

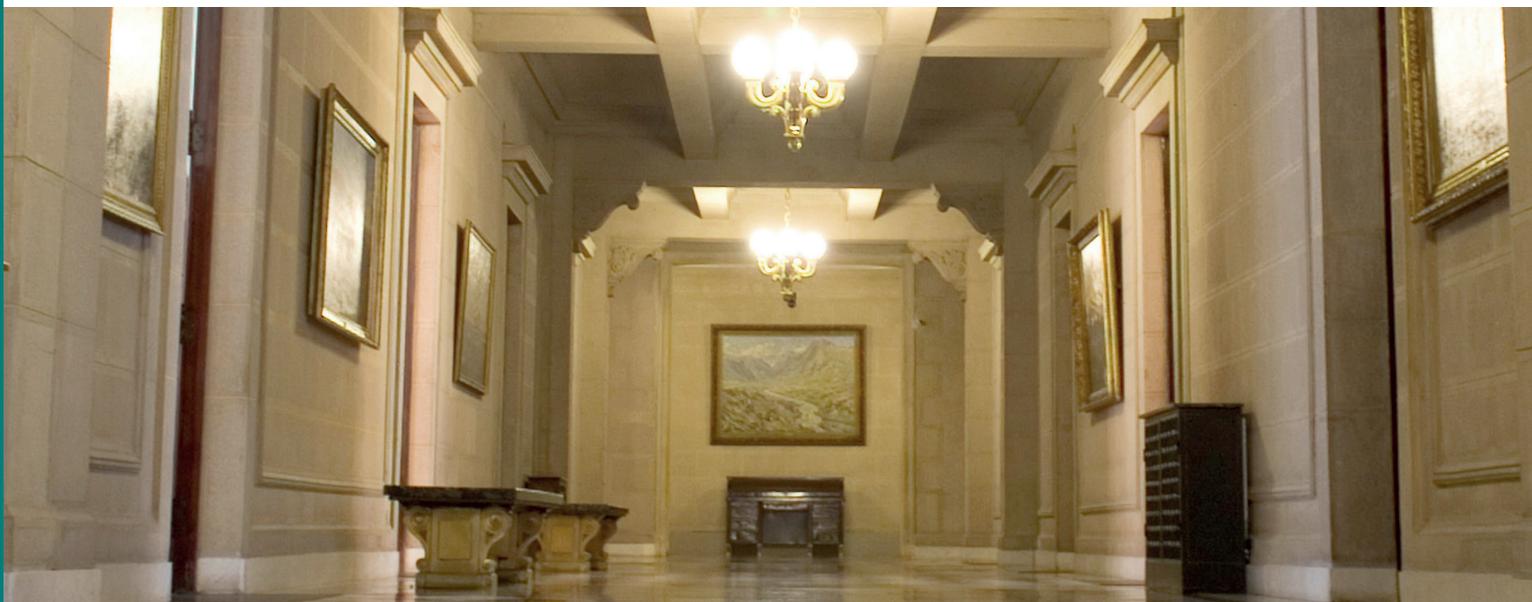
DOCUMENTOS DE POLÍTICA ECONÓMICA

Crecimiento Económico y Biodiversidad:
Algo Tiene que Ceder

Elías Albagli
Joaquín Vial

N.º 70 Enero 2022

BANCO CENTRAL DE CHILE





**BANCO CENTRAL DE CHILE
CENTRAL BANK OF CHILE**

La Serie de Documentos de Política Económica, del Banco Central de Chile, divulga el pensamiento de las autoridades de la institución sobre la economía chilena y la conducción de la política monetaria. Esta Serie es una instancia de difusión y discusión de tópicos relevantes para los objetivos y el accionar del Banco Central, dirigida a un público más amplio que el de los especialistas.

The Series of Economic Policy Papers of the Central Bank of Chile presents views and analyses of the Chilean economy and the conduct of monetary policy prepared by Bank authorities. This series, aimed at the general public, disseminates and discusses topics that are relevant to the goals and operations of the Central Bank.

Documentos de Política Económica del Banco Central de Chile
Economic Policy Papers of the Central Bank of Chile
ISSN 0717-7151

Agustinas 1180, Santiago, Chile
Teléfono: (56-2) 3882475; Fax: (56-2) 38822311

Crecimiento Económico y Biodiversidad: Algo Tiene que Ceder

Elías Albagli y Joaquín Vial¹

Resumen

La actividad económica mundial impulsada por el crecimiento explosivo de la población y del nivel de vida desde finales del siglo XVIII ha alcanzado niveles inéditos desde una perspectiva de largo plazo. Igualmente asombroso ha sido el ritmo de degradación medioambiental causada por esta expansión. Según escenarios de la Red de Bancos Centrales y Supervisores para Enverdecer el Sistema Financiero (NGFS en inglés), una estrategia exitosa de mitigación del cambio climático —la dimensión más conocida de dicha degradación— no afectaría materialmente el nivel de PIB mundial a largo plazo, constituyendo principalmente un problema de riesgos, cuya gestión exitosa permitiría apuntar a un crecimiento esperado similar. Este artículo examina evidencia reciente sobre pérdida de biodiversidad y degradación de ecosistemas, dimensiones igualmente importantes, pero más desconocidas de la crisis medioambiental. Cálculos sencillos sugieren que detener sus alarmantes tendencias implicará no solamente gestionar riesgos, sino que también ajustar las expectativas sobre las posibilidades de crecimiento económico y demográfico futuro. Este contraste debería recibir una atención especial a medida que se amplíe el enfoque de la modelización ambiental-económica en general, y el trabajo seminal de la NGFS en particular, para incluir la biodiversidad en el análisis macrofinanciero. También presentamos nueva evidencia consistente con el importante rol del crecimiento poblacional en el impacto negativo de la actividad económica sobre la biodiversidad, especialmente desde la segunda mitad del siglo XX. Esto sugiere que territorios ricos en biodiversidad, pero pobres y en las primeras fases de la transición demográfica, serán el principal campo de batalla para la preservación del capital natural.

1. Introducción

Los escenarios climáticos de la NGFS recientemente publicados abarcan trayectorias muy divergentes en cuanto a emisiones, clima e impactos económicos, dependiendo del grado de ambición política y de coordinación internacional. Sin embargo, salvo que se crucen puntos de no retorno en las próximas décadas, los escenarios con reducciones significativas de CO₂ (por ejemplo, el escenario "NZ 2050", en NGFS 2021) ofrecen trayectorias factibles hacia un futuro de bajo nivel de calentamiento global, donde al mismo tiempo la población y el nivel de vida hacia el final del siglo no difieren significativamente de un "escenario de referencia" que ignora las interrelaciones

¹ Joaquín Vial: Vicepresidente, Banco Central de Chile. Elías Albagli: Gerente de División de Política Monetaria, Banco Central de Chile. Agradecemos a los miembros del GT5 de la NGFS que participaron en la elaboración del Informe Provisional: "Biodiversidad y Estabilidad Financiera", por sus útiles comentarios, y a Gent Bajraj, Andrea Mostajo y Juan Marcos Wlasiuk por sus muchas ideas y excelente asistencia en la investigación. El trabajo representa sólo el punto de vista de los autores y no necesariamente el del Consejo del Banco Central de Chile.

económico-ambientales. La idea clave que subyace a este resultado es que la descarbonización involucra principalmente la reconversión de la matriz energética del mundo hacia tecnologías renovables. Si bien una transformación ambiciosa puede ser costosa en el corto plazo, no tiene por qué afectar materialmente el PIB mundial a largo plazo. Sin embargo, implicará riesgos físicos y de transición para los hogares, las empresas, los gobiernos y el sistema financiero. En este sentido, el cambio climático en un escenario en el cual los países cumplen sus actuales contribuciones determinadas a nivel nacional es sobre todo un problema de *segundo momento*: gestionar los riesgos, mientras se aspira a obtener resultados de crecimiento similares hacia fines de siglo. Por cierto, si estos riesgos no se gestionan adecuadamente, la catástrofe climática cambiará dramáticamente el destino de la Humanidad y de la vida en el planeta.

Sin embargo, la creciente y bienvenida preocupación por el cambio climático ha oscurecido una emergencia medioambiental igual o más urgente: la degradación de la naturaleza y la pérdida de biodiversidad (E. O. Wilson, 2002). Desde una perspectiva puramente antropocéntrica, la biodiversidad es esencial para los “servicios ecosistémicos” que presta la naturaleza, muchos de los cuales recibimos de forma gratuita y a menudo damos por sentados (Dasgupta, 2021). Como documentan IPBES (2019) y muchos otros, el crecimiento exponencial de la población y el consumo per cápita ha causado un daño exponencial en la naturaleza, y la ventana para detener y revertir el daño a la biodiversidad se está cerrando a pasos agigantados (Rockström et al., 2009). Si bien la medición de esos servicios y de su contribución al bienestar material de las personas es difícil de identificar, su destrucción atenta contra la capacidad de los ecosistemas para sostener la vida en general, lo que más tarde o más temprano, pondrá en riesgo la supervivencia de la Humanidad.

Hay tres aspectos clave que contribuyen al desconocimiento de este problema. Primero, a la hora de formar percepciones, tendemos a sobre ponderar el pasado más reciente y prácticamente ignoramos la historia más larga del desarrollo humano. Este sesgo oculta el hecho de que la población humana y el crecimiento económico de los dos últimos siglos han sido absolutamente sin precedentes. Nuestra incapacidad para reconocer esto contribuye a una actitud de “*business as usual*” hacia el daño ambiental: hemos estado haciendo esto durante mucho tiempo, y la naturaleza ha estado bien. *¿Por qué esta vez es diferente?* Segundo, la alienación de la naturaleza producto de la creciente urbanización mantiene estos problemas fuera de nuestro radar: la mayoría de las personas simplemente desconoce hasta qué punto se han degradado la naturaleza y la biodiversidad. La desestimación del impacto humano en la naturaleza entre economistas y ministerios de economía y finanzas, por sus consecuencias en decisiones de política pública, es especialmente preocupante (Dasgupta, 2021).

