

Teorías del crecimiento cara a cara (Englobamiento estadístico: hacia una especificación general)

Carlos Guerrero-de-Lizardi¹ - Universidad Nacional Autónoma de México, México

Resumen

Nuestro objetivo es integrar en una especificación general tres restricciones al crecimiento económico que actualmente enfrenta la economía mexicana, entre otras. Para lograrlo aplicamos el principio de “adecuación estadística”, la metodología “de lo general a lo particular”, y los criterios de “selección de modelos”. Nuestra principal aportación radica en que adicionamos, a los determinantes sugeridos por las teorías neoclásica y postkeynesiana de tercera generación, la restricción ligada a la huella ecológica. Al mismo tiempo nuestra principal limitación es que solo incorporamos dos hipótesis convencionales, la del Nobel Solow y la propuesta por Thirlwall. Una conclusión clave es que, a diferencia de las restricciones por el lado de la oferta y la demanda, la restricción ligada a la huella ecológica es “no vinculante”, esto es, no cuenta con mecanismos de corrección –ni automáticos de mercado ni explicitados en las políticas públicas– en vistas a detener el sobregiro ecológico.

Clasificación JEL: C01, E12, E13, D00, E01.

Palabras clave: teorías del crecimiento, huella ecológica, pruebas de englobamiento, especificación general.

Growth theories face to face (Statistical encompassing: towards a general specification)

Abstract

Our objective is to integrate in a general specification, using a single-equation and a multi-equation models, three constraints to economic growth currently facing the Mexican economy, among others. To achieve this, we strictly apply the principle of “statistical adequacy”, the “general to particular” methodology, and the “model selection” criteria. Our main contribution lies in the fact that we add, to the determinants suggested by neoclassical and by third-generation post-Keynesians, the restriction linked to the ecological footprint. At the same time, our main limitation is that we only incorporate two conventional hypotheses, that of Nobel Solow and that proposed by Thirlwall. A key conclusion is that, unlike restrictions on the supply and demand side, the restriction linked to the ecological footprint is “non-binding”, that is, it does not have correction mechanisms –neither automatic nor explicit in public policies– in order to stop the ecological overshoot.

JEL Classification: C01, E12, E13, D00, E01.

Keywords: growth theories, ecological footprint, encompassing tests, general specification.

¹ Autor de correspondencia. Profesor de la Facultad de Economía, UNAM (cgdl@unam.mx).

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



“The planetary boundaries framework is a powerful paradigm. What it does not and cannot address by design, however, is the dominant economic and political logics, power relations, and underlying interest structures as the main societal causes to boundaries being transgressed.” Ulrich Brand et al. (2021, p. 281).

“Not only should researcher A put forward a new explanation of an economic problem, supported by empirical work which is robust to test of misspecification and specification, he should be also able to explain the previous results of researcher B. Otherwise we may find that contemporaneous views held simultaneously show that the world is both flat and spherical!” Kerry Patterson (2000, p. xxiv).

1. Introducción

El entendimiento de las restricciones al crecimiento económico continúa siendo una prioridad tanto en las academias como en los gobiernos, y constituye una permanente demanda de los ciudadanos, en México y el mundo. Sin embargo, las controversias persisten. Por ejemplo, en el más reciente volumen del *Handbook of Economic Growth*, en el capítulo titulado “Growth econometrics”, Durlauf, Johnson y Temple (2005, p. 558) advirtieron que el número de determinantes del crecimiento económico es similar al número de países listados en las Naciones Unidas –esto es, alrededor de 200– y, si acaso cabe añadir algo, evaluaron los siguiente:

“Es difícil creer que todos estos determinantes sean centrales, pero su numerosa variedad dificulta identificar al subconjunto que realmente importa.”

Creemos que una limitación de los esfuerzos realizados hasta el momento radica en que no se ha buscado una integración de la literatura, ni en el terreno teórico ni en el empírico. Por tanto, nuestro objetivo es proponer una especificación general –abordada de manera uniecuacional y multiecuacional– fundamentada en tres restricciones al crecimiento que actualmente enfrenta la economía mexicana, entre otras. Éste ánimo nuestro por sintetizar tres explicaciones obedece no solo al reconocimiento de la verosimilitud de las distintas explicaciones teóricas sino al hecho de que, en el mundo real, las economías enfrentan muchos y distintos obstáculos simultáneamente.

Aquí inicialmente seleccionamos dos perspectivas firmemente asentadas, la teoría neoclásica –expuesta en decenas de documentos por el propio Nobel Robert Solow–, y el modelo de Anthony Thirlwall –el cual, según Davidson (1990-91), editor por décadas de la revista emblemática de los postkeynesianos y kaleckianos, constituye la aportación heterodoxa más relevante a la teoría del crecimiento. A estos dos enfoques añadiremos la propuesta de la *Global Footprint Network* (Wackernagel, Beyers y Rout, 2019), esto es, adicionaremos a las restricciones por el lado de la oferta y la demanda externa la ligada a la huella ecológica. A propósito, su justificación nos parece innecesaria si reconocemos el efecto más visible del desbalance entre la biocapacidad planetaria y la huella ecológica, a saber, el cambio climático.

Para construir nuestra especificación general utilizaremos las propuestas de frontera elaboradas por, entre otros, Clive Granger, David Hendry y Aris Spanos. Específicamente implementaremos la metodología “de lo general a lo particular”, y aplicaremos el principio de

“adecuación estadística” y los criterios de “selección de modelos”, incluido el correspondiente a englobamiento, todo lo anterior en el contexto del análisis de cointegración.

Las pruebas de englobamiento, inicialmente utilizadas para discriminar entre explicaciones rivales, arrojaron repetidamente un único resultado, a saber, la conveniencia estadística de no excluir ninguna de las explicaciones en juego sino de integrarlas simultáneamente en una especificación general. Este resultado estadístico nos parece que tiene completo sentido económico. Así, en los modelos finales que presentaremos, uniecuacional y de vectores autorregresivos, aparecerán conjuntamente las tres restricciones al crecimiento económico, es decir, por el lado de la oferta, la demanda externa, y la huella ecológica.

Nuestra estructura de exposición es la siguiente. Los siguientes dos apartados presentan brevemente las teorías del crecimiento neoclásica y postkeynesiana. En el apartado 4 exponemos la metodología econométrica implementada, en el 5 los resultados de la estimación de los modelos no anidados, y en el apartado 6 los estadísticos ligados a las pruebas de englobamiento. En vistas a la construcción de una especificación general en los apartados 7 y 8 adicionamos la huella ecológica y argumentamos su pertinencia. Por cierto, el periodo abordado y la frecuencia dependió enteramente de la disponibilidad de información. Cerramos con algunas reflexiones finales, las referencias bibliográficas, y un anexo estadístico.

2. Teoría del crecimiento neoclásica

El punto de partida es la función de producción agregada (Solow, 1957, p. 312):

$$Q = A(t) f(K, L) \quad (1)$$

Cuya versión lineal es:

$$\text{Log}(Q) = \text{Constante} + \alpha * \text{Log}(K) + \beta * \text{Log}(L) \quad (2)$$

La ecuación (1) afirma que el nivel de producto potencial, medido en unidades físicas, está en función del cambio técnico neutral (A), el acervo de capital físico (K) y la cantidad de empleo (L). En la ecuación (2) las letras griegas representan las elasticidades en juego. Solow (2005, p. 5 y p. 9) explicitó la temporalidad analítica y calendario de su hipótesis teórica:

“La teoría neoclásica del crecimiento trata sobre la evolución del producto potencial. En otras palabras, el modelo da por sentado que la producción agregada está limitada por el lado de la oferta, no por escaseces (o excesos) de demanda efectiva ... Esto sugiere que el hábitat natural de las explicaciones de la teoría del crecimiento son períodos de tiempo de 25 a quizás 40 o 50 años. Cualquier cosa mucho más corta probablemente mezclará los efectos del lado de la oferta y de la demanda, y cualquier cosa mucho más larga corre el riesgo de pasar por alto algunos eventos que deberían ser contabilizados explícitamente”.

Los contenidos teóricos y empíricos de Solow (1956 y 1957 respectivamente) constituyen las ideas más difundidas respecto al crecimiento económico. Remitimos especialmente a Solow (1987, 2005, 2008) para un incomparable análisis, minucioso y crítico, de sus propias ideas seminales –así

como las de otros economistas que han contribuido a las teorías endógenas del crecimiento. En este sentido, sólo resta contribuir al cabal entendimiento de sus aportaciones. Al respecto proponemos las siguientes consideraciones.

