME₃CO₂RD)

Actualmente, existe un interés creciente por analizar las relaciones y los procesos de retroalimentación que existen entre las variables económicas, sociales y ambientales. Para ello, existe una amplia variedad de modelos económicos aplicados con distintas metodologías, métodos de estimación, especificaciones y propósitos. En este contexto se construyó el ME₃CO₂RD, que es un modelo econométrico de pequeña escala con módulos semi-independientes (exogeneidad fuerte o débil) para simular a la economía y las emisiones de CO₂ de la República Dominicana y donde se destacan los canales de transmisión entre las variables económicas, sociales y ambientales. Este modelo combina efectos de oferta de largo plazo, modelada explícitamente, con shocks de demanda de corto plazo (Carnot, et al. 2005, Fagan y Morgan, 2005). La especificación de las ecuaciones de comportamiento sigue de cerca las especificaciones utilizadas en los modelos del nuevo keynesianismo (Carnot, et al. 2005, Fagan y Morgan, 2005, Holly y Weale, 2000).

Así, las simulaciones con base en el modelo ME₃CO₂RD permiten analizar, de forma simple, las principales relaciones entre variables económicas, sociales y ambientales incluyendo los ODS y la NDC. Por ejemplo, una síntesis de las relaciones entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las variables del modelo se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1
ODS e indicadores del modelo ME₃CO₂RD

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	Indicador
1. Fin de la pobreza	1.1. Población por debajo de la línea de pobreza 1.2. Población vulnerable por debajo de 1.8 y de 2.5 de línea de pobreza
2. Hambre cero	2.1. Pobreza 2.2. Demanda de alimentos
3. Salud y bienestar	3.1. Desechos
4. Educación de calidad	4.1. Índice de escolaridad
5. Igualdad de género	
6. Agua limpia y saneamiento	6.1. Demanda de agua
7. Energía asequible y no contaminante	7.1. Demanda de gasolinas 7.2. Demanda de electricidad 7.3. Demanda de energía
8. Trabajo decente y crecimiento económico	8.1. PIB 8.2. PIB per cápita 8.3. Empleo 8.4. Salario
9. Industria, innovación e infraestructura	9.1. Ecuaciones sectoriales
10. Reducción de las desigualdades	10.1. Coeficiente de Gini 10.2. Pobreza
11. Ciudades y comunidades sostenibles	11.1. Contaminación ambiental
12. Producción y consumo responsables	12.1. Patrones de consumo (curvas de Engel)
13. Acción por el clima	13.1. IPAT 13.2. Mitigación 13.2. Adaptación
14. Vida submarina	
15. Vida de ecosistemas terrestres	
16. Paz, justicia e instituciones sólidas	
17. Alianza para lograr los objetivos	
Política fiscal y monetaria	Regla de Taylor, tipo de cambio, tasa de interés Función de reacción fiscal o ingresos fiscales La política fiscal y monetaria esta incluida también en los ODS 8 y 12.

Fuente: Unidad de cambio climático de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de CEPAL.

Nota: En este documento solo se incluyen algunos temas incluidos en el modelo general.

Las simulaciones del modelo ME₃CO₂RD son consistentes con la evidencia internacional disponible donde los efectos de algunos shocks sugieren que (Fagan y Morgan, 2005):

Política monetaria: Un alza de la tasa de interés lleva a una caída del PIB y una apreciación del tipo de cambio real.

- Política fiscal: Aumento del gasto lleva a un incremento del PIB y a un alza de los precios.
- Shock de demanda externa: Un aumento de las exportaciones lleva a un incremento del PIB.
- Shocks de tipo de cambio: Una apreciación del tipo de cambio real lleva a reducir el PIB en casi todos los modelos y a una caída de precios.

II. Trayectoria de largo plazo del PIB en RD

La tasa de crecimiento promedio anual del PIB de República Dominicana estimada con base en la descomposición de tendencia y ciclo considerando los filtros de Hodrick y Prescott (1997), Beveridge y Nelson (1987), Hamilton (1994) y Baxter y King (1993), sintetizados en el Cuadro 2, muestran un componente de tendencia que se ubica entre 4.19% y 5.09% para el periodo 1960-2018 y en donde destaca una paulatina reducción de la volatilidad. En este sentido, la trayectoria de largo plazo del PIB identificada con estos filtros se ubica en una tasa de crecimiento promedio anual de entre 4% y 5%; probablemente más cerca de 4% conforme la economía de RD adquiera las condiciones de una economía más moderna y atendiendo al contexto internacional.

Cuadro 2
PIB: tasas de crecimiento promedio anual y filtros de tendencia. 1960-2018

Método	1960-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2018	1980-2018
PIB						
Observado	6,17	3,67	4,78	4,16	5,59	5,06
Filtro Hodrick y Prescott	6,38	3,27	4,63	4,77	5,24	5,09
Filtro Beveridge Nelson	6,22	3,58	4,84	4,19	5,43	5,05
Filtro Hamilton	3,51	4,46	2,36	5,71	4,39	4,19
Filtro Baxter King	6,38	3,24	5,06	4,43	5,25	5,07
Tendencia lineal	6,27	3,68	4,63	4,64	4,94	5,03
Promedio	5,75	3,65	4,30	4,75	5,05	4,89
PIB per cápita						
Observado	5,21	2,41	5,2	4,44	7,03	4,83

Fuente: Elaboración propia.

Notas: Banco Central de la República Dominicana. En este documento sólo se presentan algunos filtros de los filtros estimados como Hodrick y Prescott (1997), Beveridge y Nelson (1987), Hamilton (1994) y Baxter y King (1993). El PIB per cápita se obtuvo de dividir el PIB a precios de República Dominicana de 2018 entre la población total (PIB/POB).

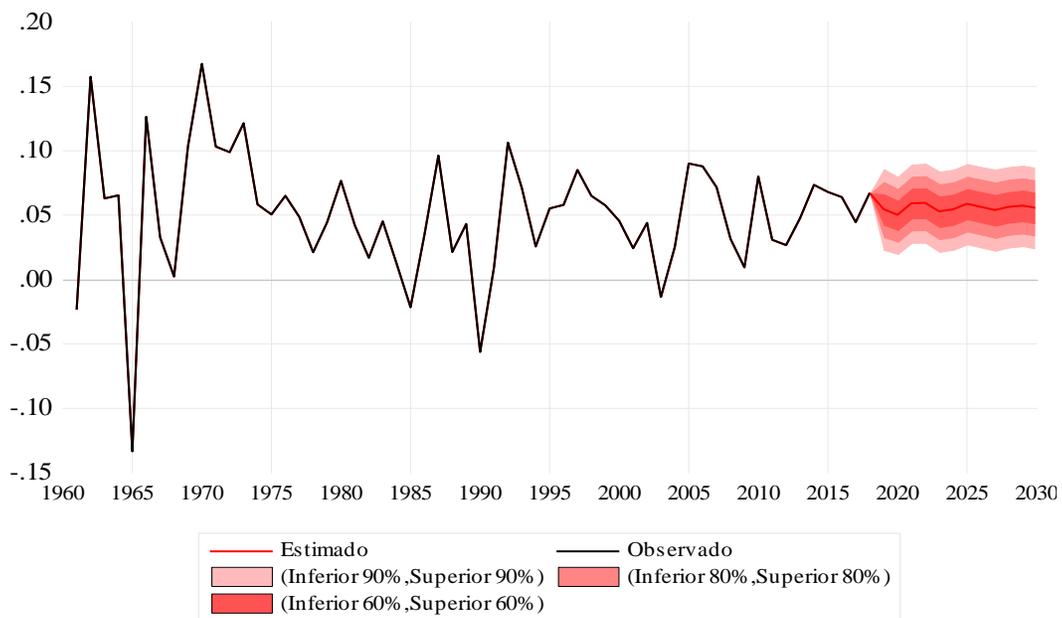
Asimismo, la tasa de crecimiento promedio anual proyectada, con base en un modelo ARIMA, para el período 2019-2030, es de 5.5% (Cuadro 3 y Gráfica 1) y donde la gráfica de abanico indica límites inferiores y superiores de crecimiento, con un rango de probabilidad al 60%, de entre 4.4% y 6.7%. Todo ello sugiere (filtros y ARIMA) que un escenario probable inercial se ubique en tasas de crecimiento promedio anual de largo plazo del PIB de entre 4% y 5% conforme la economía de RD adquiera las condiciones de una economía más moderna y atendiendo al contexto internacional actual.

Cuadro 3
Tasa de crecimiento promedio anual del PIB proyectada con un modelo ARIMA
y sus rangos de distribución, 2019-2030

Promedio	Probabilidad 60%		Probabilidad 80%		Probabilidad 90%	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
5,5	4,4	6,7	3,4	7,7	2,4	8,6

Fuente: Banco Central de la República Dominicana y estimación propia con un modelo ARIMA (3,1,2).

Gráfico 1
Gráfico de abanico (Fan chart) de la tasa de crecimiento promedio anual del PIB: 2019-2030



Fuente: Banco Central de la República Dominicana y estimación propia con un modelo ARIMA (3,1,2).

III. Bloque macroeconómico

El bloque macroeconómico del modelo ME₃CO₂RD incluye ecuaciones que combinan relaciones de corto y largo plazo con representaciones finales en forma de ecuaciones de corrección de error (ECM) (Hendry, 1995). El bloque econométrico de largo plazo se sintetiza en el Cuadro 4 donde se observa que:

Las estimaciones obtenidas son consistentes con la evidencia disponible. En este sentido, las inferencias realizadas son robustas.

Las especificaciones econométricas utilizadas integran aspectos económicos, sociales y ambientales y, además, buscan identificar procesos de retroalimentación. En efecto, la evidencia presentada muestra, por ejemplo, que el aumento del ingreso se asocia con un crecimiento del consumo, del empleo y de una reducción de la pobreza, pero, al mismo tiempo, implica un aumento en el consumo de gasolinas, de la demanda de electricidad residencial, de la demanda de agua residencial y de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que intensifican una compleja matriz de externalidades negativas.

La evidencia disponible muestra, además, que el cambio climático tiene una incidencia importante sobre la dinámica económica en la RD. En efecto, un aumento de la temperatura promedio en RD ocasiona un incremento de la demanda de electricidad residencial y la demanda de agua residencial. Este incremento del consumo de electricidad y del consumo de agua residencial deriva, en un escenario inercial, en un aumento de los subsidios lo que ocasionará presiones crecientes sobre las finanzas públicas. De este modo, resulta pertinente incorporar los escenarios de cambio climático en la construcción de escenarios de largo plazo de la economía de la RD.

El conjunto de las variables consideradas muestra una importante dependencia de la trayectoria del producto y magnitudes de respuesta limitadas (inelásticas) a los precios. Ello refleja la presencia de una baja sensibilidad a las señales de precios en la RD. De este modo, un crecimiento económico continuo, en el contexto, del actual estilo de desarrollo, se traducirá en un aumento del consumo, del empleo, inversión e importaciones y del consumo de gasolinas, electricidad, agua y un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y en donde las externalidades negativas asociadas difícilmente pueden ser controladas exclusivamente a través de una política de precios en rangos razonables. En este sentido, para atender las

externalidades negativas es necesario instrumentar transformaciones estructurales fundamentales a la economía de la RD que incluyen, además de una estrategia de precios (i.e. impuestos y subsidios, tipo de cambio, tasas de interés, precios relativos, etc.) impulsar nuevas regulaciones, la construcción de nueva infraestructura y una nueva estructura reflejada en el tránsito a patrones de producción y consumo sustentables que permitan modificar las sensibilidades de respuesta de variables asociadas a diversas externalidades negativas al producto y de potenciar los efectos colaterales de la dinámica económica sobre el empleo, la reducción de la pobreza y en una mejora en la distribución del ingreso.