En tercer lugar, si bien el conocimiento científico ha avanzado en documentar la pérdida de biodiversidad, aún no existe suficiente evidencia para estimar su impacto en nuestros procesos productivos y bienestar. El hecho de que empecemos a pensar en la colonización de otros mundos, totalmente desprovistos de la naturaleza que conocemos, también contribuye a dar la impresión de que tal vez la humanidad pueda sobrevivir e incluso prosperar independientemente del estado de la naturaleza. Estas razones dificultan la asignación de incluso escasos recursos para la protección de la naturaleza, en comparación con el creciente apoyo político y económico para mitigar las consecuencias del cambio climático.

En el contexto del Informe de la NGFS sobre la Biodiversidad y la Estabilidad Financiera (NGFS, de próxima publicación), este documento contribuye a reducir la brecha de percepción en torno a estas cuestiones esenciales. Al hacerlo, sugiere que evitar los *puntos de no retorno* de la biodiversidad y la degradación ecosistémica podría requerir ajustar en forma significativa las perspectivas de crecimiento poblacional y de niveles de vida, en comparación con los escenarios de cambio climático benigno antes mencionados.

En la sección 2 del documento, reconstruimos las medidas del PIB mundial durante el Holoceno (desde 10.000 A.C), para facilitar la apreciación de la asombrosa velocidad del crecimiento económico desde la Revolución Industrial. A continuación, la sección 3 examina la evidencia reciente sobre los daños causados por la actividad humana en los ecosistemas y la biodiversidad, y la altamente incierta ciencia de predecir los *puntos de no retorno* ecosistémicos que afectarían de modo irreversible el bienestar de las generaciones futuras. También se analiza cómo los diferentes enfoques de medición se unen conceptualmente bajo la noción de *capital natural*.

En la sección 4, exploramos qué componente del crecimiento del PIB —PIB per cápita, vs. crecimiento poblacional— contribuye más a la pérdida de biodiversidad, encontrando evidencia a favor de este último. Sobre la base de estos hechos, la sección 5 esboza la coherencia de las diferentes trayectorias de crecimiento con la consecución de los objetivos de conservación de la biodiversidad. Para ajustar las expectativas del lector, desde ya advertimos que las trayectorias de crecimiento analizadas son ejercicios puramente contables, desprovistos de estructura de modelación. Su intención es dar órdenes de magnitud a las siguientes preguntas:

¿Cuáles son las estimaciones "de referencia" del crecimiento del PIB per cápita mundial y población que ignoran las interacciones económico-ambientales? Aunque las cifras de crecimiento pueden resultar familiares, *hacer los cálculos* sobre sus implicancias para el nivel del PIB hacia fin de siglo es aleccionador acerca de la viabilidad de tales trayectorias. Por ejemplo, en un escenario intermedio, el PIB mundial se multiplicaría *cinco veces* hacia 2100, incluyendo un aumento poblacional de 3.000 millones (una adición equivalente al tamaño de la población mundial en 1960), mientras el PIB per cápita mundial crecería a 3,6 veces el nivel actual.

Dadas las tendencias de biodiversidad y degradación ecosistémica, ¿son factibles estos escenarios con la actual *eficiencia del capital natural* –intensidad de uso de la naturaleza para generar actividad económica? La evidencia de la sección 3 sugiere firmemente que la respuesta es *No*.

¿Qué tan rápido debe crecer la eficiencia del capital natural para acercarse a los escenarios de crecimiento de referencia, evitando los *puntos de no retorno* de la naturaleza? Si bien es difícil responder en forma precisa esta pregunta con el estado actual de la modelación económico-ambiental, simples ejercicios sugieren que la respuesta es: *extremadamente rápido* --un orden de magnitud más rápido que el crecimiento estimado para esta eficiencia en los últimos 60 años.

¿Qué escenarios son factibles, con incrementos moderados en la eficiencia del capital natural, para evitar profundizar los daños a la biodiversidad y a los servicios de los ecosistemas? Esta pregunta describe la situación más probable a la que nos enfrentaremos en el futuro dentro de los límites que impone la preservación de la naturaleza, dada una trayectoria de la transición demográfica como la proyectada por Naciones Unidas, y suponiendo aumentos moderados en la eficiencia del capital natural. Ellas todavía podrían permitir tasas de crecimiento económico

positivas, pero bastante más moderadas de lo que consideran proyecciones de crecimiento “normales”. Si bien no aventuraremos una respuesta definitiva, el principal objetivo del documento es motivar investigación que permita abordar esta incertidumbre clave de cara al futuro.

En resumen, los sencillos cálculos aquí presentados sugieren que detener la degradación de la biodiversidad puede ser tanto o más consecuente para el crecimiento de largo plazo que frenar el cambio climático: la transición implicará riesgos, pero incluso una gestión exitosa de éstos podría requerir ajustar nuestras expectativas de crecimiento poblacional y estándares de vida para mantener a la humanidad dentro de un espacio operativo seguro.

2. Crecimiento económico durante el Holoceno: *gradualmente, luego de súbito*

Situar el ritmo actual de crecimiento económico en la perspectiva adecuada requiere mirar el pasado lejano. El trabajo pionero de Angus Maddison (Maddison, 2007) y sus seguidores en el Proyecto Maddison de la Universidad de Groningen ha permitido importantes avances en la difícil tarea de estimar la población humana y los estándares de vida muy atrás en el tiempo. Esta sección revisa las principales estimaciones en la literatura para aproximar estas variables.

2.1 Crecimiento de la población durante el Holoceno

Estimaciones de población en el pasado lejano son proporcionada por el proyecto Hyde (ver Goldewijk et al., 2017), una base de datos que incluye estimaciones de población y otros indicadores para informar la reconstrucción del cambio de uso del suelo y sus impactos ambientales durante el Holoceno (desde el año 10.000 A.C.) en las principales regiones del mundo. Aquí nos concentramos en las estimaciones de la población, reproducidas en el gráfico 1.

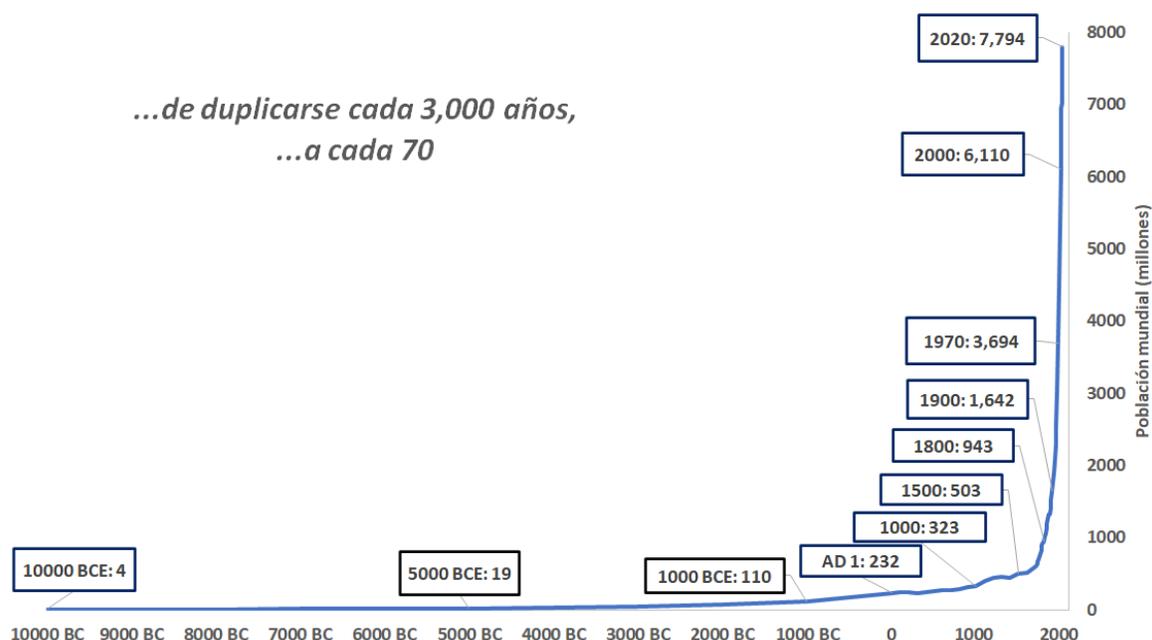
Varios hechos merecen la pena de ser resaltados. Primero, en comparación con las cifras modernas, las tasas de crecimiento de la población eran extremadamente bajas al principio del Holoceno, apenas de 0,02-0,03% al año entre 10.000 y 5.000 a.C. De hecho, con las tasas de crecimiento estimadas para el 10.000 A.C., la población mundial se duplicaba cada 3.000 años. Como lo han analizado en forma amplia muchos autores, esto se debe principalmente a la alta prevalencia de la mortalidad infantil, así como a la menor esperanza de vida de los adultos (Maddison, 2007; Volk y Atkinson, 2013).² En efecto, según los datos del proyecto HYDE, el crecimiento promedio de la población fue de apenas un 0,04% anual entre 10.000 a.C. y 1 d.C., y no aumentó mucho hasta la Baja Edad Media (siglo X, aproximadamente), creciendo solo 0,05% anual en promedio entre los años 1 d.C. y 1.500 d.C.

En segundo lugar, si bien la resolución temporal de los primeros 10.000 años del Holoceno impide una imagen más clara de las fluctuaciones de la población, la frecuencia de 100 años después 1 d.C. es suficientemente alta para capturar episodios de declives poblacionales, vinculados a acontecimientos sociopolíticos importantes en los principales centros de población --la crisis de las

² Por ejemplo, los estudios recopilados por Volk y Atkinson (2013), que comienzan alrededor del año 400 a.C., muestran un promedio de estudios cruzados sobre la tasa de mortalidad infantil (antes de 1 año de edad) de 27%, y para la tasa de mortalidad juvenil (antes de 15 años de edad) de 46%.

dinastías romana y Han del siglo III—, las condiciones climáticas cambiantes --incluido el período de calentamiento medieval entre 900-1300, durante el cual la población europea casi se duplicó--, y las plagas --como la peste antoniana del siglo II d.C. o la peste negra a mediados del siglo XIV.