- La contribución más visible a la teoría del crecimiento económico de Solow radica en una sola brillante ecuación en la que aparecen tres variables y dos parámetros. Por tanto, para identificar al cambio técnico el premio Nobel tuvo que suponer que detrás de las participaciones se encontraba la regla de los productos marginales. No hacerlo así habría imposibilitado la identificación de la variable “A” con el cambio técnico.
- La etiqueta que utilizamos para clasificar a una variable como endógena o exógena no es económica sino matemática-estadística en el contexto de una ecuación o un sistema de ecuaciones. En el extremo encontramos dos casos, solo la variable del lado izquierdo es declarada endógena y el resto de variables son definidas como exógenas (el caso más simple); o todas las variables que conforman un sistema de información son tratadas como endógenas, lo que exige contar con el mismo número de ecuaciones (el caso más complejo). Consecuentemente, en la medida que Solow propuso una única ecuación tuvo que declarar al cambio técnico exógeno pero, recordemos, se esforzó en mencionar algunos de sus determinantes (1957, p. 312):

“Estoy usando la frase 'cambio técnico' como una expresión abreviada de cualquier tipo de desplazamiento de la función de producción. Por lo tanto, las desaceleraciones, las aceleraciones, las mejoras en la educación de la fuerza laboral y todo tipo de cosas aparecerán como 'cambio técnico'.”

La cita anterior representa la auto revelación de la debilidad del así llamado residuo de Solow –que actualmente aparece en la literatura, por ejemplo en los ejercicios de contabilidad del crecimiento de la OCDE en los cuales participa el INEGI, como productividad total de los factores.

- Sobre el debate en torno a la teoría del capital entre los dos Cambridge subrayamos que, como reconoció el propio Solow en 1957 (p. 312), el “problema de agregación” aparece en cualquier análisis macroeconómico, por ejemplo la función de consumo keynesiana, y que, en efecto, el cambio de las unidades físicas a las unidades monetarias introduce un problema de lógica que rebasa a la hipótesis seminal de Solow.² En los términos más simples, si bien en un análisis microeconómico perfectamente delimitado el producto marginal del capital determina el precio del capital, cuando realizamos un análisis macroeconómico con base en (1) utilizamos el valor del capital (precio por cantidad) para determinar, precisamente, el precio del capital. Así, la crítica del Cambridge inglés es imbatible, aparecida en el documento seminal de Robinson (1953).

² Otros Nobel que han abordado explícitamente el problema de agregación son Haavelmo (1944, 1947), Arrow (1948), Deaton y Muellbauer ([1980], 2007, pp. 148-66), y Granger (1987). Lequiller y Blades (2014, capítulo 2) lo revisan mínimamente desde la teoría de los números índices en el contexto del Sistema de Cuentas Nacionales.

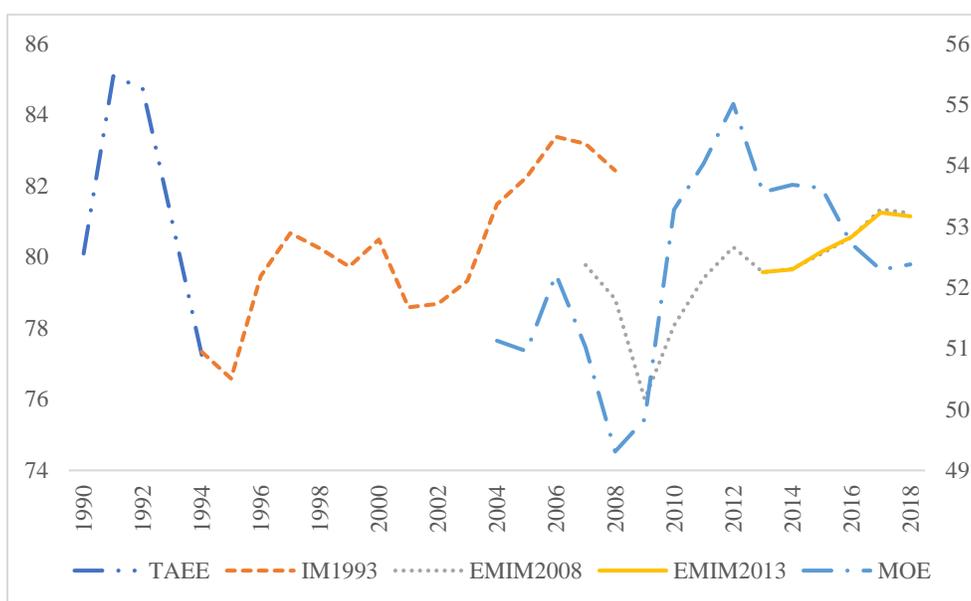
- Las siguientes dos consideraciones son oportunas de frente a las actuales circunstancias de emergencia sanitaria. Aunque se explicita poco, el crecimiento económico incluye la destrucción, figurada y literal, del capital y trabajo. En tiempos normales observamos por ejemplo la desvalorización del capital por obsolescencia tecnológica. Asimismo, los periodos prolongados de desutilización del capital ocasionan su deterioro físico –y aún su pérdida total. En la misma dirección el subempleo y el desempleo por periodos “largos” menoscaban las competencias laborales de una persona y, por tanto, ocasionan su desvalorización al momento de reinsertarse al mercado de trabajo.
- Aunque no se subraya frecuentemente la función de producción agregada implica, en el corto plazo, la constancia de algunos coeficientes técnicos, entre otros la relación capital/trabajo, y supone que tanto el capital como el trabajo están referenciados inicialmente a una actividad económica. Sin embargo, el propio Solow (1987, p. 2) explicó que existe algún grado de sustituibilidad entre los factores de la producción, o dicho en términos más generales, existe alguna flexibilidad productiva –que abre, cabe enfatizar, la puerta al ejercicio de las políticas públicas.³

3. Teoría del crecimiento postkeynesiana

La literatura reconoce también que una economía enfrenta una restricción externa al crecimiento por el lado de la demanda efectiva. A este modelo se le conoce como de “restricción por la balanza de pagos”. Aquí utilizaremos su versión de tercera generación (Moreno-Brid y Pérez, 2003; Guerrero, 2006). Esta otra restricción resulta razonable si la economía en cuestión no opera bajo el pleno empleo de sus recursos productivos.

Sobre su pertinencia empírica señalemos que en el caso de la industria manufacturera disponemos de alguna información originada en las siguientes encuestas: *Trimestral sobre la Actividad Económica Empresarial*, *Industrial Mensual*, *Mensual a la Industria Manufacturera*, y *Mensual de Opinión Empresarial* (TAE, IM, EMIM, y MOE, respectivamente):

³ Entre otros muchos ejemplos señalemos que la Fiat Chrysler produjo y distribuyó en el 2020 un millón de caretas mensualmente (TechCrunch, 2020). En el mismo texto se señala: “Otros fabricantes como GM, Ford, VW y Tesla han comenzado a trabajar en la compleja tarea de producir ventiladores, otra pieza crítica de equipo médico para pacientes hospitalizados con COVID-19.” La tecnología para producir automóviles se adaptó para producir bienes para enfrentar la pandemia. Asimismo, las mencionadas empresas modificaron su relación capital-trabajo para atender el “lock-down” y las medidas de distanciamiento social.



Gráfica 1. Capacidad de planta utilizada en las manufacturas 1990-2018
(en por ciento, en el eje izquierdo TAEE, IM, y EMIM, en el derecho MOE)

Fuente: elaboración propia con base al INEGI.

Dejando de lado la MOE, entre 1990 y 2018 el porcentaje de uso de los activos fijos con cifras anualizadas fue de 78.9 por ciento en promedio, con un mínimo de 74.5 y un máximo de 82.7 por ciento.