Cuadro 4
Especificaciones de largo plazo del modelo ME₃CO₂RD

Variable	Especificación	Estimaciones de largo plazo
(1) Consumo	$c_t = \beta_0 + \beta_1 y_t + \beta_2 \Delta p_t + u_{1t}$	$c_t = 0.960 y_t - 0.102 \Delta p_t$
(2) Inversión	$inv_t = \beta_3 + \beta_4 y_t + \beta_5 r_t + u_{2t}$	$inv_t = 1.035 y_t - 0.070 r_t$
(3) Importaciones	$im_t = \beta_6 + \beta_7 y_t + \beta_8 tcr_t + u_{3t}$	$im_t = 1.39 y_t - 0.875 tcr_t$
(4) Exportaciones	$x_t = \beta_9 + \beta_{10} y_{usa_t} + \beta_{11} tcr_t + u_{4t}$	$x_t = 0.361 y_{usa_t} + 0.575 tcr_t$
(5) Empleo	$em_t = \beta_{12} + \beta_{13} y_t + \beta_{14} wr_t + u_{5t}$	$em_t = 9.974 + 0.416 y_t - 0.220 wr_t$
(6) Precios	$p_t = \beta_{15} + \beta_{16} y_t + \beta_{17} w_t + \beta_{18} s_t + \beta_{19} poil_t + u_{6t}$	$p_t = 0.005 y_t + 0.575 w_t + 0.380 s_t + 0.136 poil_t$
(7) Salarios	$w_t = \beta_{20} + \beta_{21} \pi_t + \beta_{22} p_t + \beta_{23} s_t + u_{7t}$	$w_t = 0.271 \pi_t + 0.401 p_t + 0.722 s_t$
(8) Tipo de cambio	$s_t = \beta_{24} + \beta_{25} ppp_t + \beta_{26} \Delta pdt_t + u_{8t}$	$s_t = 1.377 ppp_t + 0.055 \Delta pdt_t$
(9) Tipo de cambio real	$SR_t = \left(\frac{P_t^*}{P_t}\right) S_t$	$SR_t = \left(\frac{P_t^*}{P_t}\right) S_t$
(10) Demanda de gasolinas	$gas_t = \beta_{27} + \beta_{28} y_t + \beta_{29} prgas_t + u_{9t}$	$gas_t = 1.297 y_t - 0.184 prgas_t$
(11) Demanda de electricidad total	$celec_t = \beta_{30} + \beta_{31} y_t + \beta_{32} prelec_t + u_{10t}$	$celec_t = 5.68 + 0.583 y_t - 0.075 prelec_t$
(12) Demanda de electricidad residencial	$celecresiden_t = \beta_{33} + \beta_{34} y_t + \beta_{35} prelec_t + u_{11t}$	$celecresiden_t = 1.005 + 0.623 y_t - 0.102 prelec_t$
(13) Demanda de agua total	$cagua_t = \beta_{36} + \beta_{37} y_t + \beta_{38} pragua_t + \beta_{39} temp_t + u_{12t}$	$cagua_t = 0.913 y_t - 0.006 pragua_t + 1.8 temp_t$
(14) Demanda de agua residencial	$caguaresiden_t = \beta_{40} + \beta_{41} y_t + \beta_{42} pragua_t + \beta_{43} temp_t + u_{13t}$	$caguaresiden_t = 0.855 y_t - 0.012 pragua_t + 1.8 temp_t$
(15) Pobreza (1.8)	$\Delta pob1.8_t = \beta_{44} + \beta_{45} ypc_t + \beta_{46} \Delta gini_t + u_{14t}$	$\Delta pob1.8_t = 0.092 - 2.75 ypc_t - 0.01 \Delta gini_t$
(16) CO ₂ de energía	$\Delta CO_2 t = \Delta Yt + \Delta(EN/Y)t + \Delta(CO_2/Y)t$	$\Delta CO_2 t = 7.34\%$ $\Delta Yt = 4.99\%$ $\Delta(EN/Y)t = 0.95\%$ $\Delta(CO_2/Y)t = 1.4\%$

Fuente: Elaboración propia.

Notas: Las estimaciones de largo plazo con base en procedimientos de cointegración de Johansen (1985) o de Dickey Fuller Aumentada (ADF) (Engel y Granger, 1987). Fuente: Modelo ME₃CO₂RD. Donde Ct es el consumo privado, yt es el PIB, Δpt es la tasa de inflación, invt es la inversión privada, rt es la tasa de interés, imt son las importaciones totales, tcr es el tipo de cambio real definido como $SR_t = \left(\frac{P_t^*}{P_t}\right) S_t$, xt son las exportaciones totales, yusat es el PIB de Estados Unidos, emt es el empleo, wrt es el salario real, wt es el salario nominal, pt es el índice de precios al consumidor, Πt es la productividad laboral estimado como la razón del producto con respecto al empleo, poilt es el precio del petróleo, pppt es el poder de paridad de compra definido como el diferencial de precios entre República Dominicana y Estados Unidos, pdtit es la paridad descubierta de tasas de interés definida como el diferencial entre las tasas de interés de República Dominicana y Estados Unidos, gast es el consumo de gasolinas, prgast es el precio real relativo de la gasolina, celect es el consumo de electricidad total, celecresiden es el consumo de electricidad residencial, prelect es el precio real relativo de la electricidad, cagua es el consumo de agua total, caguaresiden es el consumo de agua residencial, pragua es el precio real relativo del agua, pob1.8 corresponde a las tasas de pobreza a 1.8 diarios, ypc es el PIB per cápita aproximado como la razón entre PIB y población total, CO₂ son las emisiones de GEI provenientes del sector energético y ENT es el consumo total de energía. Las variables de la ecuación (16) están en niveles. La elasticidad ingreso de la demanda de gasolinas es elevada y muy probablemente se ha reducido en los últimos años. Así, estimaciones con una muestra más reducida permiten obtener una elasticidad ingreso más baja pero que está acompañada de una elasticidad precio más inelástica. Por ello se deja, por el momento, la estimación con esta elasticidad ingreso alta de largo plazo pero que para simulaciones de largo plazo debe ajustarse.

Las estimaciones de estas relaciones de largo plazo se utilizan como mecanismo de corrección de errores (ECM) para construir el bloque de las ecuaciones econométricas finales que se reportan en el Apéndice (Hendry, 1985).

IV. Simulaciones del modelo ME₃CO₂RD

Los escenarios construidos al 2030, con base en las actuales estimaciones econométricas del modelo ME₃CO₂RD, permiten ilustrar las posibilidades del actual estilo de desarrollo de República Dominicana para atender los desafíos de transitar a un desarrollo sustentable, esto es, cumplir, por ejemplo, con las metas de emisiones de CO₂ establecidas en la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) de RD y las metas establecidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible y, además permiten ilustrar las potenciales consecuencias de algunas opciones de política pública.

Los principales supuestos de las simulaciones realizadas se sintetizan en el Cuadro 5. El conjunto de escenarios tiene como fundamento el escenario inercial (Business As Usual -BAU) y donde estos escenarios buscan ilustrar las potenciales consecuencias de crecimiento económico en RD.

Cuadro 5
Supuestos de los escenarios prospectivos al 2030

Variables	Escenario BAU optimista	Escenario moderado	Escenario moderado con política pública
Δy_t	5%	4%	4%
Δs_t	0%	0%	0%
Δsr_t	0%	0%	0%
$\Delta prgas_t$	0%	0%	1%
$\Delta prelec_t$	0%	0%	1%
$\Delta pragua_t$	0%	0%	1%
$\Delta gini_t$	0%	0%	0%

Variables	Escenario BAU optimista	Escenario moderado	Escenario moderado con política pública
$\Delta temp_t$	0%	0%	0%
$\Delta(ENY)_t$	-0.8%	-0.8%	
$\Delta(CO_2/Y)_t$	-1.5%	-1.5%	
Δy_{usa_t}	1.8%	1.8%	1.8%
P_{oil_t}	6.5%	6.5%	6.5%
Π_t (productividad)	2.7%	2.7%	2.7%

Fuente: Elaboración propia.

Notas: Los escenarios de política pública suponen un aumento promedio anual para todo el período. Es factible incorporar un escenario de cambio climático (i.e. un aumento de la temperatura). La tasa de crecimiento promedio anual del PIB de Estados Unidos, la tasa de crecimiento de los precios al consumidor en Estados Unidos, de la tasa de crecimiento de la productividad del trabajo y de los precios del petróleo corresponde a su comportamiento histórico para el período 1960-2018. El diferencial de la tasa de interés entre República Dominicana y Estados Unidos se utiliza el promedio del período 1990-2018.

Para ilustrar, las consecuencias de los escenarios elaborados se presenta el escenario contrafactual basado en las metas establecidas de emisiones de gases de efecto invernadero en la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) de RD (Cuadro 6).

Cuadro 6
Metas de mitigación establecidas en la Contribución Nacionalmente Determinada de RD, 2015

Nivel de Referencia	El escenario utiliza el 2010 como año base donde las emisiones per cápita estimadas son 3.6 tCO ₂ e.
Resumen cuantificable de Ambición	Reducción de un 25% de las emisiones del año base para el 2030. Esto condicionado a que el apoyo sea favorable, previsible, se viabilicen los mecanismos de financiamiento climático, y se corrijan las fallas de los mecanismos de mercado existentes
Plazos y / o períodos de aplicación	El período de aplicación es 2010-2030, con revisión cada 5 años. Las contribuciones post 2030, serán establecidas al concluir la NDC.
Ámbito de aplicación y cobertura	Sectores de Emisiones: <ul style="list-style-type: none"> • Energía • Procesos Industriales y Uso de Productos • Agricultura • Residuos • Cambio de Uso de Suelo • Silvicultura y Forestal • Gases de Efecto Invernadero: <ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de carbono (CO₂) • Metano (CH₄) • Óxido nitroso (N₂O)

Fuente: Contribución prevista y determinada a nivel nacional INDC-RD.

Los escenarios al 2030 contruidos se sintetizan en el Cuadro 7 y en las Gráficas 2. Estos escenarios muestran que los desafíos inherentes del actual estilo de desarrollo no se resolverán al 2030 y, más aún, es probable que se intensifiquen de preservarse el actual estilo de desarrollo en RD. Ello intensificará algunas de las principales externalidades negativas que muestra la economía de RD tales como congestión y accidentes viales y emisiones de gases de efecto invernadero que ocasionan el cambio climático. Asimismo, las proyecciones sugieren que persistirá la pobreza en el 2030 y que en el escenario inercial (BAU) optimista sugiere una tasa de crecimiento de las emisiones de GEI aun inconsistente con las metas establecidas para el período 2020-2030. La reducción de la tasa de inflación se asocia, parcialmente, a una devaluación controlada y medida del tipo de cambio.

Cuadro 7
Escenarios prospectivos al 2030

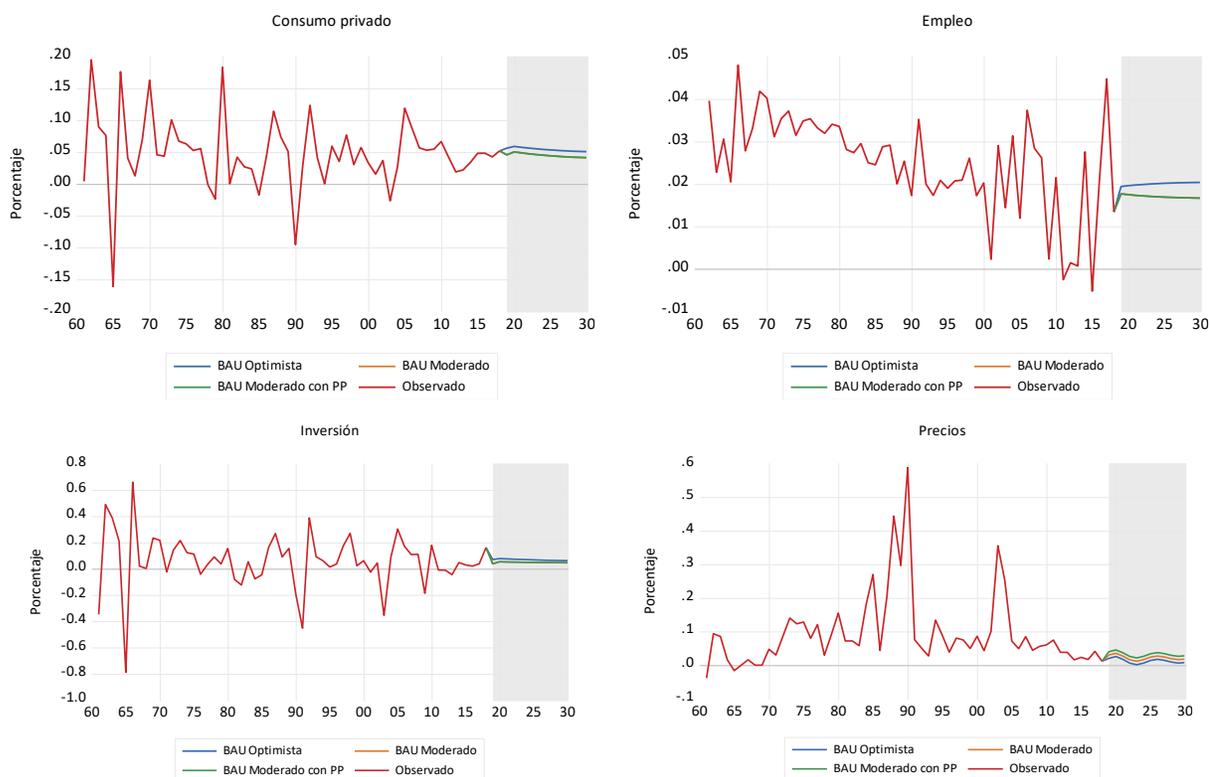
Variables endógenas seleccionadas	Escenario BAU optimista	Escenario BAU moderado	Escenario BAU moderno con política pública
ΔC_t	5,3	4,4	4,4
Δinv_t	6,8	4,7	4,7
Δim_t	6,6	6,2	6,2
Δx_t	1,5	1,5	1,5
Δe_t	2,0	1,7	1,7
Δp_t	2,1	2,1	2,1
ΔW_t	4,5	4,5	4,5
ΔS_t	-1,6	-1,6	-1,6
Δgas_t	4,7	3,5	2,5
$\Delta cele_t$	2,9	2,4	1,7
$\Delta celeresident_t$	3,3	2,7	2,3
$\Delta caguat_t$	1,2	0,3	0,2
$\Delta caguaresid_t$	5,1	4,2	4,0
$\Delta pob1.8_t$	-4,4	-1,7	-1,7
ΔCO_{2t}	1,4	1,3	1,25