Gráfico 1: Estimaciones de la población mundial durante el Holoceno



Fuentes: Base de datos del proyecto HYDE para el período 10.000 a.C. - 2017 (resolución estimada: cada 1.000 años hasta el 1 d.C.; cada 100 años entre el 1 d.C. y 1700; cada 10 años entre 1700 y 2000; anualmente desde 2000. 2018-2020 dada por las *Perspectivas de la población mundial* de la ONU, 2019.

En tercer lugar, hay una marcada aceleración en el crecimiento de la población que se inicia durante el siglo XVIII (tasa promedio de crecimiento anual entre 1700 y 1800: 0,47%), que aumenta durante el XIX (tasa promedio 1800-1900: 0,56%) y prácticamente se duplica durante el XX (tasa promedio 1900-2000: 1,3%). Estas tasas son especialmente altas, superando incluso el 2% anual, en torno a 1960-70, tras la expansión demográfica del *baby boom*. Como documentan varias fuentes, la explosión demográfica del siglo XX se basa en avances socioeconómicos y científicos importantes, incluidos descubrimientos esenciales en la productividad agrícola, los logros de la revolución médica, así como la mayor higienización de las ciudades y los hogares. Estos factores contribuyeron a reducir drásticamente las tasas de mortalidad infantil y a aumentar la esperanza de vida de los adultos (ver Fogel, 2004; y Gordon, 2016, y numerosas referencias en ellos).

Si bien las tasas de crecimiento poblacionales actuales están comenzando a desacelerarse, ello no será suficiente para estabilizar el tamaño de la población mundial antes de fines de este siglo. Aunque las tasas de fertilidad están cayendo por debajo de las tasas de reemplazo (2,1 hijos por mujer) en China y los países más dinámicos de Asia, al igual que en la mayor parte de América Latina, muchos países de África y Asia —algunos de ellos con poblaciones muy grandes, están aún por encima de dichas tasas.

En resumen, mientras la población se duplicaba cada 2-3 mil años al comienzo del Holoceno, hoy lo hace cada 70 años. Estas sorprendentes implicancias de las tasas de crecimiento compuesto se amplificarán aún más al agregar las tendencias recientes de los niveles de vida per cápita.

2.2 Niveles de vida durante el Holoceno

Si bien la evidencia citada permite una estimación razonable de la población desde el inicio del Holoceno, la tarea es mucho más desafiante al intentar aproximar la evolución de los estándares de vida, al menos con la precisión con la que nos hemos familiarizado desde la publicación de la primera serie de Cuentas Nacionales. Sin embargo, basados en fuentes arqueológicas, así como registros administrativos e históricos, los principales historiadores económicos sostienen que es razonable suponer tasas de crecimiento del nivel de vida per cápita extremadamente bajas desde el comienzo del Holoceno hasta las últimas décadas del siglo XVIII. De hecho, muchas fuentes suponen simplemente un crecimiento per cápita nulo entre el año 1 y el 1000, y tasas de crecimiento minúsculas (del orden del 0,05-0,1 por ciento) entre 1000 y principios del 1800.³

Por supuesto, el progreso tecnológico no es exclusivo del mundo postindustrial, y muchas transiciones entre subperíodos clave del Holoceno de hecho se definen por innovaciones en la capacidad de los seres humanos de extraer productos de la naturaleza. Entre ellos se encuentran el Neolítico, la revolución agrícola (8.000-4.000 a.C.), la aparición de los primeros estados en Eurasia (4.000-2.000 a.C.), la Edad del Bronce (3.000-1.000 a.C.) y la Edad del Hierro (1.000 a.C.-400 d.C.).⁴ En efecto, durante el periodo medieval hay abundante evidencia de mejoras tecnológicas en los métodos agrícolas, que permitieron tanto un aumento en los rendimientos de las tierras cultivadas como una progresiva expansión hacia zonas más marginales.

Sin embargo, por lo que se desprende de las fuentes citadas, tales mejoras sirvieron principalmente para aumentar la población, no el nivel de vida. Cuando se mide los niveles de vida del campesino promedio de la Europa medieval tardía o de China en términos de resultados sanitarios (mortalidad infantil, esperanza de vida, calidad nutricional), calidad de la vivienda, transporte, vestimenta, implementos para la vivienda, etc., ellos no eran muy distintos de los del agricultor promedio de principios del Imperio Romano, que a su vez vivía de forma bastante similar a su par en Egipto justo antes del colapso de la Edad del Bronce, y así sucesivamente hacia atrás. Cada vez había más personas, pero no vivían mejor, al menos según estas métricas comunes. En otras palabras, la teoría desarrollada por Malthus (1798), según la cual cualquier mejora en los niveles de vida se diluiría tarde o temprano en la alimentación de poblaciones más grandes, parece aplicarse notablemente a la antigüedad. Más aún, como se muestra en el cuadro 1, sigue aplicándose hasta el inicio de la Revolución Industrial, ya que las tasas de crecimiento del PIB per cápita se mantienen en 0,1% o menos, *un orden de magnitud* inferior a las impresionantes tasas de crecimiento que comenzaron a materializarse en los siglos XIX y XX.

³ Ver Maddison (2007), así como Morris (2010) y Piketty (2014) para numerosas referencias y una descripción de los enfoques metodológicos para estimar el PIB per cápita desde el principio del Imperio Romano.

⁴ Se trata de fechas aproximadas, ya que incluso los puntos de inflexión gruesos de la adopción tecnológica son sustancialmente diferentes entre las regiones del mundo. La cronología mencionada aquí se basa en Brooke, 2014.

El cuadro 1 resume las tasas de crecimiento del PIB per cápita estimadas desde el año 1 de nuestra era hasta la actualidad, lo que confirma la extraordinaria aceleración del nivel de vida en los últimos 200 años. Si bien estas tasas han comenzado a desacelerarse en las últimas décadas, subrayar este aspecto de las cifras parece de segundo orden respecto del principal mensaje: a lo largo del *Holoceno*, los niveles de vida de la humanidad nunca crecieron tan rápido como desde la Revolución Industrial, tendencia que continúa hasta el presente pese a la muy modesta desaceleración reciente. Aunque se trata de un relato conocido, merece la pena reflexionar sobre lo que implica esta aceleración de las tasas de crecimiento desde el siglo XIX para el *nivel del PIB per cápita*. En resumen, el ser humano promedio del planeta disfruta hoy de un nivel de vida alrededor de 20 veces superior al que tenía a principios de la era común, y, además, esta evolución es muy reciente.

Cuadro 1: estimación de las tasas de crecimiento mundial per cápita, 1 d.C. – 2021

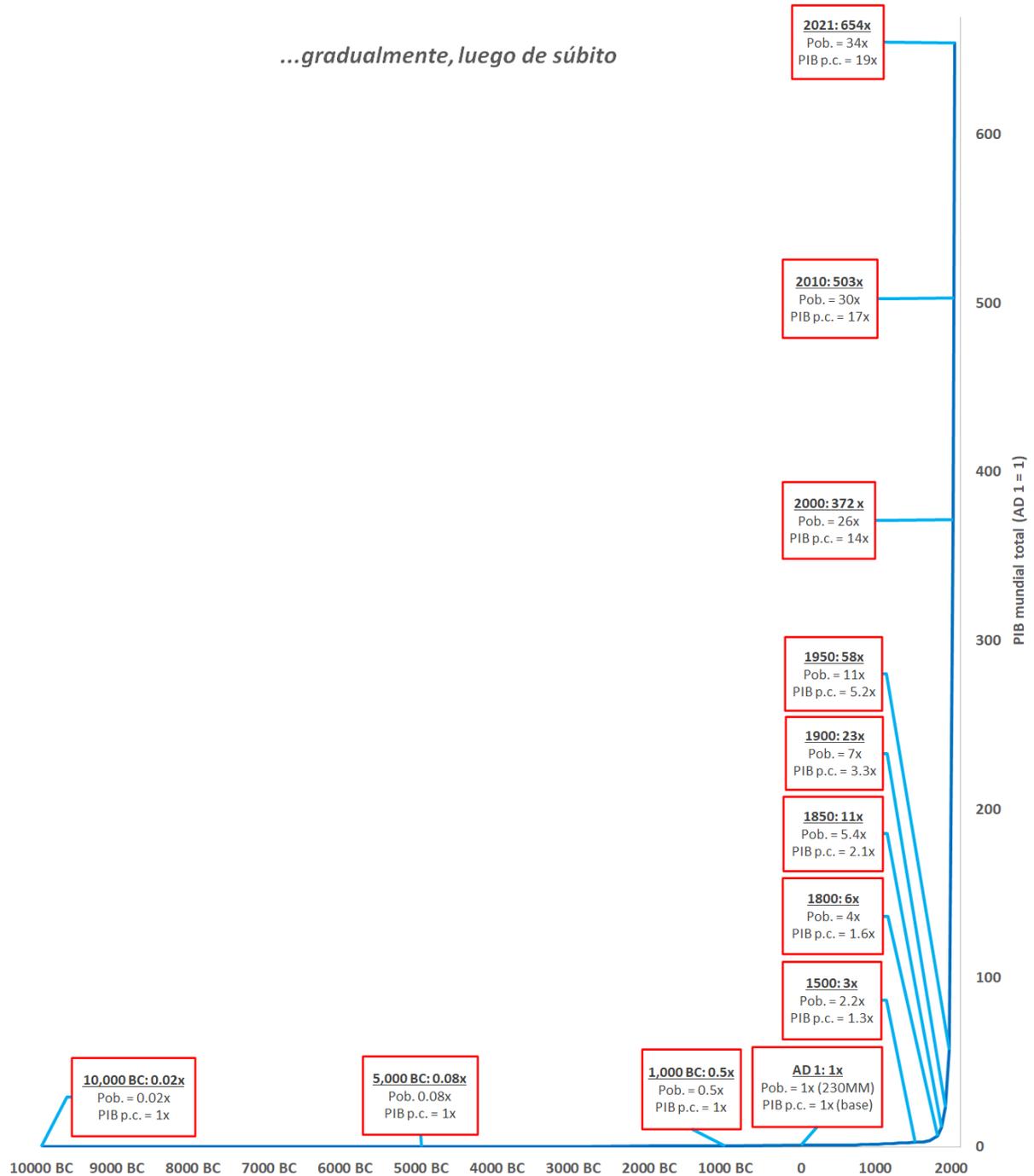
| Período | Crecimiento per cáp. (promedio anual) | Crecimiento per cap. acumulado (veces valor inicial) |
|------------|--|---|
| 0-1000 | 0,00 | 1 |
| 1000-1500 | 0,05 | 1 |
| 1500-1700 | 0,05 | 1 |
| 1700-1820 | 0,10 | 2 |
| 1820-1913 | 0,90 | 4 |
| 1913-1950 | 0,85 | 5 |
| 1951-1970 | 2,10 | 9 |
| 1971-1990 | 1,65 | 12 |
| 1991-2010 | 1,45 | 17 |
| 2011-2021* | 1,39 | 19 |