Este modelo arranca con la identidad de la balanza de pagos, lo cual constituye, como en el caso de la función de producción agregada, una de sus fortalezas:

$$P_d X + EK_f = P_f M \quad (3)$$

Donde:

P_d = precio de los bienes y servicios domésticos exportados en pesos

X = cantidad de exportaciones

E = tipo de cambio en pesos por dólar

K_f = flujos netos de capital en dólares

P_f = precio de las importaciones en dólares

M = cantidad de importaciones

Si $K_f > 0$ el país en cuestión recibe capital del exterior y viceversa. Es útil definir la participación de las exportaciones en los ingresos totales como:

$$\theta = P_d X / (P_d X + EK_f) \quad (4)$$

Por tanto, la participación de los flujos netos de capital en los ingresos totales se define como:

$$(1 - \theta) = EK_f / (P_d X + EK_f) \quad (5)$$

Las expresiones (4) y (5) miden la proporción de la cuenta que resulta de las importaciones financiadas por las exportaciones y los flujos netos de capital respectivamente. La formulación dinámica de la ecuación (3) es:

$$\theta (p_d + x) + (1 - \theta)(k_f + e) = p_f + e + m \quad (6)$$

Las letras minúsculas representan las tasas de crecimiento de las variables. Las expresiones (7) y (8) contienen dos funciones de demanda:

$$X = (P_d/P_f E)^\eta (W^\pi) \quad (7)$$

Donde:

η = elasticidad precio de las exportaciones ($\eta < 0$)

W = producto del resto del mundo

π = elasticidad ingreso de las exportaciones ($\pi > 0$)

$$M = (P_f E/P_d)^\phi (Y^\xi) \quad (8)$$

Donde:

ϕ = elasticidad precio de las importaciones ($\phi < 0$)

Y = ingreso doméstico

ξ = elasticidad ingreso de las importaciones ($\xi > 0$)

Las ecuaciones dinámicas de demanda de las exportaciones e importaciones son:

$$x = \eta(p_d - p_f - e) + \pi w \quad (9)$$

$$m = \phi(p_f + e - p_d) + \xi y \quad (10)$$

Si resolvemos el sistema de ecuaciones para la tasa de crecimiento económico obtenemos:

$$y = [\theta \pi w + (1 - \theta)(k_f + e - p_d) + (\theta \eta + \phi + 1)(p_d - p_f - e)] / \xi \quad (11)$$

Si suponemos que los términos de intercambio permanecen constantes, la expresión (11) se reduce a:

$$y_b = [\theta \pi w + (1 - \theta)(k_f + e - p_d)] / \xi \quad (12)$$

Bajo el supuesto de una cuenta corriente equilibrada ($\theta = 1$), la ecuación (12) se reescribe así:

$$y_b = \pi w / \xi = (\pi / \xi) * w \quad (13)$$

De acuerdo a la expresión (13), la tasa de crecimiento de equilibrio depende de tres datos: las elasticidades ingreso de las exportaciones e importaciones, y la tasa de crecimiento del resto del mundo. En este sentido, dadas las elasticidades ingreso del sector externo, un mayor crecimiento de la economía mundial permitiría alcanzar una superior tasa de crecimiento del producto sin poner en riesgo el equilibrio de la cuenta corriente, o asumiendo como constante el crecimiento económico del resto del mundo, un incremento de la relación de las elasticidades ingreso de las exportaciones e importaciones permitiría alcanzar una mayor tasa de crecimiento del producto de largo plazo.

4. Metodología econométrica

Dada la información disponible, en términos del periodo disponible y la frecuencia de los datos, modelamos uniecuacional –utilizando el Modelo Clásico de Regresión Lineal (Hamilton, 1994, capítulo 8)–, y multiecuacionalmente –modelos de vectores autorregresivos, los así llamados modelos VAR estructurales (Sims, 1980; Stock y Watson, 2001). Otra restricción que enfrentamos deriva del hecho que la longitud (el número de observaciones y su frecuencia o periodicidad) de los modelos estimados tiene que ser idéntica para estar en condiciones de realizar las pruebas de englobamiento.

Para construir nuestras especificaciones seguimos el principio de “adecuación estadística” acuñado por Aris Spanos (1986, 1989, 2003), así como la metodología “de lo general a lo particular” y los criterios de “selección de modelos”. Todo lo anterior implica la necesidad de verificar todos y cada uno de los supuestos del modelo teórico estadístico en los modelos estimados.

La metodología empleada para la construcción de las especificaciones finales y los criterios de selección de modelos van de la mano. Si bien el autor emblemático de ambas aportaciones es Hendry, cabe señalar que son el resultado de discusiones colectivas en las que participaron enormes científicos, entre otros los Nobel Deaton, Engel, Granger, Haavelmo, Koopmans, y Sims, y otros grandes autores, entre otros Davidson, Leamer, Mizon, Pagan, Pesaran, Phillips, Sargan, Richard, y Trivedi.⁴

Específicamente hablando, en el caso del Modelo Clásico de Regresión Lineal (en adelante MCRL) verificamos el cumplimiento de los cuatro primeros supuestos ligados a las propiedades estadísticas del estimador mínimo cuadrático (valor esperado de los errores igual a cero, errores homocedásticos, ausencia de autocorrelación serial, declaración de la exogeneidad clásica de los regresores), y añadimos otros ya reconocidos en la literatura (exogeneidad débil, normalidad de los errores y linealidad de los parámetros). A propósito, el grueso de los supuestos mencionados también fue revisado en el caso de la modelación VAR estructural. Asimismo, en ambas estrategias de modelación se realizó el análisis de integración (se aplicaron las pruebas Dickey-Fuller Aumentada y

⁴ El propio Hendry ordenó teórica y metodológicamente su obra en su libro publicado en 1993 que repite el título de uno de sus documentos seminales (1980). Gilbert (1986), y Campos, Ericsson y Hendry (2005), exponen la metodología “de lo general a lo particular”. Un libro de texto ya clásico inspirado en Hendry y el resto de grandes autores citados es Charemza y Deadman (1992). Patterson (2000, p. xxiii y p. xxv) señaló a Engel, Granger y Hendry como las grandes mentes que revolucionaron a la econometría en los últimos 20 años.

Phillips-Perron) y cointegración (en el MCRL se verificó la estacionalidad de los residuales, y en la modelación VAR estructural se aplicaron las pruebas de rango y traza de Johansen).

En torno a los seis criterios de selección de modelos remitimos al resumen publicado por Gilbert (1986) en el que enfrenta al así etiquetado econometrista “de paja” con la hendryficación de la modelación econométrica de series de tiempo. Aquí solo los mencionaremos: el modelo debe ser admitido por los datos (“data admissible” en inglés); el modelo debe ser congruente con la teoría económica; los regresores deben ser, por lo menos, exógenamente débiles; el modelo debe exhibir constancia en sus parámetros; los errores estimados deben comportarse de manera aleatoria; y el sexto, tanto o más relevante que todos los anteriores, el modelo debe englobar a los modelos rivales. En este sentido, se aplicaron las pruebas estadísticas necesarias, esto es, aplicamos el principio del “test, test, and test” de Hendry ([1993], 2000, p. 1).

5. Estimación de algunos modelos inspirados en la hipótesis neoclásica y postkeynesiana

Inspirados en la función de producción agregada a continuación presentamos los resultados de la estimación de una regresión doble logarítmica, en la que del lado izquierdo encontramos al PIB en volumen y del derecho al capital usado en las manufacturas (K) y las horas trabajadas en las mismas (L). La información proviene del proyecto KLEMS y de las encuestas levantadas por el INEGI. El rango cubierto por KLEMS es 1990-2018 con una frecuencia anual. Inicialmente partimos de una especificación general que reducimos con base en los resultados de las pruebas estadísticas realizadas. La relevancia de las manufacturas para explicar el desempeño de la economía mexicana es consistente con otros estudios, el más reciente de Loría, Moreno-Brid, Salas, y Sánchez-Juárez (2019). La ecuación (14) contiene los resultados de la estimación del modelo uniecuacional:

$$\text{Log}(Y) = -0.995 + 0.426*\text{Log}(K) + 0.617*\text{Log}(L) \quad (14)$$

(-0.87) (4.63) (5.813)

En la ecuación (14) los coeficientes deben leerse como elasticidades. Entre paréntesis aparecen los resultados de la prueba *t* de significancia estadística individual. Para verificar la congruencia estadística del modelo estimado en la Tabla 1A del anexo estadístico mostramos algunas de las otras pruebas aplicadas. Por cierto, con la finalidad de rebasar la crítica de regresión espuria y sugerir la cointegración entre las variables en juego también se verificó la estacionariedad de los residuales mediante las pruebas Dickey-Fuller aumentada (DFA) y Phillips-Perron (PP).