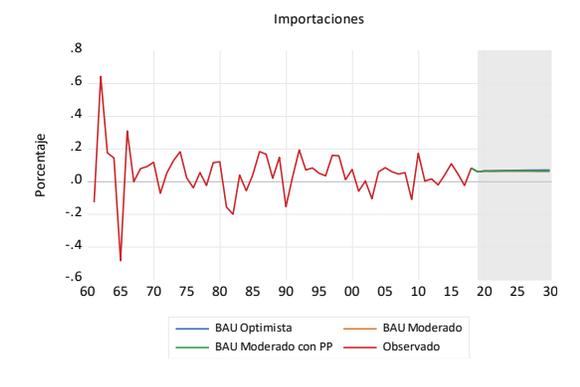
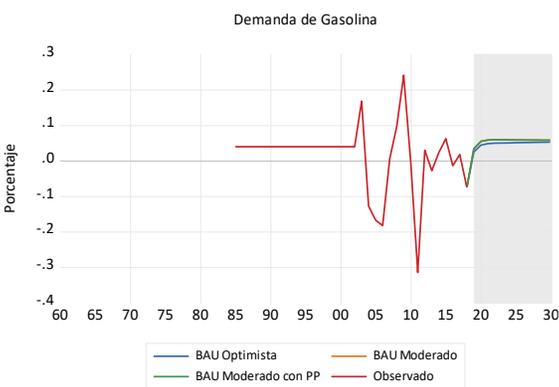
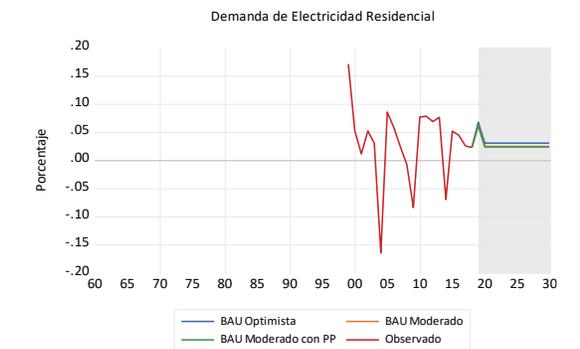
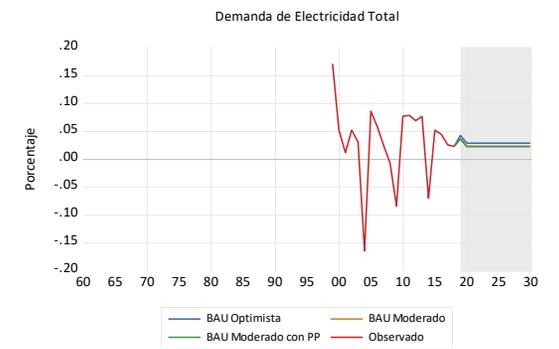
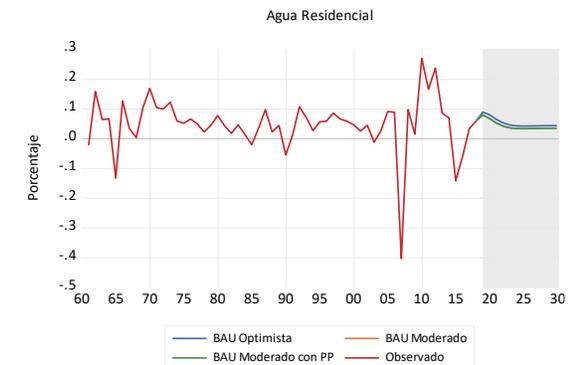
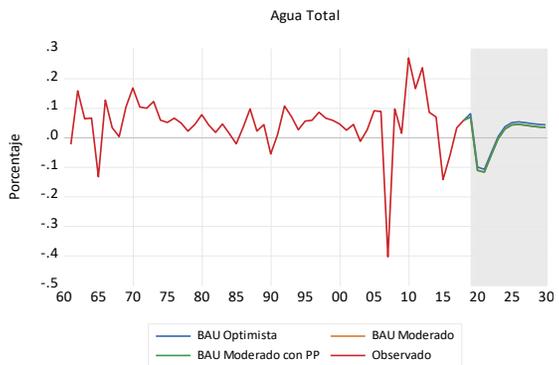
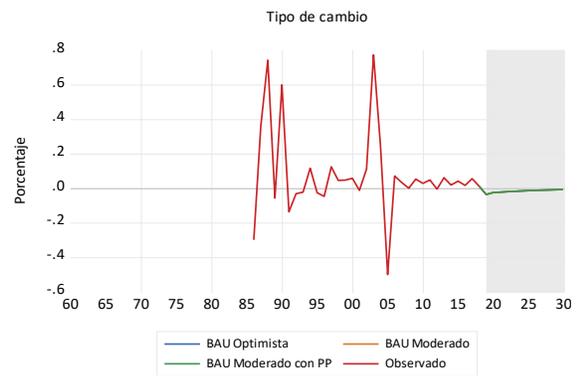
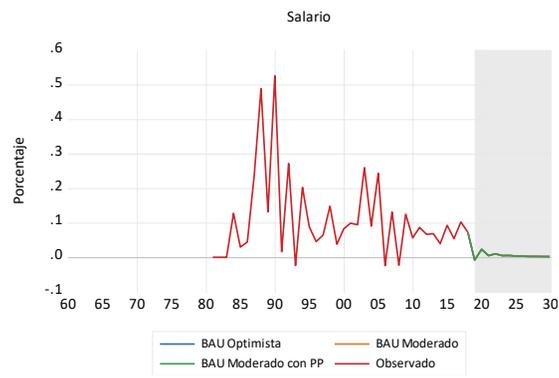
Fuente Elaboración propia.

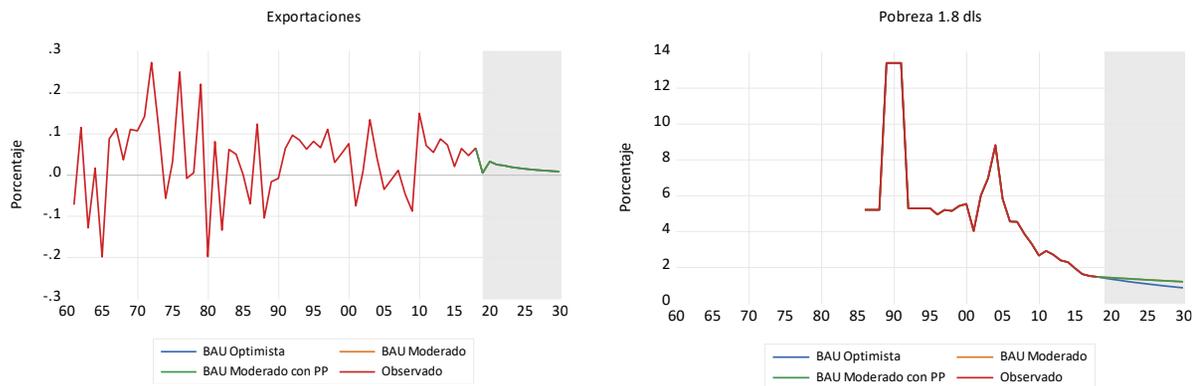
Notas: Los escenarios de política pública suponen un aumento promedio anual para todo el período. Es factible incorporar un escenario con cambio climático (i.e. un aumento de la temperatura)

Notas: Los escenarios de política pública suponen un aumento promedio anual para todo el período. Es factible incorporar un escenario con cambio climático (i.e. un aumento de la temperatura).

Gráfico 2
Simulaciones al 2030 de República Dominicana
(Tasas de crecimiento)







Fuente: Elaboración propia con base en el modelo ME₃CO₂RD.

De este modo, los escenarios elaborados sugieren que en el escenario inercial (BAU) la economía de República Dominicana no podrá cumplir con algunos de las metas establecidas en el NDC o en los ODS, no obstante que se alcanzarán importantes avances. Para cumplir con estas metas es necesario instrumentar transformaciones estructurales fundamentales al actual estilo de desarrollo.

La construcción de estos escenarios muestra además que el uso exclusivo de instrumentos de precios es insuficiente para atender estos desafíos y que es por tanto necesario complementar con el uso de otros instrumentos de política pública tales como regulaciones, la construcción de nueva infraestructura y transformaciones estructurales a los actuales patrones de producción y consumo. Todo ello, debe contribuir a modificar los actuales parámetros de respuesta que interrelaciona a las variables económicas, sociales y ambientales y que condicionan el actual estilo de desarrollo de la República Dominicana.

V. Conclusiones y comentarios generales

La evidencia presentada en este documento muestra que la economía de República Dominicana, durante las últimas cinco décadas, tuvo un crecimiento económico significativo, aunque heterogéneo por períodos, que ha contribuido a un aumento del consumo, del empleo y a una reducción de la pobreza. Sin embargo, al mismo tiempo, este ritmo de crecimiento económico ha generado una compleja matriz de externalidades negativas tales como mayor congestión y accidentes viales, contaminación atmosférica y emisiones de gases de efecto invernadero que ocasionan el cambio climático.

En análisis del actual estilo de desarrollo y sus potenciales consecuencias para transitar a un desarrollo sustentable pueden ilustrarse con algunos escenarios prospectivos al 2030 con base en el bloque macroeconómico del modelo ME₃CO₂RD. Este modelo de pequeña escala tiene su fundamento en el nuevo keynesianismo, y se basa en relaciones simples buscando disponer de estimaciones econométricas que sean consistentes con la evidencia internacional. En este sentido, las inferencias realizadas son robustas.

Las especificaciones econométricas del modelo integran aspectos económicos, sociales y ambientales y buscan identificar procesos de retroalimentación. Por ejemplo, la evidencia disponible muestra que un aumento de la temperatura promedio en RD, asociada al cambio climático, ocasiona un incremento de la demanda de electricidad residencial y la demanda de agua residencial con impactos colaterales potenciales en las finanzas públicas, que el crecimiento económico intensifica algunas externalidades negativas como residuos, congestión y accidentes viales, que el impacto del crecimiento económico sobre la tasa de cambio de la pobreza es insuficiente para resolver el problema al 2030 y que el conjunto de las actividades económicas generan gases de efecto invernadero que ocasionan el cambio climático.