Fuente: cálculos propios a partir de las tasas de crecimiento per cápita de Piketty (2014) desde el año 1 d.C. hasta 1970; Indicadores Económicos Mundiales (Banco Mundial) entre 1971 y 2020, y proyecciones de Perspectivas de la Economía Mundial (FMI) para 2021. El PIB acumulado per cápita está normalizado a 1 en los niveles del año 1 d.C.

2.3 PIB mundial total durante el Holoceno

El gráfico 2 muestra la evolución del PIB mundial total que se desprende del análisis anterior, simplemente multiplicando la población mundial total por las estimaciones del PIB per cápita. Para facilitar la comparación, el PIB total se normaliza a 1 en el año 1 D.C. Por ejemplo, al comparar la población mundial estimada en 4 millones de habitantes en 10.000 D.C. con los 230 millones en 1 D.C., y dado el supuesto de niveles de PIB per cápita casi constantes, la producción total en esa época se estima en aproximadamente 2% (0,02 veces) el nivel del año 1 de la era actual.

Gráfico 2: PIB mundial a lo largo del Holoceno (normalizado al año 1 d.C.=1)



Fuentes: cálculos propios, utilizando el proyecto de Hyde para la población, tasas de crecimiento per cápita en Piketty (2014) desde el año 1 hasta 1970; Indicadores Económicos Mundiales (Banco Mundial) entre 1971-2020, y proyecciones de Perspectivas de la Economía Mundial (FMI) para 2021. La producción mundial se normaliza a 1 en el año 1 d.C.

Más cerca del presente, la cifra revela una vez más la implacable lógica de las tasas de crecimiento compuesto durante los últimos 200 años: mientras que en 1800 se estimaba que el PIB mundial había crecido a algo más de 6,4 veces los niveles del año 1 D.C. —esencialmente a través de la expansión de la población—, hacia 1900 ya se había multiplicado casi *por cuatro*, alcanzando 24 veces el nivel de 1 D.C. Luego, las asombrosas tasas de crecimiento poblacional y de PIB per cápita durante el siglo XX implicaron una expansión del PIB mundial de *dieciséis veces* (!) en solo 100 años, hasta alcanzar nada menos que 372 veces los niveles del año 1 d.C. Es más, solo en los últimos 20 años, el PIB se ha vuelto a duplicar, creciendo hasta la casi absurda cifra de *648 veces* respecto a nuestro punto de referencia. Así es. En la actualidad, según los datos recogidos por los historiadores económicos, el tamaño de la población humana es 34 veces mayor, y el consumo humano de bienes y servicios per cápita unas 19 veces mayor, desde el inicio de la era común. A continuación, nos referiremos a las consecuencias aleccionadoras que esta expansión ha tenido en la naturaleza.

3. Medición de la degradación de la naturaleza

Durante la mayor parte del Holoceno el impacto de la expansión de la Humanidad tuvo efectos acotados sobre el medio ambiente, los que además fueron de carácter local, pero suficientemente significativos como por ir acompañado por la extinción de la Megafauna. Incluso a comienzos del Siglo XX todavía la biósfera podía acomodar el crecimiento exponencial de la población y de sus condiciones materiales de vida. Sin embargo, en la segunda mitad del siglo el retroceso de la Naturaleza se ha vuelto indesmentible ante la acumulación de su impacto,⁵ llevando a crecientes esfuerzos por medir los efectos de la actividad humana sobre el medio ambiente.

3.1 Consideraciones conceptuales en la medición del estado de la naturaleza

Existen varias formas de medir el estado de la naturaleza y evaluar el impacto de la actividad humana. Una primera aproximación desarrollada por el *Global Footprint Network* se basa en la comparación de los flujos de extracción (la huella ecológica) con la capacidad de regeneración de los ecosistemas productivos (biocapacidad). Una de las principales virtudes de este método es que las actividades económicas humanas se pueden vincular directamente con una métrica estandarizada (hectáreas globales) que luego puede agregarse en diferentes unidades espaciales.

Un segundo enfoque se basa en la medición del estado de la naturaleza, incluidas las condiciones de los diferentes ecosistemas (por ejemplo, la conservación del hábitat para apoyar la biodiversidad; GEO BON, 2015), o medidas directas de biomasa de especies (WWF, 2020). Cuando se comparan a lo largo del tiempo, estas medidas son probablemente la mejor aproximación sobre la manera en que las actividades económicas humanas están degradando la naturaleza. Muchas de estas medidas también informan el esfuerzo global para la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas liderado por el *Convenio sobre la Diversidad Biológica* (CDB) de las Naciones Unidas, cuyo emblemático Informe de Evaluación Global de la IPBES (2019) sirve como insumo para monitorear

⁵ Meadows et al. (1972) dieron un fuerte campanazo de alerta que tuvo repercusión mundial, al rescatar el argumento Malthusiano de que la acumulación de aumentos exponenciales en las demandas sobre un ecosistema cerrado era materialmente insostenible.

los avances globales hacia el cumplimiento de las Metas de Biodiversidad de Aichi (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2020).

Un tercer enfoque mide el estado de la naturaleza mediante la *valoración directa de los servicios ecosistémicos* que recibe la humanidad, incluidos aquellos de aprovisionamiento, regulación y mantenimiento, y los servicios culturales. El valor presente descontado de dichos servicios, que depende del estado de los diferentes ecosistemas y de la imputación de "precios sombra" adecuados que permitan corregir por externalidades, constituye la noción de *capital natural* (ver Dasgupta 2021, y ONU 2021). El enfoque de valoración del capital natural tiene un enorme valor al proveer una métrica comparable para abordar los aspectos multidimensionales de la naturaleza y los beneficios que nos brinda.

La mayoría de los intentos anteriores para medir el capital natural, liderados por el Banco Mundial, se centraron en un concepto más limitado que enfatizaba insumos naturales de más fácil medición como minerales, agua, fauna marina y madera. Si bien sigue siendo útil, especialmente para evaluar el crecimiento económico potencial en países ricos en recursos, este enfoque subestima gravemente el impacto de la actividad humana en la naturaleza, por lo que las mejores prácticas para contabilizar el capital natural han convergido al concepto más amplio de servicios ecosistémicos. Sin embargo, el *capital natural* sigue siendo hoy un concepto abstracto dado los enormes desafíos prácticos de medición que representa (Banco Mundial, 2018), siendo pocos los países que han elaborado métricas coherentes.⁶

Cada uno de estos enfoques tiene ventajas y limitaciones, pero juntos se complementan para ofrecer una imagen inequívoca del impacto de la actividad humana en la naturaleza. Como bien resume IPBES (2019) "*La humanidad es ahora una influencia dominante sobre la naturaleza en todo el mundo, y muchos impactos se han acelerado rápidamente en el siglo XX... Gran parte de la naturaleza ya se ha perdido, y lo que queda sigue deteriorándose*"⁷. A continuación, resumimos brevemente las conclusiones clave que se desprenden de cada enfoque.

3.2 Resumen de las métricas clave de la naturaleza

Flujo de extracción frente a la capacidad de regeneración: el Proyecto de la Huella Global

El proyecto de la huella global (Wackernagel y Beyers, 2019), se pregunta: ¿cuánta naturaleza usan las actividades humanas cada año? La respuesta a esta pregunta se denomina *huella ecológica* (demanda). Y luego: ¿cómo se compara con la disponibilidad de recursos naturales, dada la capacidad de la naturaleza de regenerarse de forma sostenible? Esto se denomina *biocapacidad* (oferta). La diferencia entre huella ecológica y biocapacidad, si es positiva, se denomina *rebasamiento* (*overshoot*, en Inglés).

A continuación, resumimos los principales aspectos metodológicos. Comenzando con *biocapacidad* (oferta), la superficie total de la tierra es de unos 51.000 millones de hectáreas. Sobre la base de

⁶ El *Natural Capital Committee* (Comité del Capital Natural) del Reino Unido (2020) proporciona quizás la etapa más avanzada de planificación hacia la inclusión del Capital Natural en las Cuentas Nacionales, según el marco contable propuesto por el Sistema de Contabilidad Económico-Ambiental de las Naciones Unidas -- Contabilidad de Ecosistemas (ONU, 2021).