A propósito, el coeficiente de determinación obtenido fue cercano a uno. La cercanía de los valores observados y estimados de la endógena no debe sorprendernos en la medida que se trata de una especificación inspirada en una identidad.⁵ Al respecto recordemos que en la función de producción agregada encontramos valores, esto es, precios por cantidades. Contablemente hablando,

⁵ En las cinco regresiones reportadas por Solow (1957, p. 319) los coeficientes de determinación fueron 0.99. A propósito, en la medida en que utilizó la productividad laboral como la variable dependiente y la relación capital-trabajo ajustada como independiente, generó un problema de endogeneidad conocido en la literatura como sesgo de Haavelmo.

del lado izquierdo de la siguiente ecuación observamos al PIB en el periodo t , y en el lado derecho a la suma de la masa de salarios ($w_t L_t$) y la masa de beneficios ($r_t K_t$):

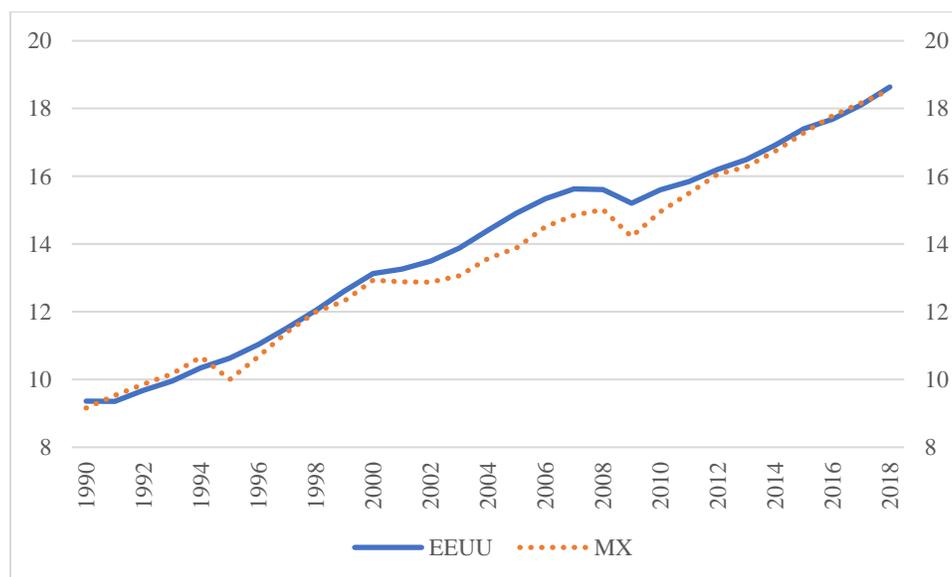
$$p_t q_t = w_t L_t + r_t K_t \quad (15)$$

A pesar de contar con un número relativamente reducido de observaciones, esto es 29, también utilizamos la modelación VAR. Obtuvimos un par de modelos adecuados, estadísticamente hablando, con uno y cuatro rezagos. A continuación presentamos los vectores de cointegración –y en el anexo la Tabla 2A que contiene las pruebas aplicadas al modelo “corto” en la medida que la extensión del modelo “largo” impidió la realización de un análisis estadístico detallado.

$$\text{Log}(Y) = 0.610 * \text{Log}(K) + 0.411 * \text{Log}(L) \quad (16)$$

$$\text{Log}(Y) = 0.562 * \text{Log}(K) + 0.418 * \text{Log}(L) \quad (17)$$

Transitemos ahora a la exploración postkeynesiana. La siguiente gráfica contiene los niveles del PIB en Estados Unidos y México en volumen. Visiblemente ambas variables se “acompañan en el tiempo”.



Gráfica 2. PIB de los Estados Unidos y México 1990-2018
 (en billones de dólar de 2012, eje izquierdo; y billones de pesos a precios de 2013, derecho)
 Fuente: elaboración propia con base en la BEA e INEGI.

Estimamos un modelo uniecuacional anual entre 1990 y 2018. Asimismo estimamos un modelo VAR trimestral con cuatro rezagos entre el primer trimestre de 1990 y tercer trimestre de 2019. En vistas a obtener las elasticidades en juego en ambos casos utilizamos una forma funcional doble logarítmica. Aplicamos la batería de pruebas estadísticas necesaria para verificar la calidad estadística de los ejercicios realizados. A continuación mostramos algunos resultados según la

modelación uniecuacional (ecuación 18) y el vector de cointegración según la modelación VAR (ecuación 19).

$$\text{Log}(Y) = 7.214 + 1.165 * \text{Log}(YUS) \quad (18)$$

(30.2) (38.5)

$$\text{Log}(Y) = 1.282 * \text{Log}(YUS) \quad (19)$$

Los coeficientes estimados, tanto en la modelación uniecuacional como multiecuacional, apuntan a una misma realidad: por cada punto porcentual de crecimiento del PIB constante de los EEUU, el PIB constante de la economía mexicana creció, a lo largo del periodo analizado, apenas un poco más, esto es, en el caso del modelo uniecuacional 1.165 y en el caso multiecuacional 1.282.

6. Teorías del crecimiento cara a cara: pruebas de englobamiento

El último y más importante requisito de un modelo econométrico se encuentra asociado a su “capacidad de abarcamiento” de otros modelos existentes en la literatura correspondiente. Cabe enfatizar que, de fondo, este requisito responde a una estrategia de investigación progresiva de las ciencias en general (Lakatos, 1970). Evidentemente, la coexistencia de resultados empíricos contradictorios se reduciría significativamente si este criterio se aplicara de manera rutinaria en la economía y en otras ciencias empíricas.

La definición de englobamiento dice así: “el modelo *A* engloba al modelo *B* si el primero tiene la capacidad de capturar el comportamiento del segundo” (Charemza y Deadman, 1992, p. 250). La prueba más citada y utilizada –por su adaptabilidad para aplicarse a distintas estrategias de modelación– para discriminar entre dos modelos rivales es la prueba *J* (Davidson y MacKinnon, 1981):

$$H_0: y_t = \beta x_t + e_{1t} \quad (20)$$

$$H_1: y_t = \gamma z_t + e_{2t} \quad (21)$$

Donde suponemos que tanto e_{1t} como e_{2t} presentan las propiedades estadísticas adecuadas. Digamos que (20) corresponde al modelo *A*, y (21) al modelo *B*. Los modelos contenidos en estas expresiones son no anidados. Así por ejemplo para Pesaran y Weeks (2003, p. 279) los modelos no anidados pueden surgir cuando se utilizan teorías económicas rivales para explicar el mismo fenómeno o, incluso, partiendo del mismo paradigma teórico, es posible que diferentes investigadores lleguen a diferentes modelos si utilizan diferentes bases de datos, modelos estadísticos, técnicas de estimación, o diferentes caminos en vistas a la construcción de una especificación parsimoniosa. Requerimos cuatro pasos para aplicar la prueba *J*:

- Primer paso: estimación de (21) y generación del $\hat{y}_t = \hat{\gamma} z_t$ correspondiente

- Segundo paso: estimación de la siguiente versión modificada de (20)

$$y_t = \beta x_t + \alpha \hat{y}_t + e_{3t} \quad (22)$$

Mediante una prueba t de significancia estadística evaluar $\hat{\alpha}_t = 0$. En caso favorable, parece que el modelo B engloba al modelo A . Pero tenemos que cubrir otros dos pasos análogos a los previos:

- Tercer paso: estimación de (20) y generación del $\hat{y}_t = \hat{\beta}x_t$ correspondiente
- Cuarto paso: estimación de la siguiente versión modificada de (21)

$$y_t = \gamma z_t + \delta \hat{y}_t + e_{4t} \quad (23)$$

Mediante una prueba t de significancia estadística evaluar $\hat{\delta}_t = 0$. En caso favorable, parece que el modelo A abarca al modelo B .

El sentido de las especificaciones (22) y (23) radica en que, si el modelo A o el modelo B son “verdaderos”, entonces sus partes sistemáticas estarían completas (implicando la no significancia de cualquier adición de información). A propósito, el hecho de que la estimación de las dos anteriores regresiones sea independiente genera un problema relativo a la obtención de resultados no conclusivos en dos sentidos:

- Si $\hat{\alpha}_t \neq 0$ y $\hat{\delta}_t \neq 0$.
- Si $\hat{\alpha}_t = 0$ y $\hat{\delta}_t = 0$.

En el primer caso ninguna explicación es significativa en términos estadísticos, y en el segundo caso ambas aportan información al modelo estimado. Como descubriremos más adelante, este segundo caso será clave en la presente investigación.

El nombre de la prueba J (“joint”) proviene de la siguiente expresión (Maddala, 2001, capítulo 12):

$$y_t = (1-\alpha)\beta x_t + (\alpha)\gamma z_t + e_t \quad (24)$$

En la que se exploran $\alpha = 0$ contra $\alpha = 1$. Evidentemente, resulta imposible obtener los valores de los tres parámetros en cuestión con la sola estimación de (24), es decir, obtendríamos $(1-\hat{\alpha})\hat{\beta}$ y $(\hat{\alpha})\hat{\gamma}$, esto es, el valor de los parámetros. Pero es correcto sustituir $\hat{\gamma}z_t$ por \hat{y}_t en (21), y entonces evaluar $\alpha = 0$. En este sentido, Davidson y MacKinnon (1981) llamaron a su prueba J , ya que α y β son estimados “conjuntamente”.