La evidencia disponible muestra además que existe una importante dependencia de la trayectoria del producto del conjunto de las variables endógenas y que las magnitudes de respuesta a los precios son limitadas (inelásticas). Ello refleja, en general, una baja sensibilidad a las señales de precios en la RD lo que sugiere que políticas públicas que consideren exclusivamente estrategias de precios tendrán consecuencias limitadas. Por ello es necesario considerar políticas públicas que combinen el uso de estrategias de precios

(i.e. subsidios, impuestos) con regulaciones, la construcción de una nueva infraestructura (i.e. de transporte y energética) y cambios estructurales en los patrones de producción y consumo.

Las simulaciones elaboradas muestran escenarios donde un crecimiento económico continuo, en el contexto, del actual estilo de desarrollo, se traducirá en un aumento del consumo, del empleo, de la inversión e de las importaciones y del consumo de gasolinas, electricidad, agua, y energía, un efecto insuficiente en la pobreza y un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero que difícilmente puede ser controladas exclusivamente a través de una política de precios. En este sentido, para atender las externalidades negativas es necesario instrumentar transformaciones estructurales fundamentales a la economía de la RD que incluyen, además de una estrategia de precios (i.e. impuestos y subsidios, tipo de cambio, tasas de interés, precios relativos, etc.), impulsar nuevas regulaciones y la construcción de nueva infraestructura que permitan modificar las sensibilidades de respuesta de variables asociadas a diversas externalidades negativas al producto y de potenciar los efectos colaterales de la dinámica económica sobre el empleo y la reducción de la pobreza. Esto sólo es posible a través de transformar estructuralmente el actual estilo de desarrollo y transitar a un desarrollo sustentable.

En este sentido, el modelo ME₃CO₂RD permite disponer de un marco conceptual para analizar, evaluar, simular y construir escenarios prospectivos que involucran simultáneamente a los aspectos económicos, sociales y ambientales. Ello resulta fundamental para el diseño e instrumentación de las políticas públicas en el siglo XXI.

Anexos

Anexo 1 Apendice

La base de datos consiste en información reportada por el Banco Mundial y comprende el periodo de 1960 a 2018. Las variables utilizadas son las siguientes:

Yt = PIB de República Dominicana en términos constantes en pesos de República Dominicana.

YPCt = PIB per cápita, se obtiene de dividir el PIB en pesos de 2018 de República Dominicana entre la población total (PIB/POB).

Ct = consumo en términos reales de República Dominicana.

INVt = inversión en términos reales de República Dominicana.

Xt = exportaciones en términos reales de República Dominicana (pesos de RD).

IMt = importaciones en términos reales de República Dominicana (pesos de RD):

Pt = índice de precios al consumidor de República Dominicana.

Et = Empleo en número de personas.

Wt = Salario nominal.

WR = Salario real: Salario nominal/índice de precios al consumidor.

Πt = Productividad laboral estimada como la razón de producto a empleo.

St = tipo de cambio nominal.

SR = tipo de cambio real obtenido como: $SR_t = (P_t^* / P_t) S_t$.

POILt = precio del petróleo en dólares.

Gast = consumo de gasolinas (en litro vendidos).

Prgast = precio real relativo de las gasolinas (en litros).

Elect = consumo total de electricidad en megawatts.

ElecResident = consumo residencial de electricidad en megawatts.

Prelect = precio real relativo de la electricidad.

Cagwat = consumo de agua en litros o metros cúbicos. Poner el total y dividirlo en residencial, y agropecuario.

Pragwat = precio real relativo del agua.

Tempt = Temperatura promedio anual.

Pobreza utilizando las dos definiciones que usamos de 1.8 dólares y 2.5 dólares.

Ginit = coeficiente de Gini.

PIB en dólares de Estados Unidos.

RUSA = Tasa de interés de tres meses de los bonos del tesoro de Estados Unidos.

Cuadro A1
Estadísticos básicos de la base de datos, 1960-2018

Variable	Niveles (millones de dólares de 2010)				
	N	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
PIB	59	1,324,180	1,018,973	208,646	4,025,092
PIB per cápita	59	115,356	113,509	13,675	412,603
Tasa de desempleo (%)	59	6.3	0.5	4.8	7.6
Empleo disponible (Personas)	59	3,588,996	1,388,131	1,455,677	6,020,735
Consumo privado	59	1,175,924	847,725	198,935	3,240,155
Demanda de Gasolina (MBD)	30	213.13	161.01	57.5	455.0
Demanda de agua (m3)	21	100,300,000	77,449,821	17,175,227	3.0
Demanda de agua residencial (m3)	21	61,523,779	46,039,298	10,209,648	1.81E+08
Demanda de electricidad (Gwtts)	21	1,132,873	179,043	796,843	1,454,439
Demanda de electricidad residencial (Gwtts)	21	169,931	26,856	119,526	2,181,66
Importaciones	59	9,243	6,196	1,264,	22,883
Exportaciones	59	7,814	4,742	1,658	19,738
Ingreso per cápita	59	3,376	1,697	1,253	7,750
Inversión	59	977,254	752,617	170,507	2,478,899
Índice de precios al consumidor	35	55.9	44.7	2.55	129.6
Precio real relativo de las gasolinas	35	39.0	25.1	1.3	133
Precio real relativo de la electricidad	35	85	30.1	6.4	179
Precio real relativo de la energía	35	89	45.0	3.1	185
Temperatura	43	26.7	0.62	25.0	27.1
Gini	33	0.453	0.241	0.400	0.514
Pobreza 1.8 dólares	33	5.1	3.12	1.45	13.3
PIB USA	59	9,465,428	4,472,759	3,170,880	17,844,300
Tasa de interés USA	59	4.9	3.7	0.07	18.9
PIB	58	5.1	4.8	-13.0	17.0
PIB per cápita	58	4.2	2.3	-10.3	15.2
Tasa de desempleo	58	-0.2	6.8	-22.0	16.0
Empleo disponible	58	2.5	1.2	-0.5	4.8
Demanda de Gasolina (MBD)	29	8.57	17.3	-20.0	71.0
Demanda de agua (m3)	20	4.7	9.02	-40.2	9.2
Demanda de agua residencial (m3)	20	4.6	6.02	-30.2	8.4
Demanda de electricidad (Gwtts)	20	3.02	7.1	-16.2	17.7
Demanda de electricidad residencial (Gwtts)	20	2.58	5.2	-10.1	12.1
Consumo privado	58	4.8	5.8	-16.0	19.0
Importaciones	58	4.8	14.0	-49.0	64.0

Variable	Primera diferencia (porcentajes)				
	N	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Exportaciones	58	3.8	9.4	-20.0	27.0
Ingreso per cápita	58	3.0	4.8	-16.4	13.8
Inversión	58	4.6	11.7	-24.8	31.1
Índice de precios al consumidor	34	11.5	13.3	1.1	58.8
Precio real relativo de las gasolinas	34	-0.54	1.37	-4.6	2.2
Precio real relativo de la electricidad	34	1.0	1.0	-6.1	6.4
Precio real relativo de la energía	34	1.4	1.9	-4.1	5.1
Temperatura	42	0.01	0.02	-0.05	0.05
Gini	32	-1.4	8.6	-4.8	2.7
Pobreza 1.8 dólares	32	-0.1	2.2	-8.1	8.0
PIB USA	58	2.9	2.0	-2.5	6.5
Tasa de interés USA	58	-0.1	5.3	-16.3	14.0

Fuente: Elaboración propia. Los precios de la gasolina, la electricidad y el agua corresponden a los precios relativos.

Cuadro A2
Pruebas de raíces unitarias

Variable	ADF (2)			PP (2)		
	A	B	C	A	B	C
y_t	-2.31	-0.31	2.68	-2.13	-0.63	7.80
Δy_t	-3.93	-3.72	-0.88	-7.42	-7.42	-4.11
e_t	-7.17	-7.16	-0.47	-3.70	-3.73	-0.36
Δe_t	-5.27	-5.37	-5.45	-8.67	-8.73	-8.81
gas_t	-2.12	-0.32	1.20	-1.34	-0.58	1.23
Δgas_t	-4.42	-4.34	-2.25	-5.34	-5.54	-4.32
$agua_t$	-3.30	-0.89	2.50	-2.77	-0.98	3.59
$\Delta agua_t$	-5.48	-5.07	-3.65	-7.05	-7.00	-5.80
$agua_n$	-2.10	-1.16	-1.50	-1.76	-0.48	1.59
$\Delta agua_n$	-4.45	-4.01	-4.65	-4.42	-5.20	-4.56
$elec$	-1.99	-0.44	1.78	-3.29	-1.67	2.17
$\Delta elec_t$	-3.15	-3.10	-2.46	-5.26	-5.44	-4.84
$eleccresiden_t$	-0.65	-0.84	0.14	-3.19	-0.44	1.45
$\Delta eleccresiden_t$	-4.10	-4.19	-3.45	-4.51	-4.65	-4.98
cp_t	-1.76	-0.78	4.09	-3.17	-1.50	8.78
Δcp_t	-4.18	-3.84	-0.94	-9.69	-9.40	-5.66
m_t	-2.13	-0.30	3.26	-4.00	-1.64	3.35
Δm_t	-4.26	-4.18	-2.44	-9.16	-9.04	-7.84
x_t	-3.14	-1.14	2.01	-2.35	-0.42	2.87
Δx_t	-3.56	-3.47	-2.09	-8.11	-8.18	-7.24
ypc_t	-1.88	0.33	4.83	-0.68	0.45	1.83
Δypc_t	-7.47	-7.53	-2.67	-9.24	-9.30	-5.32
i_t	-1.21	-1.15	0.54	-1.41	-0.30	6.14
Δi_t	-5.12	-5.65	-2.46	-6.98	-6.16	-4.11
p_t	0.11	0.25	1.45	0.54	0.95	1.46
Δp_t	-7.47	-7.21	-3.87	-8.88	-8.61	-5.21
$prgas_t$	0.64	0.74	2.14	1.32	1.65	2.01
$\Delta prgas_t$	-3.68	-3.18	-2.65	-5.54	-5.47	-4.69
$prelec_t$	0.11	0.25	1.45	0.54	0.95	1.46
$\Delta prelec_t$	-7.47	-7.21	-3.87	-8.88	-8.61	-5.21
$pragua_t$	1.23	1.21	1.67	0.32	0.23	0.57
$\Delta pragua_t$	-4.54	-4.43	-4.13	-5.12	-5.19	-2.98
$temp_t$	-1.45	-1.97	0.65	-1.04	-0.10	4.61
$\Delta temp_t$	-4.00	-4.65	-3.03	-5.10	-5.12	-3.97
$gini_t$	-2.30	-2.50	-1.54	-1.30	-1.50	-0.54
$\Delta gini_t$	-4.98	-4.47	-2.32	-5.74	-5.01	-2.16
$Pob18_t$	1.14	1.36	1.65	1.11	0.39	0.15
$\Delta Pob18_t$	-3.79	-3.27	-2.75	-3.12	-3.06	-3.65
$yusa_t$	-1.74	-2.16	1.31	-1.57	-0.54	4.21
$\Delta yusa_t$	-6.87	-6.45	-5.34	-7.41	-7.10	-5.46
yf_t	1.47	1.20	0.64	2.32	2.40	3.26
Δyf_t	-3.11	-3.05	-1.61	-4.01	-4.21	-3.04

Fuente: Elaboración propia.