⁷ Ver el capítulo 2 del informe: Situación y tendencias –Naturaleza.

mapas de vegetación y estimaciones de los ecosistemas productivos marinos, el proyecto de la huella global estima que aproximadamente $\frac{1}{4}$ de la superficie de la tierra puede ser aprovechada de alguna manera para el uso humano, lo que supone unos 12.000 millones de hectáreas de superficie global (terrestre y marina), mostrando un nivel "promedio" de productividad por hectárea. Por supuesto, las diferentes áreas muestran una biocapacidad muy diversa: los bosques tropicales regeneran madera, nutrientes y agua dulce mucho más rápido que la misma superficie de bosques. Por lo tanto, la metodología asigna diferentes *factores de equivalencia* para comparar la biocapacidad entre distintos ecosistemas, y también aplica diferentes *factores de rendimiento* que convierten las productividades del mismo tipo de ecosistema en diferentes condiciones (por ejemplo, un bosque degradado tendrá menos biocapacidad que uno de clasificación idéntica, pero en mejores condiciones). Los factores de equivalencia y rendimiento se expresan en términos de hectáreas productivas promedio, denominadas hectáreas globales, de modo que una hectárea de bosque tropical se medirá como varias veces la hectárea global, mientras que una región alpina donde la capacidad de regeneración es baja probablemente se situará por debajo de una hectárea global. La parametrización de los factores de equivalencia y de rendimiento garantizan que, en conjunto, la biocapacidad del mundo corresponde a los 12.000 millones de hectáreas disponibles (al año 2017), por construcción.

La *huella ecológica* (demanda) se calcula sumando todos los usos que la humanidad extrae de esta área productiva, considerando distintas intensidades dependiendo de actividades específicas, así como los usos competitivos de la actividad humana sobre la naturaleza. Por ejemplo, si la superficie forestal se tala o se quema para cultivar a un ritmo más rápido del que puede regenerarse, la huella ecológica vinculada a los servicios forestales de ese país superará su biocapacidad. Otros grandes contribuyentes a la huella ecológica son las emisiones de CO₂, contabilizadas por la metodología como el mayor componente de la demanda, que asciende en las estimaciones de 2017 a 12.700 millones de hectáreas de huella ecológica, aproximadamente el 60% del total. Esto significa que el nivel actual de emisiones de CO₂, por sí mismo, ya supera la biocapacidad total del planeta. Al sumar la amplia variedad de otros usos, la huella total asciende a unos 20.000 millones de hectáreas. En concreto, el ciudadano medio del mundo consume más de lo que la tierra puede regenerar. ¿Cuánto más? Aproximadamente 1,75 veces más (según estimaciones de 2017).⁸

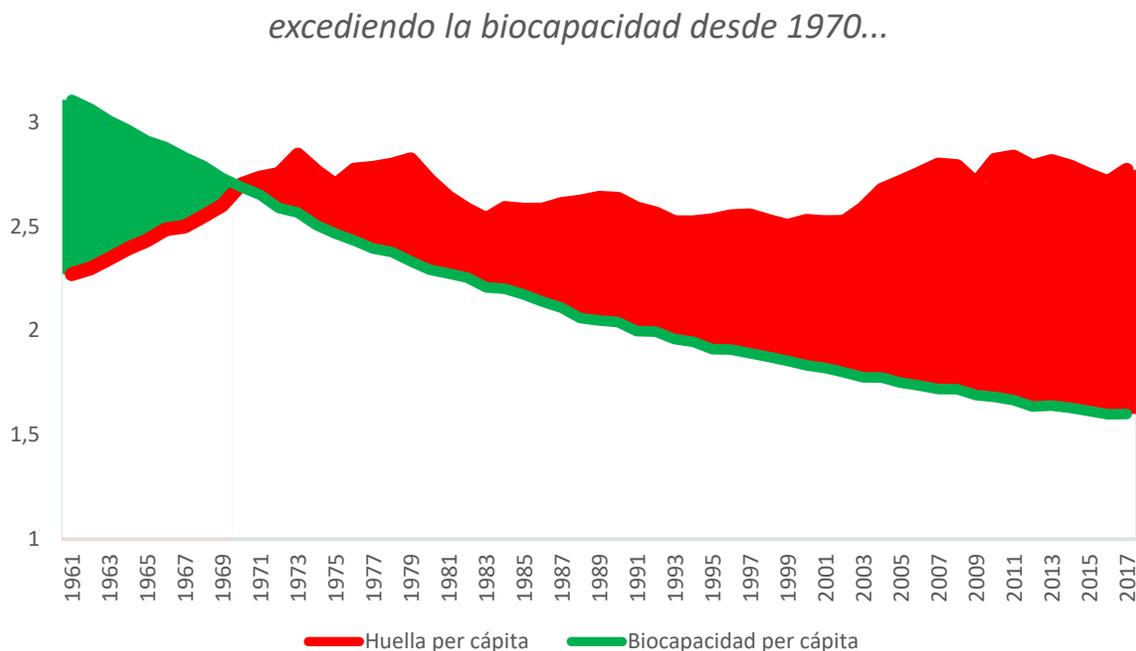
Si bien esos límites son mundiales, la huella humana es local y, en algunos casos como el del clima, tiene implicancias globales. El equilibrio entre la huella ecológica y la biocapacidad varía mucho según los países. Los que cuentan con grandes reservas de ecosistemas productivos pueden consumir menos que su biocapacidad, pero este excedente suele exportarse a otros países que ya están usando en exceso su biocapacidad. De hecho, para el mundo en su conjunto, el Proyecto de la Huella Global estima que la demanda de la naturaleza superó a la oferta a partir de principios de la década de 1970, y la brecha entre el uso global de la biósfera y su capacidad de regeneración no ha dejado de crecer desde entonces.

El gráfico 3 reproduce la biocapacidad global, la huella ecológica y el exceso resultante, en términos por cápita. Este último ha sido positivo y creciente desde la década de 1970, lo que significa que la

⁸ Una forma intuitiva y eficaz de comunicar este desequilibrio es el Día del Sobregiro de la Tierra: el día del año en el cual se calcula que la huella ecológica ha superado la capacidad anual de regeneración de la tierra. El último cálculo es el 29 de julio, para 2021 (<https://www.overshootday.org/>).

persona promedio del planeta extrae más de la naturaleza que el ritmo al que ésta puede reproducirse.

Gráfico 3: Biocapacidad global, huella ecológica y rebasamiento (hectáreas globales, per cápita)



Fuente: Global Footprint Project. (<https://data.footprintnetwork.org>)

No obstante, como argumentan de manera convincente los autores de la Huella Ecológica, hay algunas advertencias importantes sobre estos cálculos que sugieren que la estimación del rebasamiento puede ser un límite inferior del uso excesivo real. Primero, los datos en los que se basan los proyectos son recogidos inicialmente por las autoridades nacionales y luego consolidados por la ONU. Sin embargo, no siempre ocurre que las unidades contables reflejen en forma adecuada el estado de los ecosistemas. Así, un bosque con alta degradación y baja biomasa puede seguir siendo clasificado como "Bosque", lo que no siempre se descuenta por los factores de equivalencia ni rendimiento. En segundo lugar, y quizás más importante, la medición de la biocapacidad no tiene en cuenta externalidades importantes que dicha biocapacidad puede estar teniendo sobre otros servicios ecosistémicos. Por ejemplo, si las técnicas agrícolas aumentan significativamente el rendimiento de los cultivos, dicho aumento de rendimiento aparecerá como una mayor biocapacidad de las hectáreas en cuestión. Sin embargo, no se aplica ningún descuento por el hecho de que la sobre fertilización contamina las reservas de agua subterráneas, y que esto perjudica en forma sustantiva la biodiversidad y las funciones de numerosos ecosistemas.⁹

Además de estas advertencias, se debe considerar que el uso de la biocapacidad por parte de la humanidad también compite con el de otros seres vivos. Por lo tanto, cuanto mayor sea la huella que acaparamos para nosotros y nuestros animales domésticos, menor será la fracción de naturaleza que dejemos al resto de las especies. Las consecuencias de este acaparamiento de

⁹ Ver Wackernagel y Beyers (2019) para un análisis más detallado de los cálculos de la huella ecológica y la biocapacidad.

biocapacidad para el ser humano se analizarán más adelante. Dicho esto, la huella ecológica constituye una valiosa aproximación al desequilibrio entre los flujos de extracción y la capacidad de regeneración del mundo natural que puede compararse de forma coherente a lo largo del tiempo y de las regiones, y vincularse más directamente a las diferentes actividades económicas.

Stocks naturales: mediciones directas de la degradación de la naturaleza

La naturaleza, la biodiversidad y los ecosistemas son conceptos interrelacionados. La siguiente definición (Banco Mundial, 2021) sirve como punto de partida útil para definir los objetos con los que se puede seguir el estado de la naturaleza: *La naturaleza se refiere al conjunto de organismos vivos y a las funciones de la biosfera. La simbiosis entre los organismos vivos y el entorno abiótico (físico y químico inorgánico) da lugar a ecosistemas que controlan los flujos de agua, carbono, energía y nitrógeno, entre otros. La biodiversidad es la variabilidad de genes, especies y ecosistemas.*

De ello se deduce que se puede medir el estado de la naturaleza mediante métricas alternativas y complementarias. En primer lugar, a través de medidas directas de la extensión y las condiciones de los ecosistemas, que afectarán su capacidad de proporcionar servicios. En segundo lugar, mediante mediciones directas de la biodiversidad. A continuación, nos basamos en gran medida en IPBES (2019), la Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2020) y WWF (2020).

En lo que respecta a la extensión y las condiciones de los ecosistemas, IPBES (2019) documenta que los seres humanos ya han alterado de manera significativa alrededor del 75% de la superficie terrestre, mientras que dos tercios de la superficie oceánica están experimentando impactos acumulativos crecientes, y se ha perdido más del 85% de la superficie de los humedales. El informe estima una degradación del 47% respecto a las condiciones basales para el ecosistema promedio (Gráfico SPM 2). Desde principios de la década de 1970, mientras que el valor de la producción de cultivos agrícolas se ha multiplicado aproximadamente por tres y la explotación de madera en 45%, varias medidas de los servicios ecosistémicos de regulación han disminuido —como el carbono orgánico del suelo y la diversidad de polinizadores— lo que apunta a la naturaleza insostenible de esta dinámica. La degradación de la tierra ha reducido la productividad en 23% de la superficie terrestre mundial, mientras que la pérdida de hábitats costeros y, en particular, de arrecifes de coral —que se calcula han perdido la mitad de su superficie en los últimos 25 años— afecta de manera significativa la biodiversidad marina asociada, así como la protección de las costas, aumentando la probabilidad y el impacto de inundaciones y huracanes.