Realizamos las pruebas J primero a los modelos uniecuacionales y posteriormente a los modelos VAR. Al modelo inspirado en Solow le añadimos el valor de la endógena estimada según el modelo de Thirlwall. El resultado indica que la restricción por el lado de la demanda externa añade información al modelo que solo incluye la restricción por el lado de la oferta:

$$\text{Log}(Y) = -0.387 + 0.272*\text{Log}(K) + 0.489*\text{Log}(L) + 0.254*\widehat{\text{Thirlwall}} \quad (25)$$

(-0.385) (4.29) (3.77) (3.09)

El valor de los parámetros suma casi uno lo cual hace completo sentido. En la tabla 5A descubrimos que los estadísticos se comportaron satisfactoriamente –subrayamos que ya no se detectó autocorrelación serial y se confirmó la linealidad de la especificación. Un resultado similar ocurrió cuando a la especificación inspirada en Thirlwall añadimos el valor estimado de la endógena del modelo basado en la oferta agregada:

$$\text{Log}(Y) = 1.724 + 0.240*\text{Log}(YUS) + 0.755*\widehat{\text{Solow}} \quad (26)$$

(2.92) (3.11) (9.48)

Coincidentemente, como en (25), el valor de los parámetros suma casi uno. Aquí destacamos que la restricción de oferta aportó tres cuartas partes y la de demanda una cuarta parte. En la tabla 6A también se observa que los estadísticos mejoraron.

Realizamos la prueba de englobamiento al modelo VAR con un rezago. Algunas de las pruebas de diagnóstico y especificación se muestran en la tabla 7A. La ecuación (27) contiene el vector de cointegración.

$$\text{Log}(Y) = -1.209 + 0.254*\text{Log}(K) + 0.446*\text{Log}(L) + 0.263*\widehat{\text{Thirlwall}} \quad (27)$$

Análogamente a la especificación postkeynesiana añadimos el valor de la endógena estimada en el modelo VAR a la Solow. Los estadísticos fueron satisfactorios así como la prueba de cointegración en sus dos versiones:

$$\text{Log}(Y) = 1.410 + 0.246*\text{Log}(YUS) + 0.769*\widehat{\text{Solow}} \quad (28)$$

Si bien nuestros resultados pueden incomodar en la medida que exploran conjuntamente dos hipótesis teóricas opuestas, creemos que son atractivos en el sentido que apuntan a que ambas teorías se complementan. En breve, las pruebas de englobamiento señalan que la economía mexicana enfrenta simultáneamente dos restricciones al crecimiento, siendo dominante la ligada a la oferta. Todo lo anterior hace completo sentido.

7. Hacia una especificación general del crecimiento económico

Las hipótesis teóricas en juego tienen sólidos fundamentos teóricos que apenas mencionamos en este documento. Asimismo, tienen debilidades que tratamos de exponer, en particular el contenido de la así llamada productividad total de los factores. El modelo de Solow descansa en una función técnica agregada en términos físicos. Por su parte el modelo de Thirlwall parte de una identidad contable, introduce dos funciones de demanda convencionales, y añade dos supuestos clave bajo un horizonte de largo plazo, a saber, las elasticidades precio son cero y la cuenta corriente está en equilibrio. Aun dejando de lado filias y fobias ideológicas, o puesto con atrás palabras, solo mirando los fundamentos

teóricos de Solow y Thirlwall, es incompatible mezclar sus variables explicativas en una sola especificación general. Por otro lado, los resultados estadísticos obtenidos –y la propia realidad económica de nuestro país, restringido simultáneamente tanto por la oferta como por la demanda externa– invitan a dar un paso adelante.

Para superar el impedimento de combinar una función de oferta y una de demanda en una sola ecuación, a continuación, mostramos los resultados de la modelación uniecuacional y el vector de cointegración obtenido del modelo VAR del PIB en volumen teniendo como variables explicativas a los valores estimados de la endógenas reportadas en el apartado previo. Las pruebas estadísticas aplicadas requeridas para evaluar su congruencia aparecen en el anexo.

$$\text{Log}(Y) = -0.075 + 0.755*\widehat{Solow} + 0.249*\widehat{Thirlwall} \quad (29)$$

(-0.36) (9.48) (3.11)

$$\text{Log}(Y) = 0.716*\widehat{Solow} + 0.282*\widehat{Thirlwall} \quad (30)$$

Destacadamente la ecuación (30) contiene el vector de cointegración obtenido. En este sentido en el anexo estadístico se muestran los estadísticos pertinentes, en particular los resultados de las pruebas de rango y traza. Subrayamos que la estrategia de modelación propuesta permitió agregar hipótesis teóricas inicialmente incompatibles –y evitar entre otros un problema de identificación. El vector de cointegración contenido en (30) indica que, aproximadamente, dos terceras partes de cada punto porcentual de crecimiento económico se explica por el lado de la oferta, y una tercera parte por el lado de la demanda externa.

Finalmente adicionamos nuestra variable etiquetada como “FP”, esto es, la huella ecológica, a la ecuación (30).⁶ Los resultados estadísticos fueron satisfactorios –los detalles de las pruebas estadísticas requeridas se muestran en el anexo. Utilizando como explicativas no a las variables originales sino a los valores estimados de las endógenas –que dependen, cabe subrayarlo, de las variables explicativas según las hipótesis teóricas en juego–, obtuvimos el siguiente único vector de cointegración del PIB en volumen según la prueba de Johansen en sus dos versiones:

$$\text{Log}(Y) = -0.520 + 0.353*\widehat{Solow} + 0.325*\widehat{Thirlwall} + 0.351*\widehat{FP} \quad (31)$$

Es correcto afirmar entonces que la incorporación de la variable FP añadió información, por lo que en un sentido estadístico (31) es superior a (30). También económicamente hablando los resultados contenidos en (31) de cara a (30) son consistentes. El valor de la elasticidad ligada a la restricción externa al crecimiento es similar, pero la elasticidad ligada a la función de producción agregada disminuyó significativamente. Como descubriremos en el siguiente apartado esta caída

⁶ En 1980 David Hendry escribió un documento seminal titulado “Econometrics: Alchemy or Science”, en el cual presentó –de frente a la controversia en torno a los determinantes del nivel de precios– un regresor sin explicitar inicialmente su contenido, con el propósito de generar una especificación “superior”, estadísticamente hablando, respecto a las disponibles en aquellos convulsos años. Si bien su metodología de investigación fue la correcta, esto es, “de lo general a lo particular”, su método de exposición fue el opuesto, “de lo particular a lo general”. Nuestra estructura expositiva está inspirada en ese documento seminal de Hendry (1980).

tiene sentido ya que la variable FP, del inglés Footprint o huella ecológica, también está ligada a la tecnología incorporada.

8. El elefante en la habitación

La variable FP –que representa la restricción al crecimiento clave porque es la única que pone en jaque al mundo entero– está fundamentada en la perspectiva de la *Global Footprint Network* (Wackernagel, Beyers y Rout, 2019). Al respecto encontramos tres definiciones. La primera es la biocapacidad cuya unidad de medida es la hectárea global, que expresa una restricción ligada a las capacidades naturales de regeneración de la vida en México y el planeta entero; la segunda es la huella ecológica (FP), que contabiliza nuestro uso de la biocapacidad y adiciona nuestras afectaciones ambientales por el manejo de residuos. Evidentemente la huella ecológica depende de las tecnologías productivas en uso. La tercera definición es su diferencia, esto es, a la biocapacidad se le resta la huella ecológica –y típicamente se etiqueta como excedente o déficit. Lo siguiente es terrible, y tanto más si reconocemos que se trata de información disponible al público. El mundo entero acumula desde principios de los años setenta del siglo pasado un creciente déficit, esto es, desde principios de los años setenta la huella ecológica provocada por el funcionamiento de las economías del mundo rebasa –y de manera creciente– la capacidad de auto regeneración del planeta, es decir, su biocapacidad. A propósito, en México las estadísticas son casi similares en el sentido que, desde mediados de la década de los setenta, producimos un déficit, esto es, nuestra huella supera a la biocapacidad, y también de manera creciente.

La literatura ambientalista habla del catastrófico mito del crecimiento económico perpetuo. Y tiene toda la razón, las teorías del crecimiento económico son tales, del crecimiento económico. Desde su punto de vista la primera restricción que debemos analizar es la ligada a la naturaleza, a saber, a la biocapacidad del planeta (Wackernagel, Beyers y Rout, 2019).