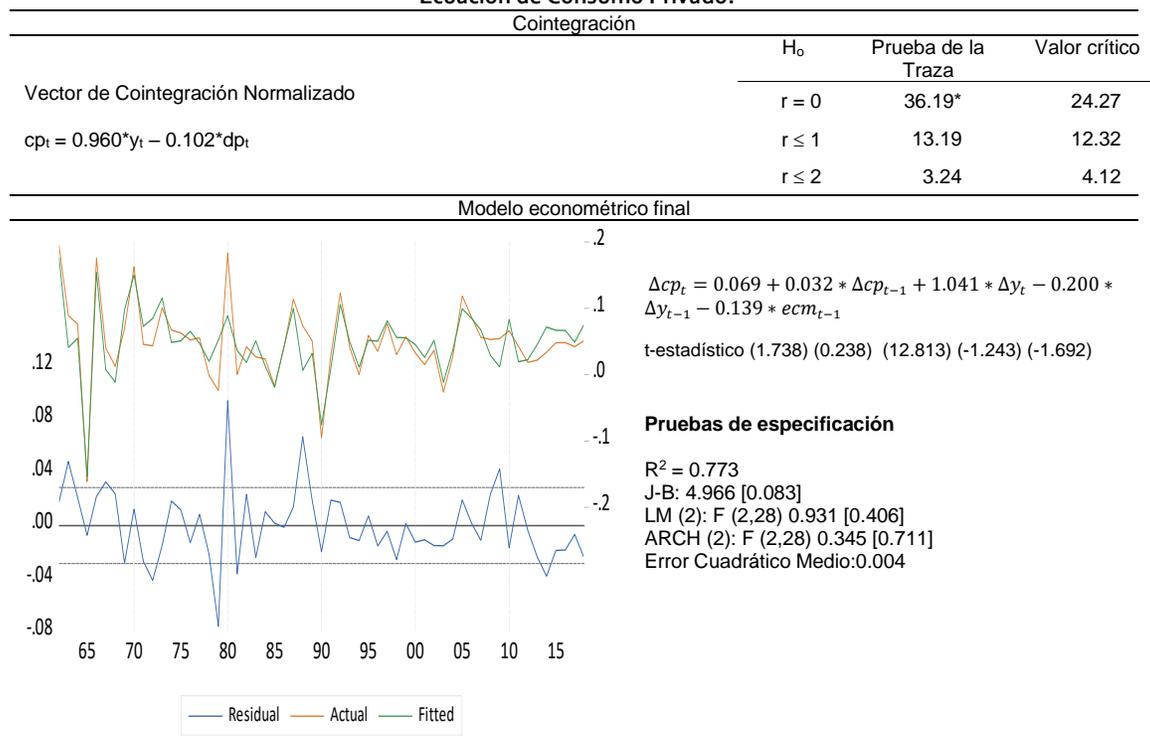
Notas: los valores en negritas representan el rechazo de la hipótesis nula a 5%. Los valores críticos a 5% de significancia para la prueba Dickey-Fuller Aumentada y Phillips-Perron para una muestra de $T = 100$ son -3.45, incluyendo constante y tendencia (modelo A), -2.89 incluyendo constante (modelo B) y -1.95 sin constante y tendencia (modelo C) (Maddala y Kim, 1998). Las letras en minúsculas representan los valores en logaritmos naturales. Los valores entre paréntesis son el número de rezagos. Periodo 1960-2018.

Anexo 2 Bloque del modelo econométrico

1. Función consumo.

$$(1a) \quad c_t = \beta_0 + \beta_1 y_t + \beta_2 \Delta p_t + u_{1t}$$

Cuadro A3
Ecuación de Consumo Privado.



Fuente: Elaboración propia obtenida de los modelos econométricos basados en el procedimiento de cointegración de Johansen (1988 y 1995).
 Notas: En la prueba de la Traza (*) indica rechazo de la hipótesis nula. ecm = mecanismo de corrección de errores. R² es el coeficiente de determinación. La prueba J-B es para normalidad, está basada en una distribución chi-cuadrada, hipótesis nula hay normalidad en los términos de error. La prueba LM es para autocorrelación, se basa en una distribución F, hipótesis nula no existe autocorrelación en los términos de error la prueba ARCH es para heterocedasticidad, se basa en una distribución F, hipótesis nula los errores son homocedásticos, RMSE es el Root mean squared error (raíz del error cuadrático medio). Los valores en corchetes indican la probabilidad de la distribución de cada prueba. Periodo: 1961 – 2018.

2. Función inversión

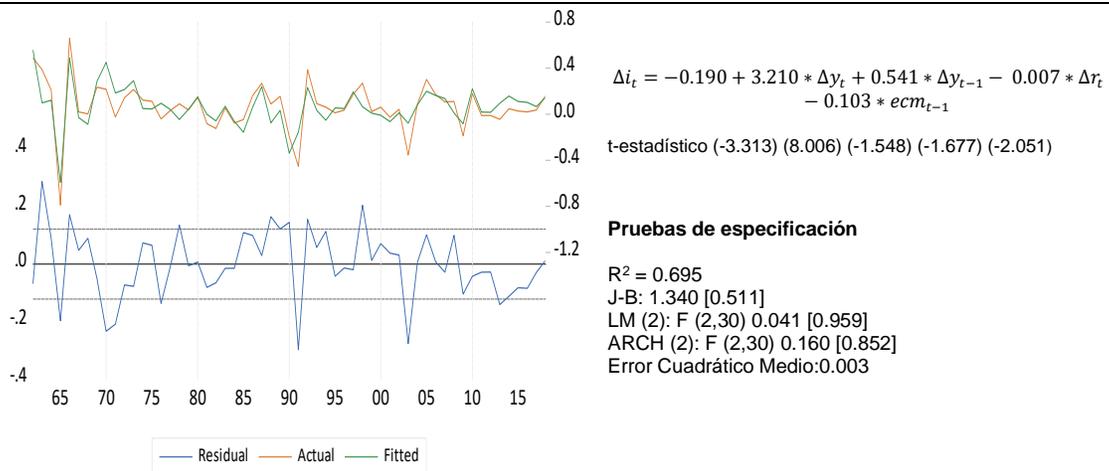
$$(2a) i_t = \beta_3 + \beta_4 y_t + \beta_5 \Delta p_t + u_{2t}$$

Cuadro A4
Ecuación de Inversión.

Cointegración			
	H ₀	Prueba de la Traza	Valor crítico
Vector de Cointegración Normalizado	r = 0	24.77*	24.27
	r ≤ 1	12.29*	12.32
	r ≤ 2	0.05	4.12

$$i_t = 0.1.035*y_t - 0.070*r_t$$

Modelo econométrico final



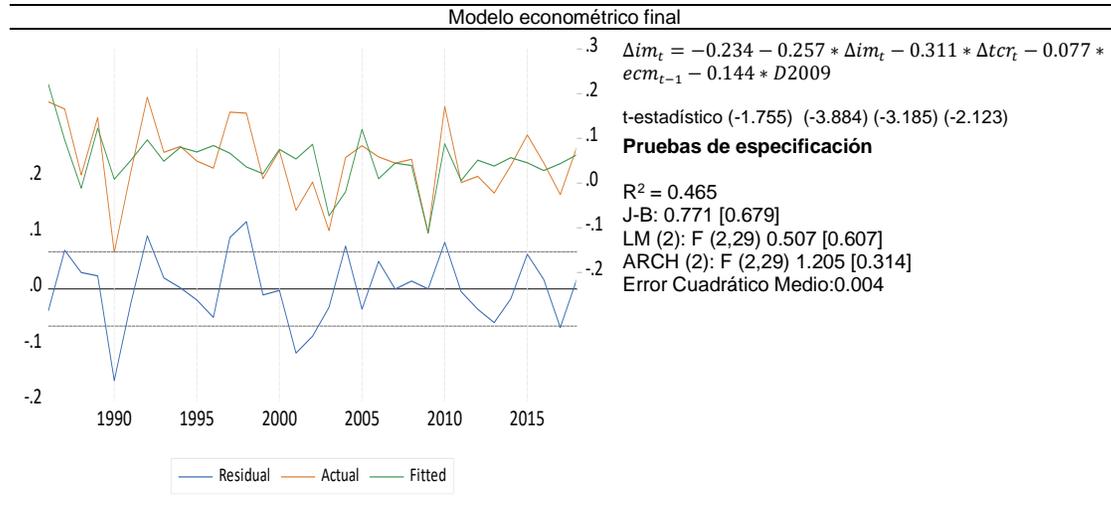
Fuente: Elaboración propia obtenida de los modelos econométricos basados en el procedimiento de cointegración de Johansen (1988 y 1995).
 Notas: En la prueba de la Traza (*) indica rechazo de la hipótesis nula. ecm = mecanismo de corrección de errores. R₂ es el coeficiente de determinación. La prueba J-B es para normalidad, está basada en una distribución chi-cuadrada, hipótesis nula hay normalidad en los términos de error. La prueba LM es para autocorrelación, se basa en una distribución F, hipótesis nula no existe autocorrelación en los términos de error la prueba ARCH es para heterocedasticidad, se basa en una distribución F, hipótesis nula los errores son homocedásticos, RMSE es el Root mean squared error (raíz del error cuadrático medio). Los valores en corchetes indican la probabilidad de la distribución de cada prueba. Periodo: 1961 – 2018.

3. Función de importaciones

$$(3a) im_t = \beta_6 + \beta_7 y_t + \beta_8 tcr_t + u_{3t}$$

Cuadro A5
Ecuación de importaciones
Cointegración

	Ho	Prueba de la Traza	Valor crítico
Vector de Cointegración Normalizado	$r = 0$	30.71*	24.27
	$r \leq 1$	9.31*	12.32
	$r \leq 2$	0.06*	4.12



Fuente: Elaboración propia obtenida de los modelos econométricos basados en el procedimiento de cointegración de Johansen (1988 y 1995).
 Notas: En la prueba de la Traza (*) indica rechazo de la hipótesis nula. *ecm* = mecanismo de corrección de errores. R^2 es el coeficiente de determinación. La prueba J-B es para normalidad, está basada en una distribución chi-cuadrada, hipótesis nula hay normalidad en los términos de error. La prueba LM es para autocorrelación, se basa en una distribución F, hipótesis nula no existe autocorrelación en los términos de error la prueba ARCH es para heterocedasticidad, se basa en una distribución F, hipótesis nula los errores son homocedásticos, RMSE es el Root mean squared error (raíz del error cuadrático medio). Los valores en corchetes indican la probabilidad de la distribución de cada prueba. Período: 1985 – 2018.

Anexo 3 Modelo econométrico final

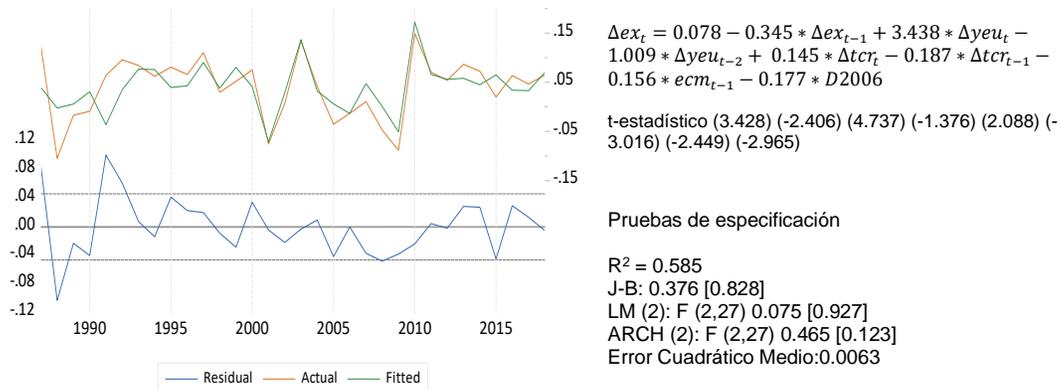
4. Función de exportaciones

$$(4a) x_t = \beta_9 + \beta_{10} yus_t + \beta_{11} tcr_t + u_{4t}$$

Cuadro A6
Ecuación de exportaciones

Cointegración			
	H ₀	Prueba de la Traza	Valor crítico
Vector de Cointegración Normalizado	r = 0	30.94*	24.27
ex _t = 0.361*yeu _t + 0.575*tcr _t	r ≤ 1	9.79*	12.32
	r ≤ 2	0.77	4.12

Modelo econométrico final



Fuente: Elaboración propia obtenida de los modelos econométricos basados en el procedimiento de cointegración de Johansen (1988 y 1995).
 Notas: En la prueba de la Traza (*) indica rechazo de la hipótesis nula. *ecm* = mecanismo de corrección de errores. R² es el coeficiente de determinación. La prueba J-B es para normalidad, está basada en una distribución chi-cuadrada, hipótesis nula hay normalidad en los términos de error. La prueba LM es para autocorrelación, se basa en una distribución F, hipótesis nula no existe autocorrelación en los términos de error la prueba ARCH es para heterocedasticidad, se basa en una distribución F, hipótesis nula los errores son homocedásticos, RMSE es el Root mean squared error (raíz del error cuadrático medio). Los valores en corchetes indican la probabilidad de la distribución de cada prueba. Periodo: 1985 – 2018.