Esta importante remodelación de los ecosistemas naturales también puede verse en el absoluto incumplimiento de las 20 Metas de Biodiversidad de Aichi a nivel mundial. Por ejemplo, la Meta 5 establece: *"para 2020, el ritmo de pérdida de todos los hábitats naturales, incluidos los bosques, se reducirá al menos a la mitad y, cuando sea factible, se acercará a cero, y la degradación y fragmentación se reducirán considerablemente"*. Por el contrario, el informe de la Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2020) constata que *"la tasa de pérdida solo se ha reducido en un tercio, y la tendencia a la deforestación ha aumentado en muchas zonas. La pérdida, degradación y fragmentación de los hábitats sigue siendo elevada en los bosques y otros biomas, en especial en los ecosistemas más ricos en biodiversidad de las regiones tropicales. Las áreas silvestres y los humedales globales siguen disminuyendo. La fragmentación de los ríos sigue siendo una amenaza crítica para la biodiversidad del agua dulce"*. Aunque estos resultados varían según las regiones y la degradación suele ser más lenta o incluso revertirse en las economías avanzadas, los

patrones globales registrados son muy preocupantes. Se encuentran fallas similares en el cumplimiento de todos los ámbitos del acuerdo, en dimensiones que abarcan la explotación sostenible de los ecosistemas marinos y tierras agrícolas, la tasa de descarga de la contaminación, la prevención de la extinción de las especies autóctonas, entre muchas otras.

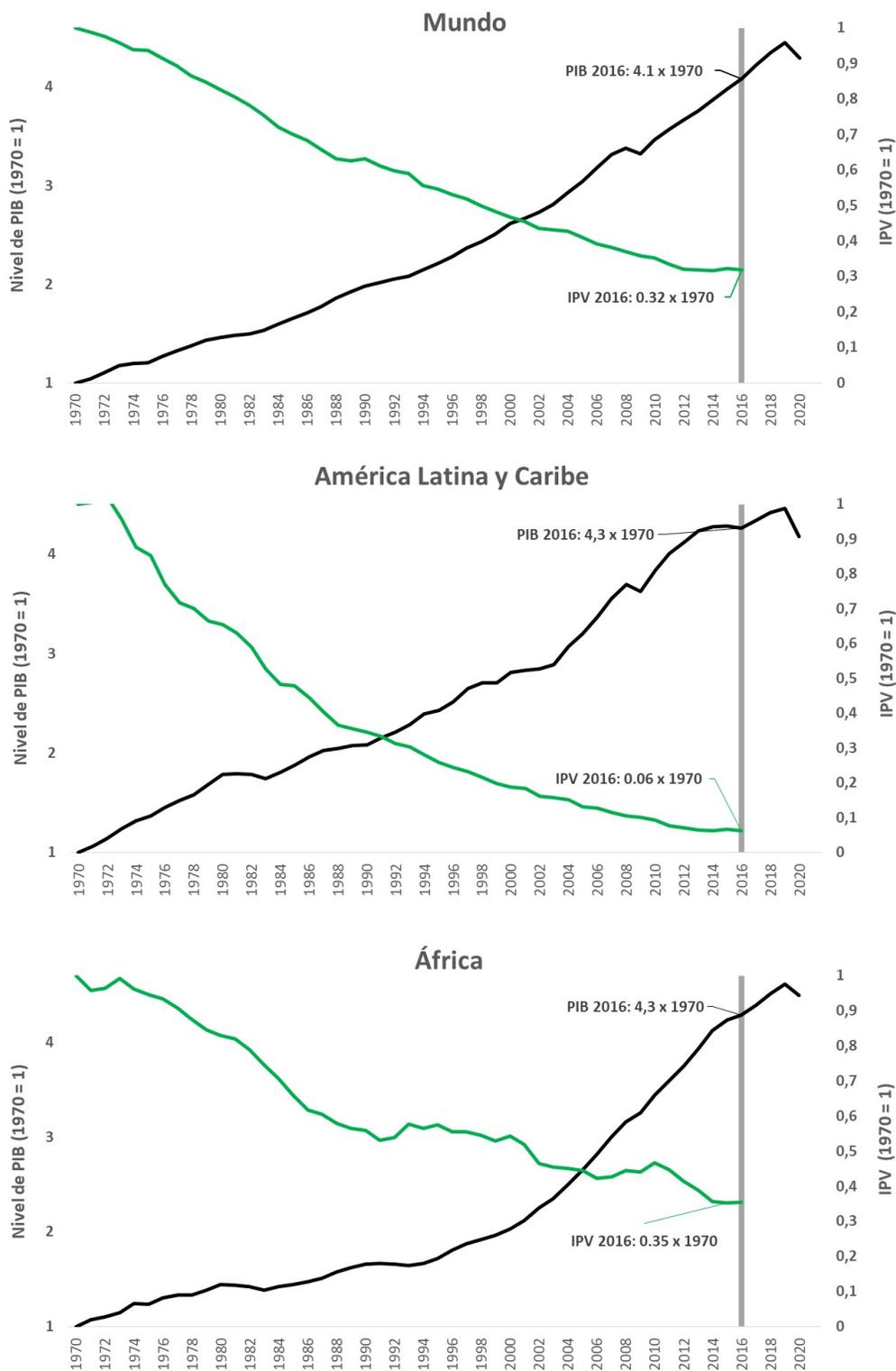
En lo que respecta a los efectos sobre la biodiversidad, IPBES (2019) ofrece otras cifras alarmantes. En la actualidad, "*se estima que la tasa mundial de extinción de especies es, como mínimo, entre decenas y cientos de veces superior a la tasa promedio de los últimos 10 millones de años, y se está acelerando*", y se calcula la impresionante cifra que el 25% de todas las especies animales y vegetales vivas se encuentran en grave riesgo de extinción (Gráfico SPM 2). Si bien mantener la biodiversidad no significa necesariamente mantener inalteradas la existencia y las interacciones entre especies, ya que dichos cambios son una consecuencia natural de la evolución, el ritmo al que se producen hoy las extinciones locales y globales de especies se considera demasiado rápido para mantener la resiliencia de los ecosistemas y su capacidad de proporcionar sus servicios vitales a la humanidad (IPBES, 2019; Dasgupta, 2021). Las principales causas de la pérdida de biodiversidad según el IPBES (2019) son (en orden de incidencia): i) cambio de uso del suelo y del mar; ii) sobreexplotación directa de las especies; iii) cambio climático; iv) contaminación, y v) especies exóticas invasoras.

Otra métrica ampliamente citada de pérdida de biodiversidad es el Índice del Planeta Vivo (IPV o LPI por sus siglas en inglés), elaborado por el Fondo Mundial para la Naturaleza y la Sociedad Zoológica de Londres (WWF, 2020, por sus siglas en inglés). Desde 1970, el índice sigue la biomasa promedio de las poblaciones de mamíferos, anfibios, reptiles, aves y peces silvestres. El gráfico 4 representa la evolución de este índice (normalizado en 1970=1) frente al PIB total (también normalizado en 1970=1) para el mundo y determinadas subregiones. En general, mientras que el PIB mundial real se multiplicó por cuatro aproximadamente entre 1970-2016 (el último año disponible del índice), la biomasa media de las categorías de animales incluidas ha disminuido un 68% (estimación central). La pérdida es en particular alarmante en América Latina y el Caribe, se calcula en un dramático *noventa y cuatro por ciento*, en una región que también cuadruplicó su nivel de PIB. Obsérvese que, dadas las tendencias aparentes, las pérdidas bien podrían ser mayores en la actualidad, ya que el PIB ha registrado otro aumento aproximado del 10% desde 2016, último año disponible el IPV, mientras que la tasa de deforestación en la Amazonía ha aumentado.

El cuadro 2 ofrece más estadísticas para todas las regiones incluidas en el cálculo del IPV. Una rápida inspección revela que el crecimiento total del PIB durante el período está positivamente correlacionado con la pérdida de biomasa silvestre, pero dicha correlación dista mucho de ser perfecta (en la medida en que puede evaluarse con 5 puntos de datos). Por ejemplo, las dos regiones con menos daños en la vida silvestre son Europa y Asia Central (región con menor crecimiento del PIB), seguida de América del Norte (la segunda con menor crecimiento del PIB)¹⁰. Sin embargo, Asia-Pacífico, que muestra lejos el mayor crecimiento general, tiene un nivel intermedio de pérdida de fauna. Por otro lado, América Latina y África tienen el mayor y el segundo nivel de degradación de la naturaleza, mientras que su crecimiento general está muy cerca del promedio mundial.

¹⁰ Ambas regiones se caracterizan también por estar entre las de mayor ingreso por habitante y menor crecimiento de la población.

Gráfico 4: Crecimiento económico y biodiversidad - Índice Planeta Vivo y PIB (1970=1)



Fuente: cálculos propios a partir de WWF (2020) para el Índice Planeta Vivo y los Indicadores Económicos Mundiales (Banco Mundial) para el PIB.

Cuadro 2: Crecimiento económico y pérdida de vida silvestre

| | PIB | Población | PIB per cáp. | PIB per cáp./ población | Exportación commodities (% total) | Cambio IPV (%) |
|-------------------------|-----|-----------|--------------|----------------------------|---|-------------------|
| Mundo | 4,1 | 2,0 | 2,0 | 1,0 | 27 | -68 |
| América latina y Caribe | 4,3 | 2,2 | 1,9 | 0,9 | 49 | -94 |
| África | 4,3 | 3,5 | 1,2 | 0,3 | 78 | -65 |
| Asia-Pacífico | 7,7 | 1,8 | 4,3 | 2,4 | 25 | -45 |
| América del Norte | 3,6 | 1,6 | 2,3 | 1,4 | 26 | -33 |
| Europa y Asia central | 2,7 | 1,2 | 2,2 | 1,8 | 24 | -24 |

Nota: El nivel del PIB, la población y el PIB per cápita se expresan como múltiplos de 1970 (1970=1). La participación de productos básicos X es el promedio de 1995-2019 de la participación de los productos básicos en las exportaciones totales, para cada región.