La biocapacidad es el poder biológico de nuestro planeta para regenerar y reproducir materia vegetal. Esta productividad primaria de la naturaleza es la fuente de toda la vida, incluida la vida humana. La biocapacidad no es una invención de la misma manera que la gravedad tampoco lo es. Ambas son fuerzas de la naturaleza que podemos observar y medir (Wackernagel, Beyers y Rout, 2019).

De la mano de la biocapacidad encontramos a la huella ecológica, la cual simplemente contabiliza nuestro uso de la biocapacidad y el manejo de residuos, todo lo anterior evidentemente dadas las tecnologías utilizadas. Mientras que para las economías el dinero representa la unidad de medida, en el caso de la huella se utiliza la superficie biológicamente productiva de la tierra, esto es, la así llamada hectárea global. El total de hectáreas globales del planeta contabiliza el acervo más significativo para la raza humana, esto es, la capacidad de la tierra para renovarse. Naturalmente la selección de la unidad de medida es consistente con su objeto de estudio, en tanto se trata del planeta tierra y su biocapacidad.

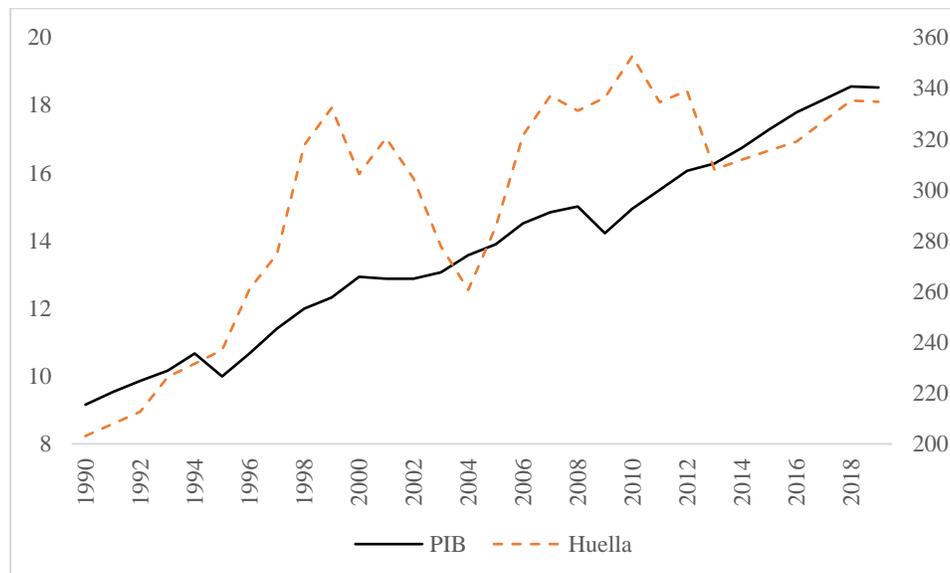
Para evaluar la biocapacidad, la huella ecológica y su diferencia (exceso o déficit), la *Global Footprint Network* realiza un seguimiento de cada país utilizando hasta 15,000 datos por año contenidos en las bases construidas al seno de las Naciones Unidas. Dependiendo de la calidad y disponibilidad de la información, como es el caso de otras bases de datos globales, por ejemplo las

ligadas a las encuestas aplicadas a las familias en vistas a la medición de la distribución del ingreso y la riqueza, la red otorga una calificación a la misma.

A propósito, la contabilidad utilizada es, reconocidamente, cautelosa. Por ejemplo, se acepta un error por el subregistro ya que no todas las demandas por bienes y servicios de la humanidad, su huella ecológica, se cuentan –simplemente porque no todas las demandas están reflejadas en las estadísticas de la ONU. En la misma dirección lo más probable es que se sobreestime la biocapacidad ya que algunas actividades dañinas, como la erosión del suelo o la pérdida de agua subterránea, aún no se tienen en cuenta por la falta de datos completos y consistentes. Esto significa que, en realidad, los déficits de biocapacidad probablemente sean mayores de lo que informa la *Footprint Network* para el mundo y México.

La huella revela cuánto del área productiva de nuestro planeta se utiliza para cada actividad humana. Según los cálculos más recientes de la *Footprint Network*, la humanidad sobre-utilizó el presupuesto biológico de la naturaleza (la biocapacidad del planeta) en un 75% en 2016. En otras palabras, la humanidad usa la naturaleza actualmente un 75% más rápido de lo que se renueva. Este uso excesivo se llama sobre-impulso ecológico.

La siguiente gráfica contiene el PIB en volumen y la huella ecológica para México entre 1960 y 2019, esto es, el PIB medido en billones de pesos constantes y la biocapacidad del territorio mexicano en millones de hectáreas globales. Se dice globales ya que se trata de una unidad de medida estándar para el resto de países y, dicho sea de paso, es menor a la extensión territorial tal cual de México.



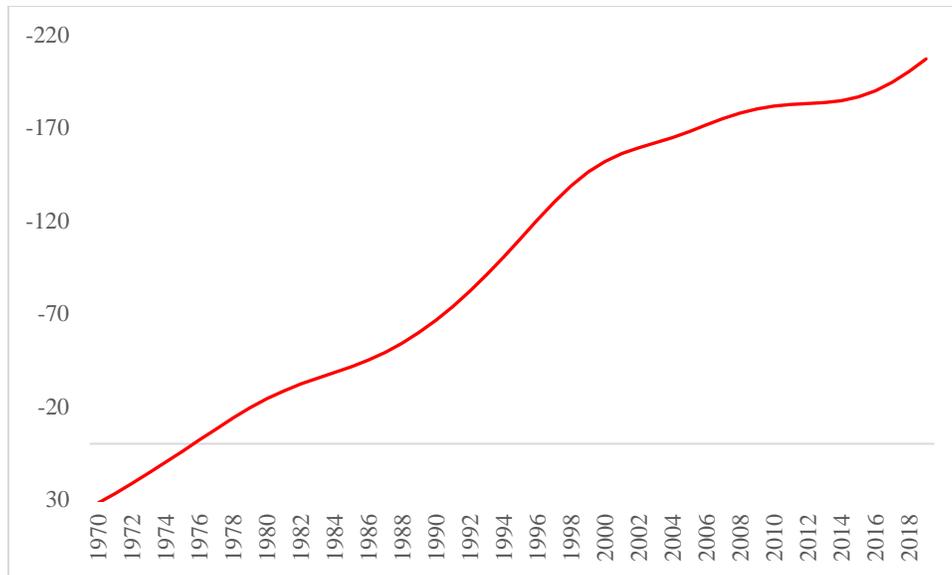
Gráfica 3. PIB de México y huella ecológica

(en billones de pesos a precios de 2013 y en millones de hectáreas globales)

Fuente: elaboración propia con base a la Global Footprint Network, CONAPO e INEGI.

A la diferencia entre la biocapacidad y la huella ecológica se la conoce como excedente o déficit. La siguiente gráfica contiene esta diferencia con la escala invertida –con la intención de evidenciar temporalmente hablando el tránsito de valores positivos a negativos, y a negativos

crecientes. Los déficits, valores negativos, implican, ni más ni menos, la devastación del medio ambiente en el territorio nacional. Particularmente, como se acostumbra en la literatura que aborda el crecimiento económico, para darle un sentido de largo plazo aplicamos el filtro de Hodrick-Prescott a la variable en cuestión, es decir, a la diferencia. El propósito es evidenciar como transitamos de una situación excedentaria entre los años sesenta y mediados de los setenta, a una situación crecientemente deficitaria. Con fines comparativos repetimos que el mundo entero consume más naturaleza que la que la tierra regenera desde el año de 1970 –este proyecto dispone de información desde 1960. Y todos conocemos uno de sus colaterales, el cambio climático.⁷



Gráfica 4. Diferencia entre la biocapacidad y la huella
(en millones de hectáreas globales, escala invertida)

Fuente: elaboración propia con base a la Global Footprint Network, CONAPO e INEGI.

Así, el escenario económico-ambiental actual es insostenible. La *Footprint Network* señala que si la población mundial toda recibiera el ingreso per cápita observado en México (9,868 dólares constantes a precios de 2010), se requeriría un planeta tierra 1.59 veces más grande, o lo que es equivalente, el tamaño de México tendría que multiplicarse por 2.21 para llevar a cero la diferencia entre su biocapacidad y su huella ecológica tomando como referencia ese ingreso por persona.