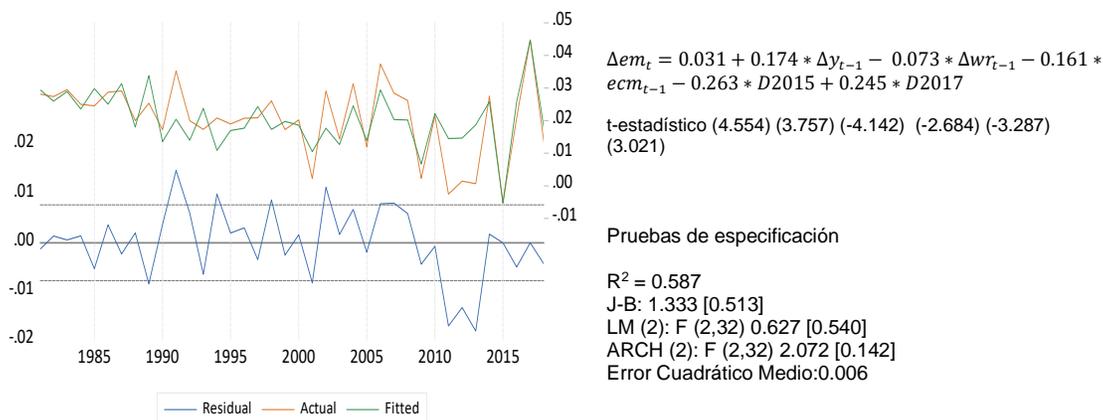
5. Función de empleo

$$(5.a) \text{em}_t = \beta_{12} + \beta_{13}y_t + \beta_{14}wr_t + u_{5t}$$

Cuadro A7
Ecuación de empleo

Cointegración			
	Ho	Prueba de la Traza	Valor crítico
Vector de Cointegración Normalizado	$r = 0$	36.00*	35.19
	$r \leq 1$	17.04	20.26
	$r \leq 2$	4.12	9.16

Modelo econométrico final	
$\text{em}_t = 0.416*y_t - 0.220*wr_t - 9.97$	

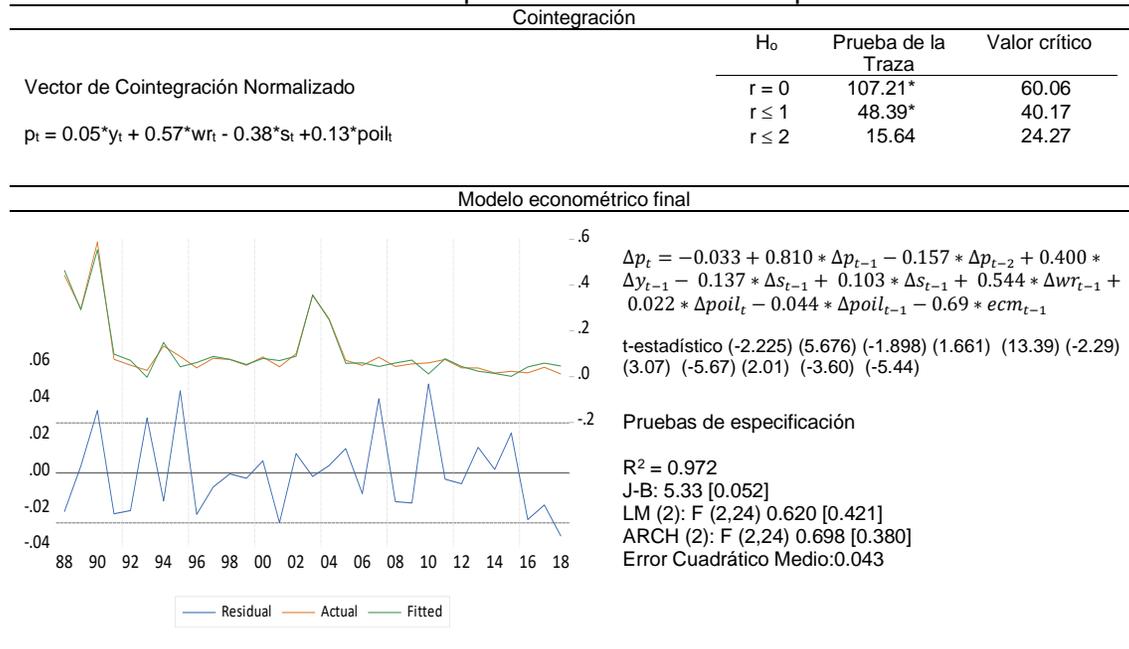


Fuente: Elaboración propia obtenida de los modelos econométricos basados en el procedimiento de cointegración de Johansen (1988 y 1995).
 Notas: En la prueba de la Traza (*) indica rechazo de la hipótesis nula. *ecm* = mecanismo de corrección de errores. R^2 es el coeficiente de determinación. La prueba J-B es para normalidad, está basada en una distribución chi-cuadrada, hipótesis nula hay normalidad en los términos de error. La prueba LM es para autocorrelación, se basa en una distribución F, hipótesis nula no existe autocorrelación en los términos de error la prueba ARCH es para heterocedasticidad, se basa en una distribución F, hipótesis nula los errores son homocedásticos, RMSE es el Root mean squared error (raíz del error cuadrático medio). Los valores en corchetes indican la probabilidad de la distribución de cada prueba. Periodo: 1980 – 2016.

6. La función del índice de precios al consumidor (nueva curva de Phillips)

$$(6.a) p_t = \beta_{15} + \beta_{16} y_t + \beta_{17} w_t + \beta_{18} s_t + \beta_{19} pgas_t + u_{6t}$$

Cuadro A8
Ecuación de precios con nueva curva de Phillips



Fuente: Elaboración propia obtenida de los modelos econométricos basados en el procedimiento de cointegración de Johansen (1988 y 1995).
 Notas: En la prueba de la Traza (*) indica rechazo de la hipótesis nula. *ecm* = mecanismo de corrección de errores. R² es el coeficiente de determinación. La prueba J-B es para normalidad, está basada en una distribución chi-cuadrada, hipótesis nula hay normalidad en los términos de error. La prueba LM es para autocorrelación, se basa en una distribución F, hipótesis nula no existe autocorrelación en los términos de error la prueba ARCH es para heterocedasticidad, se basa en una distribución F, hipótesis nula los errores son homocedásticos, RMSE es el Root mean squared error (raíz del error cuadrático medio). Los valores en corchetes indican la probabilidad de la distribución de cada prueba. Periodo: 1988 – 2018.

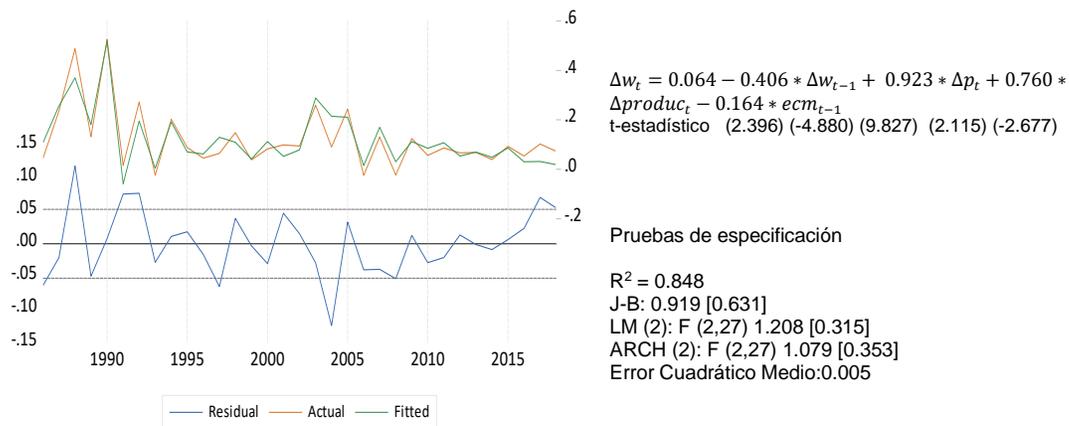
7. Salarios (curva de salarios)

$$(7a) w_t = \beta_{20} + \beta_{21}y_t + \beta_{22}p_t + \beta_{23}\pi_t + u_{7t}$$

Cuadro Ag
Ecuación de curva de salarios

Cointegración			
	H ₀	Prueba de la Traza	Valor crítico
Vector de Cointegración Normalizado	r = 0	44.12*	40.17
	r ≤ 1	17.66	24.27
	r ≤ 2	7.12	12.32

Modelo econométrico final			
---------------------------	--	--	--



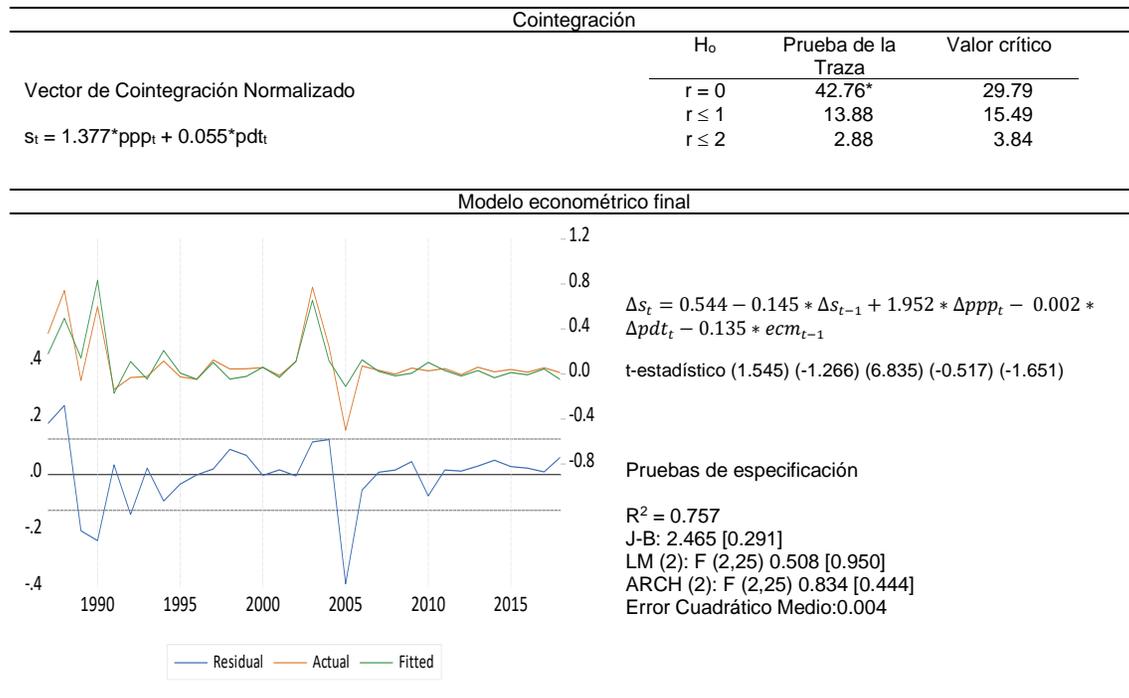
Fuente: Elaboración propia obtenida de los modelos econométricos basados en el procedimiento de cointegración de Johansen (1988 y 1995).
 Notas: En la prueba de la Traza (*) indica rechazo de la hipótesis nula. *ecm* = mecanismo de corrección de errores. R² es el coeficiente de determinación. La prueba J-B es para normalidad, está basada en una distribución chi-cuadrada, hipótesis nula hay normalidad en los términos de error. La prueba LM es para autocorrelación, se basa en una distribución F, hipótesis nula no existe autocorrelación en los términos de error la prueba ARCH es para heterocedasticidad, se basa en una distribución F, hipótesis nula los errores son homocedásticos, RMSE es el Root mean squared error (raíz del error cuadrático medio). Los valores en corchetes indican la probabilidad de la distribución de cada prueba. Periodo: 1985 – 2018.