Fuente: cálculos propios a partir de WWF (2020) para el Índice Planeta Vivo y los Indicadores Económicos Mundiales (Banco Mundial) y las estadísticas de población de la ONU.

Un factor que influye en este resultado es el hecho de que las regiones más pobres tienden a depender más del capital natural, en comparación con el capital humano y artificial (Banco Mundial, 2018). Al mismo tiempo, las personas más pobres tienden a vivir en ecosistemas naturales frágiles (Dasgupta, 2021). Dado que existe una correlación positiva bien establecida entre fertilidad y pobreza, la presión demográfica sobre la biodiversidad tiende a ser mayor en las regiones más pobres del mundo, y en la actualidad algunas de ellas son especialmente ricas en biodiversidad. Como muestra Wilson (2002), las regiones que sufrieron grandes extinciones con anterioridad tienden a mostrar pérdidas más lentas después. Así, los grandes reservorios de biodiversidad que quedan se encuentran en zonas de difícil acceso, sometidas a poca presión humana. A medida que crece la población en las zonas de bajos ingresos, aumenta la presión para utilizar la principal forma de capital disponible: el capital natural.

Por otra parte, los países de ingreso bajo y mediano tienden a depender más de las exportaciones de materias primas, como se confirma en el cuadro 2 para las dos regiones más pobres. Según IPBES (2019; Cap. 2), estos patrones comerciales han modificado de manera considerable la huella ecológica, ya que el comercio mundial se ha multiplicado casi por 10 desde 1970. De este modo, los países de ingreso alto han conseguido aumentar el consumo y, al mismo tiempo, reducir su huella ecológica local, en consonancia con mejores instituciones locales y normas medioambientales, importando esencialmente materias primas de países de ingreso mediano bajo. En conjunto, estos elementos explican la relación mucho peor entre el PIB y la degradación ambiental, cuantificada por IPBES (2019) y el Banco Mundial (2021), para los países de ingreso bajo y mediano.

Enfoque de servicios ecosistémicos: hacia una medición del Capital Natural

Un tercer enfoque para medir el impacto de la actividad económica humana en el estado de la naturaleza es mediante la valoración de los servicios ecosistémicos. Como señala Dasgupta (2021), una forma útil de pensar en la contribución de la naturaleza al bienestar humano, que puede incluirse directamente en el análisis económico estándar, es a través del valor actual descontado de los servicios que presta, una vez que éstos se valoran a precios que corrigen por la presencia de externalidades (precios *contables*). Esto da lugar a la noción de *Capital Natural*.

Las primeras aproximaciones a la medición de la naturaleza fueron proporcionadas por el Sistema de Contabilidad Económica Ambiental de la ONU, Contabilidad Central (ONU, 2012), y figuran en las medidas de la *riqueza cambiante de las naciones* compiladas por el Banco Mundial (Banco Mundial, 2018). Estos primeros intentos se enfocaron principalmente en la valoración de mercado de los servicios de aprovisionamiento —madera; productos agrícolas; minerales y otros recursos naturales—, dejando de lado muchos otros servicios ecosistémicos de regulación y mantenimiento, tales como el secuestro de carbono, la filtración de agua, la regeneración del suelo, los servicios de polinización y el control de enfermedades—así como servicios culturales. Para corregir esta limitación, el Sistema de Contabilidad Económica Ambiental de las Naciones Unidas, *Contabilidad de los Ecosistemas* (ONU, 2021) suplementa a ONU (2012), al cubrir varias brechas en la definición y medición de los servicios de los ecosistemas y constituye el marco más riguroso y completo hasta la fecha para incorporar el capital natural en el sistema de cuentas nacionales.

La metodología propuesta consta de cinco pasos. Primero, define y mide la extensión de los diferentes ecosistemas de una región geográfica en particular. A grandes rasgos, esta tipología considera *reinos* (T: terrestre; F: agua dulce; M: marino; S: subterráneo; de transición) que a su vez se subdividen en biomas (T1: bosques tropicales-subtropicales; M1: plataformas marinas, etc.) y dan lugar a la unidad básica de contabilidad: *Activos de los Ecosistemas*. Segundo, estima la condición de cada ecosistema en relación con un estado de referencia sin degradación. Tercero, calcula el flujo de los diferentes servicios que proporciona cada ecosistema, dependientes de su tipo y condición, incluidos los servicios de provisión, regulación y mantenimiento, y culturales. Cuarto, asigna precios *contables* a estos flujos de servicios, utilizando los precios de mercado cuando estén disponibles o mediante metodologías alternativas que puedan incorporar mejor las valoraciones no comerciales, dada la existencia generalizada de externalidades (ver Dasgupta, 2021). En quinto lugar, utilizar una tasa de descuento adecuada para calcular el valor presente del flujo de servicios ecosistémicos. Su agregación corresponde al *Capital Natural* de una extensión territorial determinada.

Este enfoque de valoración del capital natural integra conceptualmente varios de los aspectos metodológicos antes descritas. Por ejemplo, la extracción de servicios de aprovisionamiento de madera que se contabilizaría en la huella ecológica también dejará una huella en el capital natural, ya que se medirá —al menos en principio— como una reducción de la extensión o el estado de un ecosistema específico. Lo más importante es que también conecta bien con la medición de los stocks naturales descrita anteriormente. En efecto, en la medida en que la extracción o manipulación de distintos ecosistemas afecten en forma negativa su estado —por ejemplo, mediante la contaminación de las aguas subterráneas o la fertilización excesiva de las tierras agrícolas—, esto se manifestará como una disminución del valor presente de los servicios ecosistémicos. Además, el enfoque de la valoración monetaria ofrece una forma natural de agregar las múltiples dimensiones comprendidas en la medición de los stocks naturales, reduciéndolas a una métrica comparable.

Es cierto que este enfoque tiene una orientación muy antropocéntrica, y requiere de una valoración en ocasiones subjetiva del valor a la humanidad de distintos servicios ecosistémicos. No obstante, como describe Dasgupta (2021), una medición correcta y sistemática del capital natural mediante esta lógica supondría una mejora importante con respecto a las prácticas actuales de contabilidad económica, que ignoran en gran medida los impactos de la actividad económica en la degradación de la naturaleza. Asimismo, tiene la atractiva propiedad de que la maximización de la riqueza inclusiva, que añade el capital natural al capital físico y humano, es equivalente a la del bienestar

intergeneracional (ver el *teorema de equivalencia entre riqueza y bienestar*, capítulo 13 en Dasgupta, 2021). A pesar de sus numerosas ventajas, este enfoque para medir el capital natural aún no ha sido aplicado formalmente a nivel nacional por ningún país, aunque algunos han adelantado planes para su adopción.¹¹

En la economía tradicional, el problema fundamental es asignar los recursos escasos para maximizar el bienestar de las generaciones actuales y futuras. Si bien las métricas para medir el capital natural son imperfectas, ellas ofrecen una alternativa muy superior a la tradicional: simplemente ignorar su existencia. Al excluir el capital natural de las decisiones no sólo se calcula mal el aporte de los otros factores de producción, sino que también se excluye los daños a la biosfera del análisis de riesgos actuales y futuros sobre el bienestar de las futuras generaciones asociados a las decisiones que tomamos hoy. Tal como señala Dasgupta (2021) la incorporación de estos riesgos asociados a la asignación del capital es esencial para la preservación y aumento de lo que él denomina la “riqueza inclusiva”. A continuación, nos referimos a la identificación y evaluación de los riesgos que hoy enfrentamos a raíz de la exclusión de esta dimensión en las decisiones pasadas sobre asignación de recursos.

3.3 ¿Está la naturaleza en grave riesgo de colapso?

Una forma de combinar múltiples dimensiones de la naturaleza para evaluar esta pregunta existencial es a través del concepto de *límites planetarios*. En un artículo muy influyente, Rockström et al. (2009) clasifican 9 dimensiones que determinan la capacidad de autorregulación de nuestro planeta, incluyendo el cambio climático, la acidificación de los océanos, la pérdida de biodiversidad, el cambio de uso del suelo, la disponibilidad de agua dulce, los flujos biogeoquímicos, el agotamiento de la capa de ozono, la contaminación química y la carga de aerosoles atmosféricos. Los autores estiman rangos en 7 de estas 9 dimensiones, que definen el espacio operativo seguro para la humanidad.

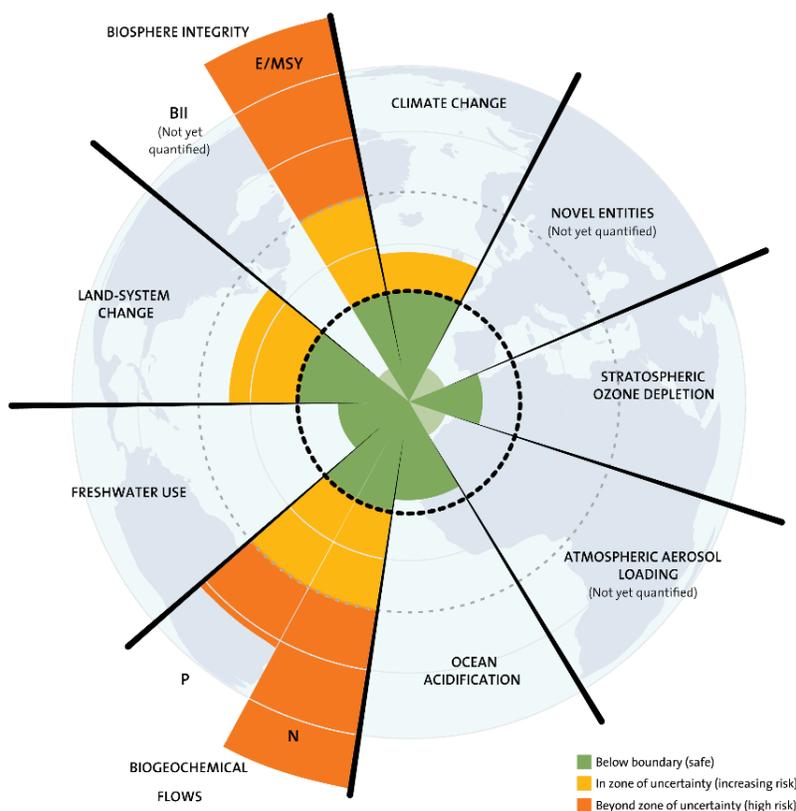
La conclusión que se desprende de la cuantificación de 7 de las 9 dimensiones identificadas es muy preocupante. La humanidad está operando actualmente fuera de la “zona de seguridad” en al menos 4 de estas 7 dimensiones: los flujos biogeoquímicos —debido a la sobre fertilización de la agricultura—, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y el cambio de uso del suelo. Por conveniencia, el gráfico 5 reproduce la evaluación actual de los límites planetarios en Steffen et al. (2015).