⁷ En una reciente declaración titulada “El cambio climático es más mortal que el coronavirus”, Antonio Guterres (2020b) señaló que “El calor del océano está en un nivel récord, con temperaturas que aumentan al equivalente de cinco bombas de Hiroshima por segundo. Contamos el costo en vidas y medios de vida humanos a medida que las sequías, los incendios forestales, las inundaciones y las tormentas extremas cobran su precio mortal. No tenemos tiempo que perder si queremos evitar una catástrofe climática.”

9. Reflexiones finales

El presente documento utilizó intensivamente la información generada por la *Global Footprint Network*. Leyendo a Sharif, Baris-Tuzemen, Uzuner, Ozturk, y Sinha (2020, p. 5) debe quedar claro que nuestro documento se ubica en el grupo que intenta sintetizar a una buena parte de la literatura ambientalista:

“Es posible encontrar varios artículos sobre la relación entre consumo de energía, degradación ambiental y crecimiento económico. Estos estudios se pueden clasificar en tres grupos principales. El primero se centra en la conexión entre el consumo de energía (electricidad) y el crecimiento económico... El segundo grupo explora el vínculo entre el crecimiento económico y las emisiones de dióxido de carbono como un indicador de la degradación ambiental... Finalmente, el tercero fusiona el estudio de la relación entre el crecimiento económico, la degradación ambiental, la huella ecológica, y el uso de energía por fuente, a saber, renovables y no renovables.”

Está fuera de discusión que la verdadera restricción al crecimiento económico es la biocapacidad del planeta. Y dado que desde hace medio siglo la huella ecológica rebasa crecientemente a la biocapacidad, por extensión debemos dejar de pensar exclusivamente en términos de crecimiento económico. El gran reto es compatibilizar cualquier resultado económico-social con un planeta.

Si bien las restricciones por el lado de la oferta y la demanda –interna y externa– tienen “mecanismos de corrección automáticos”, no ocurre lo mismo con la restricción ligada a la biocapacidad y la huella ecológica. Si una economía no contase con capital y trabajo simplemente no podría producir bienes y servicios. Similarmente, sin el estímulo de la demanda interna tampoco entrarían en juego sus capacidades productivas. Y si recurrentemente genera un desequilibrio por el lado externo enfrentará –más temprano que tarde– un brusco ajuste cambiario. Desafortunadamente las reglas del mercado, y las políticas económicas en general y ligadas a los recursos naturales y al medio ambiente en particular, no cuentan con mecanismos de corrección automáticos en vistas a detener el sobregiro ecológico. Así, como hemos visto desde los años setenta del siglo pasado, México y el mundo entero acumulan un déficit creciente provocado por el desbalance entre la huella ecológica y la biocapacidad.

En el presente siglo la etiqueta “crisis” no pasa entonces por su definición económica –ligada a la caída temporal de la producción– sino está ligada a la destrucción de la biocapacidad con un carácter permanente. Al respecto, una de tantas soluciones ya fue puesta en la mesa por el Secretario General de las Naciones Humanas, a saber, el así llamado “decrecimiento económico” (2020a, p. 6):

“Otra alternativa a la economía centrada en el crecimiento, que considera el crecimiento económico permanente necesario para atajar la pobreza, mantener los puestos de trabajo y resolver los problemas ambientales, puede encontrarse en el movimiento decrecentista. El término ‘decrecimiento’, que adquirió relevancia tras la Primera Conferencia Internacional sobre Decrecimiento para la Sostenibilidad Ecológica y la Equidad Social, celebrada en París en 2008, trasciende la mera crítica del PIB como medida del bienestar: el concepto encarna un cuestionamiento radical de los objetivos sociales y propone los valores comunes de los cuidados, la

solidaridad y la cooperación y la idea de que somos parte de la Naturaleza. También se lo conoce como ‘movimiento poscrecientista’, *décroissance*, *postwachstum*, economía ‘del estado estacionario’ o ‘del donut’ y ‘prosperidad sin crecimiento’, entre otras denominaciones. El origen del término, presente en el francés *décroissance* o en el italiano *decrescita*, hace referencia a un río cuyo caudal vuelve a niveles normales tras una crecida desastrosa.”

Cerramos con algunas reflexiones desde la teoría económica. Mientras sigamos pensando y enseñando que la economía es la ciencia de la elección, ligada a la satisfacción de necesidades “ilimitadas” de un consumidor ignorante, insaciable y egoísta –en la medida que en su canasta no contiene el bienestar material de los otros, contemporáneos y de la propia descendencia, y la situación medioambiental del planeta–, de frente a la asignación eficiente de recursos escasos –curiosamente sin explicitar en primerísimo lugar la biocapacidad y la huella–, con agentes maximizadores, unos de su utilidad y otros de su beneficios, y que la apropiación del ingreso se debe al “esfuerzo individual”, permaneceremos en el error como científicos, y desconoceremos nuestra obligación social en términos de proveer soluciones a un problema que desde hace décadas compromete a la propia existencia humana. Requerimos introducir en las teorías económicas a un nuevo agente que reconozca la restricción ambiental y que entienda que el producto marginal es un fruto individual-social-ambiental, y de igual relevancia, a un gobierno genuinamente capaz de diseñar e instrumentar las políticas y específicamente los (des)incentivos adecuados para generar una economía sustentable, entre otras características.

Referencias

- [1] Arrow, K.J. (1948), “A formal theory of aggregation”, *Cowles Commission Discussion Paper*, 224.
- [2] Brand, U. et al. (2021), “From planetary to societal boundaries: an argument for collectively defined self-limitation”, *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 17(1), pp. 265-92.
- [3] Campos, J., Ericsson, N.R. y Hendry, D.F. (2005), “General-to-specific modeling: An overview and selected bibliography”, Board of Governors of the Federal Reserve System, *International Finance Discussion Papers*, Number 838.
- [4] Charemza, W.W. y Deadman, D.F. ([1992], 1999), *New Directions in Econometrics Practice: General to Specific Modeling, Cointegration and Vector Autoregression*, Edward Elgar.
- [5] Davidson, P. (1990-91), “A post keynesian positive contribution to theory”, *Journal of Post Keynesian Economics*, 2, pp. 298-303.
- [6] Davidson, R. y MacKinnon, J.G. (1981), “Several tests for model specification in the presence of alternative hypotheses”, *Econometrica*, 49(3), pp. 781-93, doi: <https://doi.org/10.2307/1911522>.
- [7] Deaton, A. y Muellbauer, J. ([1980], 2007), *Economics and Consumer Behavior*, 22 edición.
- [8] Durlauf, S.N., Johnson, P.A. y Temple, J.R.W. (2005), “Growth econometrics”, *Handbook of Economic Growth*, Ph. Aghion y S. Durlauf editores, Vol. 1A, Elsevier.
- [9] Gilbert, C.L. (1986), “Professor Hendry’s econometric methodology”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 48(3), pp. 283-307. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.1986.mp48003007.x>
- [10] Granger, C.W.J. (1987), “Implications of aggregation with common factors”, *Econometric Theory*, 3(2), pp. 208-22. doi: <https://doi.org/10.1017/s0266466600010306>