8. Tipo de cambio nominal y real (modelo Mundel (1963)-Fleming (1962))

$$(8.a) s_t = \beta_{24} + \beta_{25}ppp_t + \beta_{26}\Delta pdt_t + \beta_{27}poil_t + u_{8t}$$

$$(8.a.1) SR_t = \left(\frac{P_t^*}{P_t}\right) S_t$$

Cuadro A10
Ecuación de tipo de cambio nominal

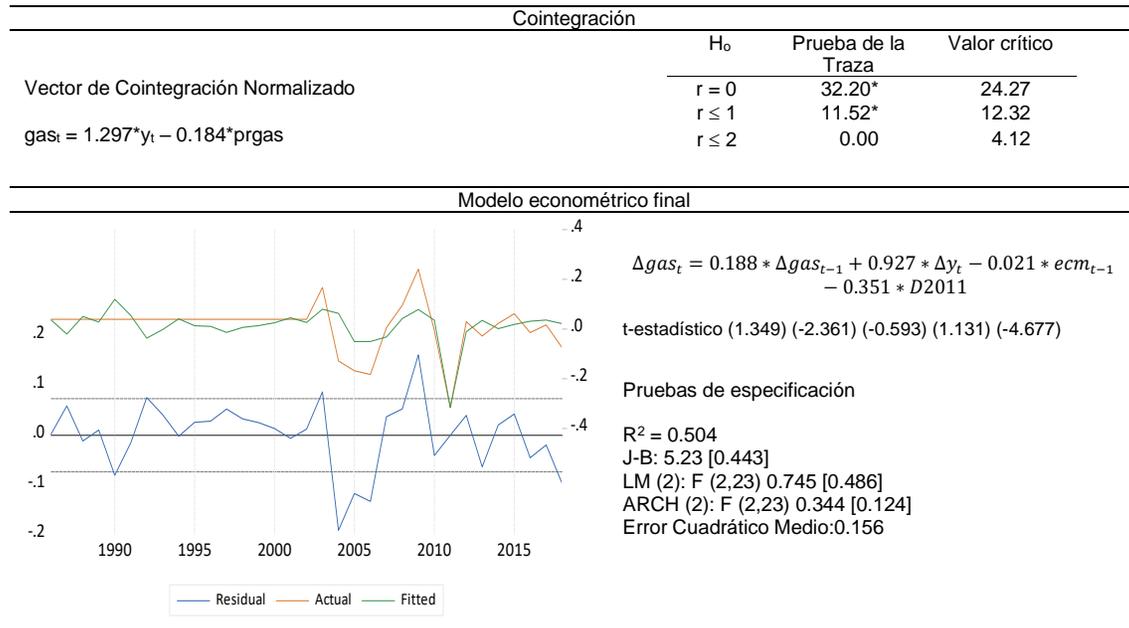


Fuente: Elaboración propia obtenida de los modelos econométricos basados en el procedimiento de cointegración de Johansen (1988 y 1995).
 Notas: En la prueba de la Traza (*) indica rechazo de la hipótesis nula. *ecm* = mecanismo de corrección de errores. R² es el coeficiente de determinación. La prueba J-B es para normalidad, está basada en una distribución chi-cuadrada, hipótesis nula hay normalidad en los términos de error. La prueba LM es para autocorrelación, se basa en una distribución F, hipótesis nula no existe autocorrelación en los términos de error la prueba ARCH es para heterocedasticidad, se basa en una distribución F, hipótesis nula los errores son homocedásticos, RMSE es el Root mean squared error (raíz del error cuadrático medio). Los valores en corchetes indican la probabilidad de la distribución de cada prueba. Periodo: 1985 – 2018.

9. Demandas de gasolina

$$(9a) \text{gas}_t = \beta_{28} + \beta_{29}y_t + \beta_{30}\text{prgas}_t + u_{9t}$$

Cuadro A11
Ecuación de demanda de gasolina

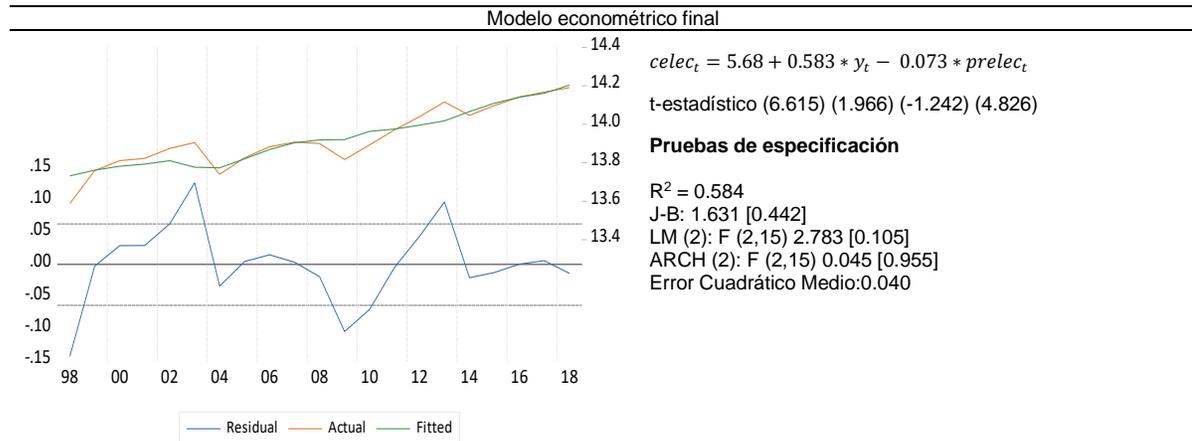


Fuente: Elaboración propia obtenida de los modelos econométricos basados en el procedimiento de cointegración de Johansen (1988 y 1995).
 Notas: En la prueba de la Traza (*) indica rechazo de la hipótesis nula. *ecm* = mecanismo de corrección de errores. R² es el coeficiente de determinación. La prueba J-B es para normalidad, está basada en una distribución chi-cuadrada, hipótesis nula hay normalidad en los términos de error. La prueba LM es para autocorrelación, se basa en una distribución F, hipótesis nula no existe autocorrelación en los términos de error la prueba ARCH es para heterocedasticidad, se basa en una distribución F, hipótesis nula los errores son homocedásticos, RMSE es el Root mean squared error (raíz del error cuadrático medio). Los valores en corchetes indican la probabilidad de la distribución de cada prueba. Periodo: 1985 – 2018.

10. Demanda de electricidad

$$(10a) \text{celec}_t = \beta_{34} + \beta_{35}y_t + \beta_{36}\text{prelec}_t + u_{11t}$$

Cuadro A12
Modelo de demanda de Electricidad

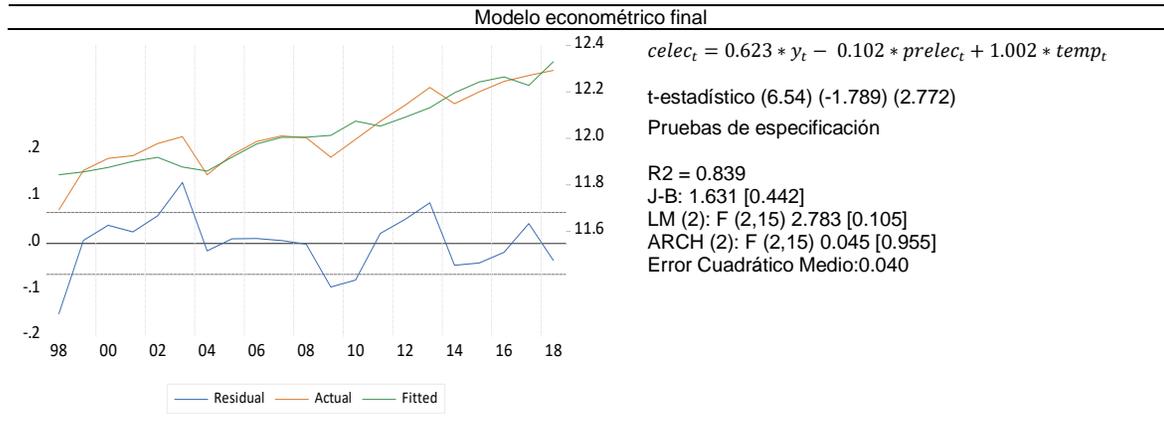


Fuente: Elaboración propia obtenida de los modelos econométricos basados en el procedimiento de cointegración de Johansen (1988 y 1995).
 Notas: En la prueba de la Traza (*) indica rechazo de la hipótesis nula. *ecm* = mecanismo de corrección de errores. R^2 es el coeficiente de determinación. La prueba J-B es para normalidad, está basada en una distribución chi-cuadrada, hipótesis nula hay normalidad en los términos de error. La prueba LM es para autocorrelación, se basa en una distribución F, hipótesis nula no existe autocorrelación en los términos de error la prueba ARCH es para heterocedasticidad, se basa en una distribución F, hipótesis nula los errores son homocedásticos, RMSE es el Root mean squared error (raíz del error cuadrático medio). Los valores en corchetes indican la probabilidad de la distribución de cada prueba. Periodo: 1999 – 2018.

11. Demanda de electricidad residencial

$$(11.a) \text{ celec}_t = \beta_{37} + \beta_{38}y_t + \beta_{39}\text{prelec}_t + \beta_{40}\text{temp}_t + u_{12t}$$

Cuadro A13
Modelo de demanda de Electricidad

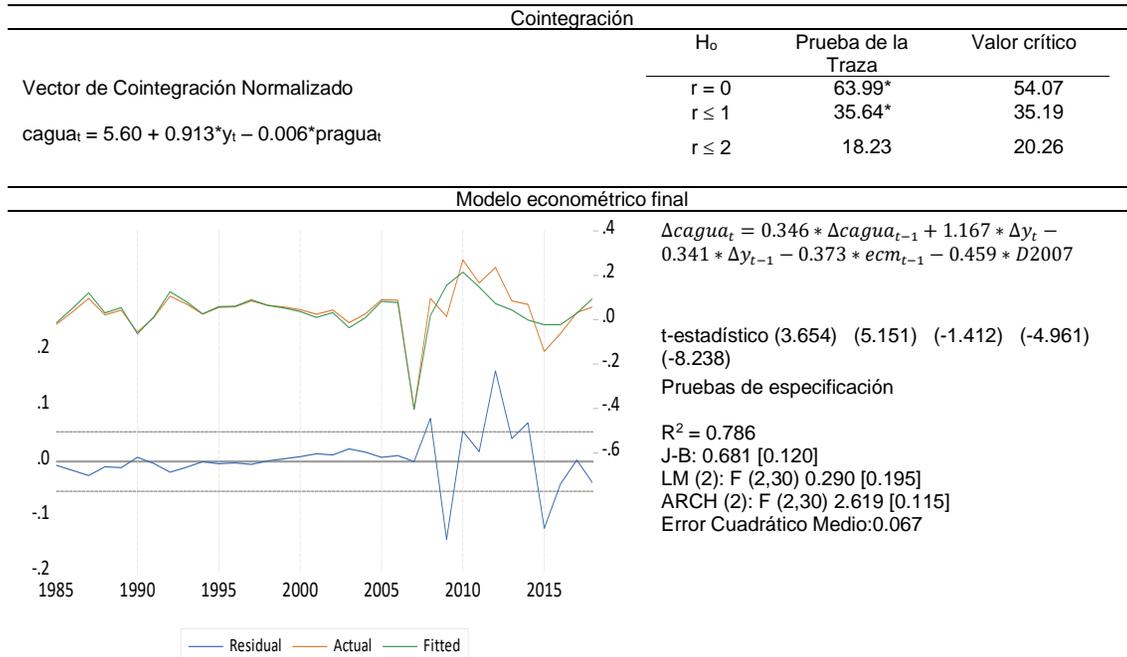


Fuente: Elaboración propia obtenida de los modelos econométricos basados en el procedimiento de cointegración de Johansen (1988 y 1995).
 Notas: En la prueba de la Traza (*) indica rechazo de la hipótesis nula. *ecm* = mecanismo de corrección de errores. R² es el coeficiente de determinación. La prueba J-B es para normalidad, está basada en una distribución chi-cuadrada, hipótesis nula hay normalidad en los términos de error. La prueba LM es para autocorrelación, se basa en una distribución F, hipótesis nula no existe autocorrelación en los términos de error la prueba ARCH es para heterocedasticidad, se basa en una distribución F, hipótesis nula los errores son homocedásticos, RMSE es el Root mean squared error (raíz del error cuadrático medio). Los valores en corchetes indican la probabilidad de la distribución de cada prueba. Período: 1999 – 2018.