-
- [11] Guerrero, C. (2006), "Thirlwall's law with an emphasis on the ratio of exports/imports income elasticities in Latin American economies during the Twentieth Century", *Estudios Económicos*, 21(1), pp. 23-44.
- [12] Guterres, A. (2020a), "Armonía con la naturaleza. Informe del Secretario General", ONU.
- [13] Guterres, A. (2020b), "El cambio climático es más mortal que el coronavirus", <https://news.un.org/es/story/2020/03/1470901>.
- [14] Haavelmo, T. (1944), "The probability approach in Econometrics", *Econometrica*, 12(supplement), pp. iii-vi + 1-115. doi: <https://doi.org/10.2307/1906935>
- [15] Haavelmo, T. (1947), "Family expenditures and the marginal propensity to consume", *Econometrica*, 15, pp. 335-41. doi: <https://doi.org/10.2307/1905333>
- [16] Hamilton, J.D. (1994), *Time Series Analysis*, Princeton University Press.
- [17] Hendry, D.F. ([1993], 2000), *Econometrics, alchemy or science?*, OUP, nueva edición, primera edición 1993.
- [18] Hendry, D.F. (1980), "Econometrics, alchemy or science?", *Econometrica*, 47, pp. 387-406. doi: <https://doi.org/10.2307/2553385>
- [19] Lakatos, I. (1970), "Falsification and the methodology of scientific research programmes", editado por I. Lakatos y A. Musgrave, *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press.
- [20] Lequiller, F. y Blades, D. (2014), *Understanding National Accounts*, second edition, OECD Publishing.
- [21] Loría, E., Moreno-Brid, J.C., Salas, J. y Sánchez-Juárez, I. (2019), "Explicación kaldoriana del bajo crecimiento económico en México", *Revista Problemas del Desarrollo*, 196(50), pp. 3-26.
- [22] Maddala, G.S. (2001), *Introduction to Econometrics*, tercera edición, John Wiley & Sons, Gran Bretaña.
- [23] Moreno-Brid, J.C. y Pérez, E. (2003), "Liberalización comercial, y crecimiento económico en Centroamérica", *Revista de la CEPAL*, 81, pp. 157-84.
- [24] Patterson, K. (2000), *An Introduction to Applied Econometrics: a Time Series Approach*, Palgrave.
- [25] Pesaran, M.H. y Weeks, M. (2003), "Nonnested hypothesis testing: an overview", en *A Companion to Theoretical Econometrics*, Badi H. Baltagi editor, Blackwell Publishing, pp. 279-309.
- [26] Robinson, J. (1953), "The production function and the theory of capital", *The Review of Economic Studies*, 21(2), pp. 81-106. doi: <https://doi.org/10.2307/2296002>
- [27] Sharif, A., Baris-Tuzemen, O., Uzuner, G., Ozturk, I., y Sinha, A. (2020), "Revisiting the role of renewable and non-renewable energy consumption on Turkey's ecological footprint: Evidence from Quantile ARDL approach", *Sustainable Cities and Society*, 57(102138), pp. 1-12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102138>
- [28] Sims, C.A., (1980), "Macroeconomics and reality", *Econometrica*, 48(1), pp. 1-48. doi: <https://doi.org/10.2307/1912017>
- [29] Solow, R.M. (1956), "A contribution to the theory of economic growth", *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), pp. 65-94. doi: <https://doi.org/10.2307/1884513>
- [30] Solow, R.M. (1957), "Technical change and the aggregate production function", *Review of Economics and Statistics*, 39(3), pp. 312-20. doi: <https://doi.org/10.2307/1926047>
- [31] Solow, R.M. (1987), *Prize Lecture*, en línea.
- [32] Solow, R.M. (2005), "Reflections on growth theory", *Handbook of Economic Growth*, Ph. Aghion y S. Durlauf, editors, Vol. 1A, Elsevier.
- [33] Solow, R.M. (2008), "The state of macroeconomics", *Journal of Economic Perspectives*, 22(1), pp. 243-6.
- [34] Spanos, A. (1986), *Statistical Foundations of Econometric Modelling*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [35] Stock, J.H. y Watson, M.W. (2001), "Vector autoregressions", *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), pp. 101-15.

- [36] TechCrunch (2020), “Fiat Chrysler to start producing 1 million face masks a month”, TechCrunch, en línea.
- [37] Wackernagel, M., Beyers, B. y Rout, K. (2019), *Ecological Footprint: Managing Our Biocapacity Budget*, Kindle edition.

Anexo Estadístico

A continuación se presentan los resultados de las pruebas estadísticas para verificar el principio de adecuación de Aris Spanos (homocedasticidad, ausencia de autocorrelación serial, normalidad, linealidad, y estabilidad estructural); para implementar la metodología “de lo general a lo particular” de David F. Hendry, y para construir la propuesta de una especificación general según los criterios de selección de modelos (las pruebas *J*). Como descubrirá el lector en la mayoría de los casos los valores de los test fueron los esperados. Naturalmente evitamos la práctica de la “minería de datos” en su acepción negativa. Para obtener nuestras bases de datos –y así replicar nuestros ejercicios y claro está, mejorarlos– basta enviar un correo al autor.

Tabla 1A. Resultados de algunas pruebas aplicadas al modelo uniecuacional (14)

Supuesto	Prueba	Rezagos	Probabilidad de la H ₀
Heterocedasticidad	ARCH	2	0.9247
	White (con términos cruzados)	2	0.3196
Autocorrelación	DW		1.51
	Breusch-Godfrey	2	0.4581
Normalidad	Jarque-Vera		0.9112
Linealidad	Ramsey RESET (un término)		0.0246
Estabilidad	Coeficientes recursivos		✓
Ajuste	Coeficiente de determinación		0.994

Tabla 2A. Resultados de algunas pruebas aplicadas al modelo VAR con un rezago

Supuesto	Prueba	Rezagos	Probabilidad de la H ₀
Estabilidad	Raíz del VAR		0.9795
Heterocedasticidad	Conjunta (sin términos cruzados)		0.1929
Autocorrelación	LM	1	0.5029
		2	0.4819
Normalidad	Lütkepohl		0.0004

Tabla 3A. Resultados de algunas pruebas aplicadas al modelo uniecuacional (18)

Supuesto	Prueba	Rezagos	Probabilidad de la H0
Heterocedasticidad	ARCH	2	0.0831
	White (con términos cruzados)	2	0.7146
Autocorrelación	DW		0.72
	Breusch-Godfrey	2	0.0018
Normalidad	Jarque-Vera		0.3653
Linealidad	Ramsey RESET (un término)		0.0005
Estabilidad	Coefficientes recursivos		✓
Ajuste	Coefficiente determinación		0.982

Tabla 4A. Resultados de algunas pruebas aplicadas al modelo VAR con un rezago

Supuesto	Prueba	Rezagos	Probabilidad
Estabilidad	Raíz del VAR		0.9774
Heterocedasticidad	Conjunta (sin términos cruzados)		0.2733
Autocorrelación	LM	1	0.4263
		2	0.9675
Normalidad	Lütkepohl		0.0000

Tabla 5A. Resultados de algunas pruebas aplicadas al modelo uniecuacional (25)

Supuesto	Prueba	Rezagos	Probabilidad
Heterocedasticidad	ARCH	2	0.6427
	White (con términos cruzados)	2	0.0180
Autocorrelación	DW		1.97
	Breusch-Godfrey	2	0.7622
Normalidad	Jarque-Vera		0.6558
Linealidad	Ramsey RESET (un término)		0.6522
Estabilidad	Coefficientes recursivos		✓
	Coefficiente determinación		0.996

Tabla 6A. Resultados de algunas pruebas aplicadas al modelo uniecuacional (26)

Supuesto	Prueba	Rezagos	Probabilidad
Heterocedasticidad	ARCH	2	0.7148
	White (con términos cruzados)	2	0.1658
Autocorrelación	DW		2.02
	Breusch-Godfrey	2	0.7613
Normalidad	Jarque-Vera		0.4156
Linealidad	Ramsey RESET (un término)		0.8386
Estabilidad	Coefficientes recursivos		✓
	Coefficiente determinación		0.995

Tabla 7A. Resultados de algunas pruebas aplicadas a la modelo VAR (ecuación 27)

Supuesto	Prueba	Rezagos	Probabilidad
Estabilidad	Raíz		0.9807
Heterocedasticidad	Conjunta (sin términos cruzados)		0.3483
Autocorrelación	LM	1	0.0073
		2	0.2546
Normalidad	Lütkepohl		0.0080

Tabla 8A. Resultados de algunas pruebas aplicadas al modelo VAR (ecuación 28)

Supuesto	Prueba	Rezagos	Probabilidad
Estabilidad	Raíz		0.9672
Heterocedasticidad	Conjunta (sin términos cruzados)		0.6158
Autocorrelación	LM	1	0.2024
		2	0.5774
Normalidad	Lütkepohl		0.0006

Tabla 9A. Resultados de algunas pruebas aplicadas al modelo uniecuacional (29)

Supuesto	Prueba	Rezagos	Probabilidad
Heterocedasticidad	ARCH	2	0.7148
	White (con términos cruzados)	2	0.1642
Autocorrelación	DW		2.02
	Breusch-Godfrey	2	0.7613
Normalidad	Jarque-Vera		0.4156
Linealidad	Ramsey RESET (un término)		0.8386
Estabilidad	Coefficientes recursivos		✓
	Coefficiente determinación		0.995

Tabla 10A. Resultados de algunas pruebas aplicadas a la modelo VAR contenido en (30)

Supuesto	Prueba	Rezagos	Probabilidad
Estabilidad	Raíz		0.9824
Heterocedasticidad	Conjunta (sin términos cruzados)		0.2910
Autocorrelación	LM	1	0.0238
		2	0.0374
Normalidad	Lütkepohl		0.0001

Tabla 11A. Resultados de algunas pruebas aplicadas a la modelo VAR contenido en (31)

Supuesto	Prueba	Rezagos	Probabilidad
Estabilidad	Raíz		0.9815
Heterocedasticidad	Conjunta (sin términos cruzados)		0.3717
Autocorrelación	LM	1	0.0400
		2	0.0406
Normalidad	Lütkepohl		0.0034