12. Demanda de agua total

$$(12.a) \text{cagua}_t = \beta_{41} + \beta_{42}y_t + \beta_{43}\text{pragua}_t + u_{13t}$$

Cuadro A14
Ecuación de la demanda de agua total

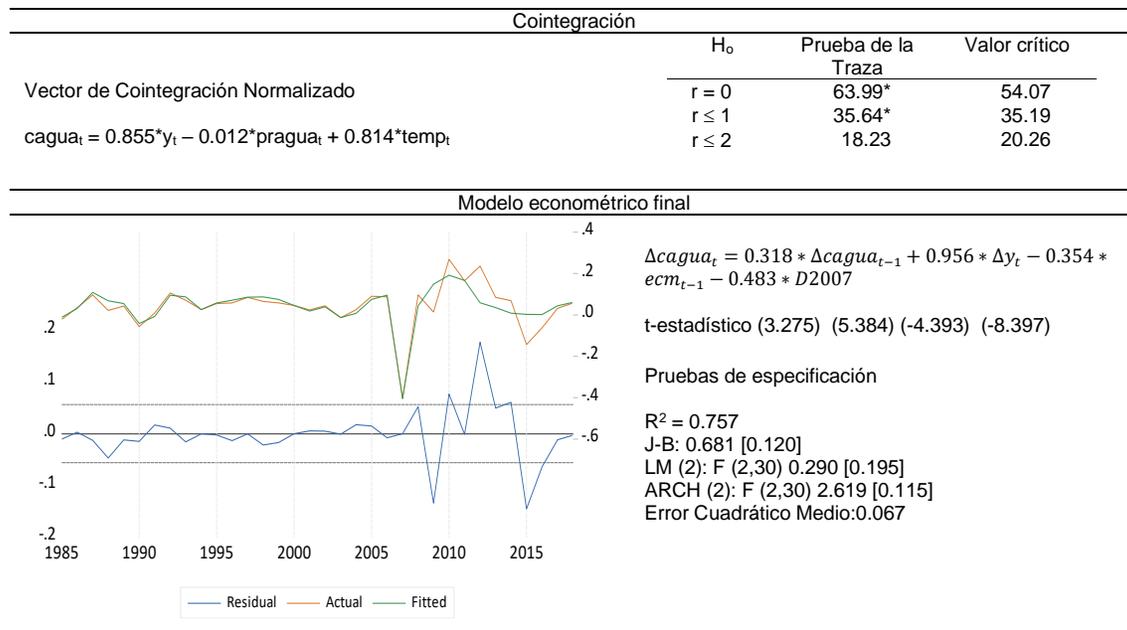


Fuente: Elaboración propia obtenida de los modelos econométricos basados en el procedimiento de cointegración de Johansen (1988 y 1995). **Notas:** En la prueba de la Traza (*) indica rechazo de la hipótesis nula. *ecm* = mecanismo de corrección de errores. R² es el coeficiente de determinación. La prueba J-B es para normalidad, está basada en una distribución chi-cuadrada, hipótesis nula hay normalidad en los términos de error. La prueba LM es para autocorrelación, se basa en una distribución F, hipótesis nula no existe autocorrelación en los términos de error la prueba ARCH es para heterocedasticidad, se basa en una distribución F, hipótesis nula los errores son homocedásticos, RMSE es el Root mean squared error (raíz del error cuadrático medio). Los valores en corchetes indican la probabilidad de la distribución de cada prueba. Período: 1985 – 2016.

13. Demanda de agua residencial

$$(13a) \text{cagua}_t = \beta_{44} + \beta_{45}y_t + \beta_{46}\text{pragua}_t + \beta_{47}\text{tem}_t + u_{14t}$$

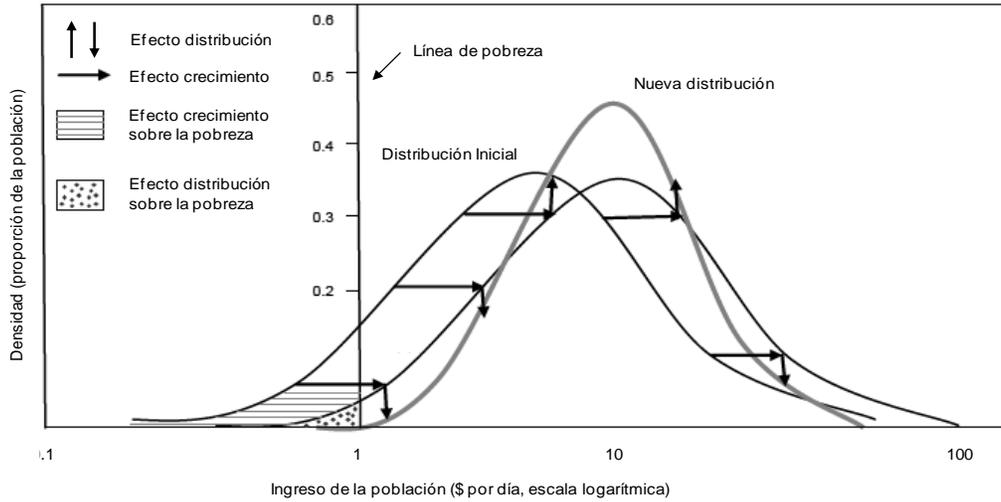
Cuadro A15
Ecuación de demanda de Agua Residencial



Fuente: Elaboración propia obtenida de los modelos econométricos basados en el procedimiento de cointegración de Johansen (1988 y 1995).
Notas: En la prueba de la Traza (*) indica rechazo de la hipótesis nula. *ecm* = mecanismo de corrección de errores. R² es el coeficiente de determinación. La prueba J-B es para normalidad, está basada en una distribución chi-cuadrada, hipótesis nula hay normalidad en los términos de error. La prueba LM es para autocorrelación, se basa en una distribución F, hipótesis nula no existe autocorrelación en los términos de error la prueba ARCH es para heterocedasticidad, se basa en una distribución F, hipótesis nula los errores son homocedásticos, RMSE es el Root mean squared error (raíz del error cuadrático medio). Los valores en corchetes indican la probabilidad de la distribución de cada prueba. Período: 1985 – 2016.

14. Pobreza

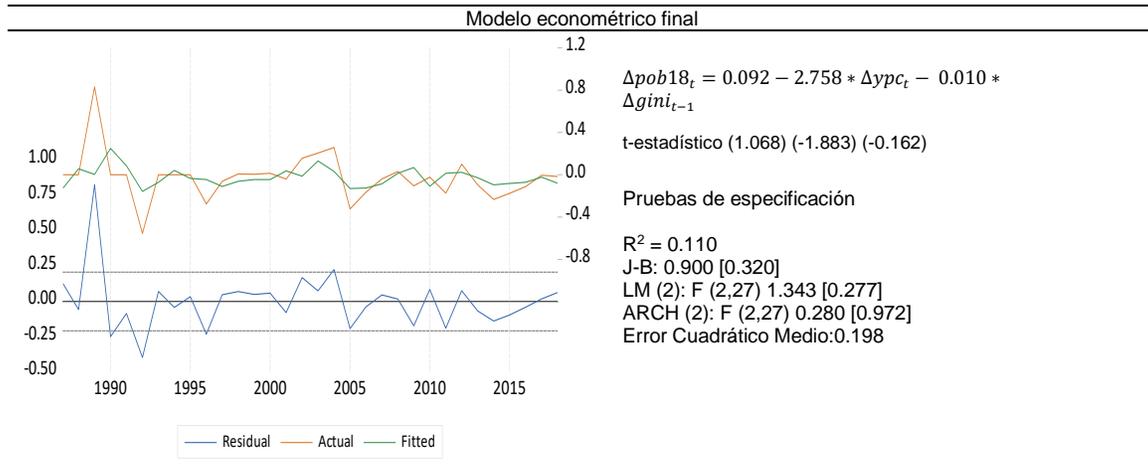
Diagrama 1
Descomposición del cambio en pobreza en efecto ingreso y efecto distribución



Fuente: Bourguignon, F. (2002) "The growth elasticity of poverty reduction: Explaining heterogeneity across country and the times period". En: T. S. Eicher y S. J. Turnovsky (eds.), Inequality and Growth: Theory and policy implications. CESifo Seminar Series.

$$(14a) \Delta pob1.8_t = \beta_{51} + \beta_{52} ypc_t + \beta_{53} \Delta gini_t + u_{16t}$$

Cuadro A16
Ecuación de Pobreza (línea 1.8 dólares)



Fuente: Elaboración propia obtenida de los modelos econométricos basados en el procedimiento de cointegración de Johansen (1988 y 1995).
 Notas: En la prueba de la Traza (*) indica rechazo de la hipótesis nula. *ecm* = mecanismo de corrección de errores. R^2 es el coeficiente de determinación. La prueba J-B es para normalidad, está basada en una distribución chi-cuadrada, hipótesis nula hay normalidad en los términos de error. La prueba LM es para autocorrelación, se basa en una distribución F, hipótesis nula no existe autocorrelación en los términos de error la prueba ARCH es para heterocedasticidad, se basa en una distribución F, hipótesis nula los errores son homocedásticos, RMSE es el Root mean squared error (raíz del error cuadrático medio). Los valores en corchetes indican la probabilidad de la distribución de cada prueba. Periodo: 1987 – 2018.

Bibliografía

- Baxter, M. y R. King (1993). Fiscal Policy in General Equilibrium. *American Economic Review*, American Economic Association, vol. 83(3), 315-334.
- Beveridge S. y C. R. Nelson CR (1981). A new approach to decomposition of economic time series into permanent and transitory components with attention to measurement of the 'business cycle'. *Journal of Monetary Economics* 7: 151-174.
- Blanchard, O. T. y D. Quah (1989). The Dynamic Effects of Aggregate Demand and Supply Disturbances. *The American Economic Review*, Vol. 79. No. 4. 655-673.
- Carnot, N., Koen, V. y Tissot, B. (2005), *Economic Forecasting*, Palgrave MacMillan.
- Deaton A. y J. Muellbauer (1980) "An Almost Ideal Demand System" *American Economic Review*, 1980, vol. 70, issue 3, 312-26.
- Dickey, D. A., y W. A. Fuller (1981). "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Econometrica*, 49 (4), pp. 1057-1072.
- Engle, R. F y C. W. J. Granger (1987). "Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing" *Econometrica*, Vol. 55, No. 2. (Marzo, 1987), pp. 251-276.
- Fagan, G. y Morgan, J. (2005), *Econometric Models of the Euro-Area Central Banks*, Edward Elgar.
- Hamilton, J. D. (1994). *Time series analysis*. Princeton University Press, New Jersey.
- Hendry, D. F. (1995). "Dynamic econometrics" Oxford University Press.
- Hodrick, R.J. y E.C. Prescott (1997). Post war U.S: business cycles: An empirical investigation, *Journal of Money Credit and banking*, 29, pp. 1-16.
- Holly, S. y Weale, M. (2000), *Econometric Modelling: techniques and Applications*, The National Institute of Economic and Social Research.
- Johansen, S. (1995). *Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*. Oxford: Oxford University Press.
- King, R.G., C.I. Plosser, S.H. Stock, y M.W. Watson (1991). Stochastic Trends and Economic Fluctuations, *American Economic Review*, 81, 819-840.
- Maddala, G. S. y I. Kim (1998). *Unit Roots, Cointegration and Structural Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Mills, T.C. (2003). *Modelling trends and cycles in economic time series*, Palgrave texts in Econometrics.
- Phillips, P. C. B., y P. Perron (1988). Testing for Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 75 (2), 335-346.

El objetivo de este documento es identificar algunas de las relaciones básicas entre las variables económicas, sociales y ambientales en la República Dominicana y, sobre la base de estas relaciones, presentar algunos escenarios para 2030 como un insumo para discutir una estrategia de política pública que contribuya a un crecimiento bajo en carbono, inclusivo socialmente y con preservación medioambiental.

El modelo econométrico estructural de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) para la República Dominicana (ME₃CO₂RD) es un modelo econométrico de pequeña escala basado en relaciones básicas entre variables económicas, sociales y ambientales que permiten identificar la presencia de procesos de retroalimentación y en el que las estimaciones econométricas son coherentes con la información disponible a nivel internacional, lo que permite hacer inferencias robustas. El modelo ME₃CO₂RD permite disponer de un marco conceptual para analizar, evaluar, simular y construir escenarios prospectivos que involucran simultáneamente los aspectos económicos, sociales y ambientales. Ello resulta fundamental para el diseño e instrumentación de las políticas públicas en el siglo XXI.