Estas dimensiones están altamente interrelacionadas, dando origen a *efectos de retroalimentación*. Por ejemplo, el cambio de uso del suelo conduce a la deforestación y a la pérdida de biodiversidad, lo que a su vez afecta a la capacidad de absorción de carbono y, por tanto, al cambio climático y a la acidificación de los océanos. Por otra parte, el cambio climático ya está afectando la biodiversidad, ya que los fenómenos meteorológicos extremos impactan el estado de los bosques, la disponibilidad de agua y las condiciones enfrentadas por todas las formas de vida, especialmente en zonas críticas como los trópicos. Además, estas dimensiones están sujetas a *efectos no lineales* de la actividad humana. Por ejemplo, se ha demostrado que los arrecifes de coral pueden soportar relativamente

¹¹ Ver el Comité del Capital Natural del Reino Unido (2020).

bien los aumentos moderados de la acidificación de los océanos, pero pierden rápidamente capacidad de calcificación cuando ésta se acerca a ciertos límites.¹²

Gráfico 5: Límites Planetarios



Fuente: Steffen et al. (2015). Imagen original del artículo.

El aspecto más preocupante de los límites planetarios es que están sujetos a *puntos de no retorno* —límites a partir de los cuales los ecosistemas pueden no recuperarse, incluso si se revierten las presiones subyacentes que impulsan su deterioro. Por ejemplo, el derretimiento de los polos podría liberar grandes cantidades de metano, precipitando una aceleración adicional del calentamiento global frente a la cual la mitigación humana de emisiones podría pasar a segundo plano. Más directo aún, la amenaza existencial mencionada más arriba para cerca del 25% de las especies actuales, de concretarse, reduciría dramáticamente la capacidad de provisión de múltiples servicios ecosistémicos, cuya reversión es por definición imposible una vez cruzado el umbral de la extinción.

Si bien la preocupación por estos temas viene de antes, como queda en evidencia en el llamado informe del Club de Roma (Meadows et al., 1972) y en el de la Comisión Brundtland (1987), el aporte principal de la literatura más reciente sobre límites de la naturaleza que incorporan, en la medida de lo posible, los efectos de retroalimentación, las no linealidades y los puntos de no retorno dentro

¹² Ver Ries et al. (2010).

de cada límite planetario, es estimar que la humanidad tendría entre 10 y 20 años para revertir el daño provocado actualmente a la naturaleza. Es decir, son sólo un par de décadas que quedan para tomar acciones que permitan volver a ubicarse dentro de los rangos considerados seguros en cada una de estas dimensiones. De lo contrario, el cruce de múltiples puntos de no retorno gatillarían un cambio irreversible en las favorables condiciones que han caracterizado el desarrollo de la humanidad desde el comienzo del holoceno (Rockström et al., 2009). Por cierto, los científicos coinciden en que existe muchísima incertidumbre en la estimación de los efectos y la ventana de acción disponible para corregir estos problemas.¹³ Sin embargo, desde una perspectiva estándar de aversión al riesgo, esta incertidumbre debería ser un *argumento adicional para insistir en la necesidad de una acción temprana*, de forma de evitar caer en estos puntos de no retorno de consecuencias verdaderamente existenciales para nuestra especie. El hecho que dicha incertidumbre sea mencionada a menudo como una razón para no alarmarse, por lo tanto, pareciera ser un síntoma del ampliamente documentado sesgo de *disonancia cognitiva*.

4. Contribución del crecimiento de los niveles de vida y de la población a la degradación del medio ambiente

Para tener una mejor idea de la contribución relativa del crecimiento del PIB per cápita, vis-a-vis la expansión poblacional en el deterioro de la naturaleza documentado en la sección 3, examinamos la evolución de una adaptación del Índice Planeta Vivo para varios grupos de países definidos según su nivel de desarrollo económico en 1970 para el periodo 1970-2014. Para este propósito, presentamos los resultados de una versión del IPV global, así como del IPV sólo para especies terrestres. A continuación, realizaremos algunos análisis estadísticos de la relación del ingreso per cápita y el crecimiento de la población con la evolución de la tierra utilizada como proxy de las presiones sobre la biodiversidad, que está más relacionada con las especies terrestres.¹⁴

El gráfico 7 muestra que el grupo de países con mayores niveles de ingresos en 1970 había experimentado una pérdida de biodiversidad cercana al 40% del nivel inicial. En cambio, los países con niveles de ingreso mediano y bajo experimentaron un daño mucho mayor (60% y 80%, respectivamente). Si nos centramos en las presiones sobre las especies terrestres, la tendencia general es la misma, pero las diferencias entre los distintos grupos de ingresos iniciales se reducen.

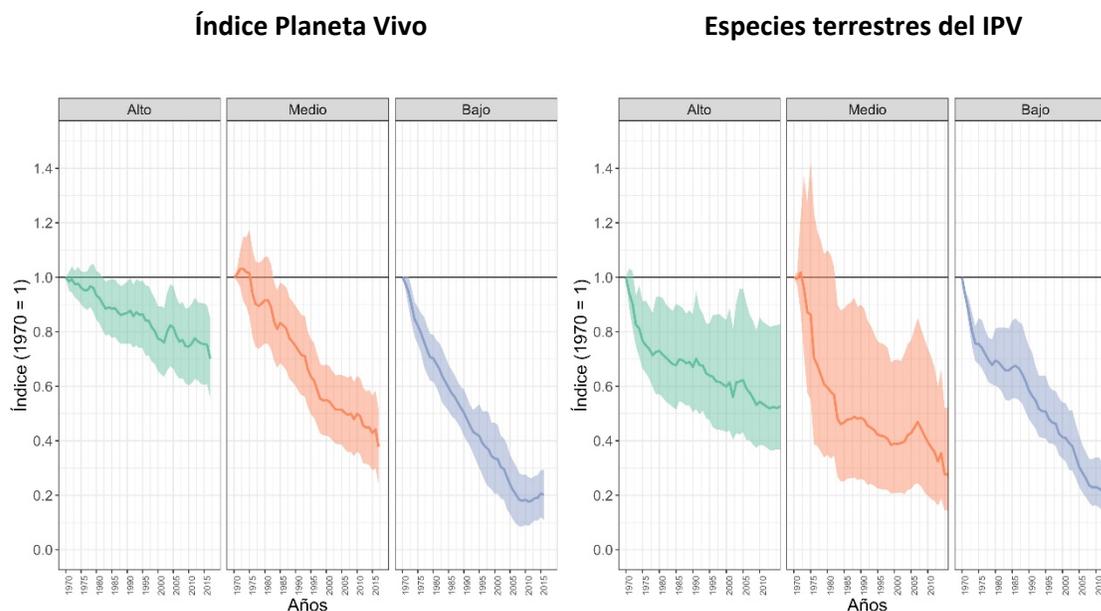
Una posible interpretación de estos resultados, dada la evidencia antes mencionada, es que la velocidad de degradación de la naturaleza disminuye a medida que se producen pérdidas de biodiversidad. Si un país o región se desarrolló antes extrayendo más recursos de la Naturaleza que las regiones menos desarrolladas, deja menos espacio para una mayor degradación de la Naturaleza más adelante. Un ejemplo extremo es la extinción de especies en una zona concreta. Una vez que esto ocurre, no habrá más pérdidas relacionadas con ello. Una interpretación más positiva de esta relación es la posibilidad de que los primeros aumentos del capital humano y artificial faciliten la sustitución del capital natural. Esto podría reflejarse en una mayor productividad en la agricultura, aliviando las presiones para ampliar la frontera agrícola hacia regiones ricas en biodiversidad. Por otro lado, un desarrollo económico más temprano también se asocia a una transición demográfica

¹³ Ver, por ejemplo, IPCC (2021).

¹⁴ Ver el anexo para obtener más detalles sobre los datos utilizados.

más temprana, de modo que el crecimiento de la población en los países más avanzados es significativamente más lento que en los países de ingresos medianos y bajos.

Gráfico 7: Evolución del IPV para países con diferentes niveles de ingresos iniciales



Cualquiera sea la combinación de razones que explican la **correlación negativa entre el nivel inicial de ingreso per cápita y el deterioro de la biodiversidad**, en términos prácticos, esta regularidad empírica sugiere que, mirando a futuro, deberíamos centrar nuestros esfuerzos de prevención de daños adicionales en lugares (países o regiones) que hoy son pobres y que al mismo tiempo tienen altos niveles de biodiversidad.

Un segundo ángulo es observar la correlación entre el crecimiento del PIB y las pérdidas de biodiversidad. Para ello, agrupamos a los países en función de sus tasas promedio de crecimiento para el periodo 1970-2014, como se muestra en el gráfico 8.

Estos resultados son más bien una sorpresa: las diferencias entre los grupos no son tan elevadas y los países de crecimiento lento parecen ser los que experimentaron la mayor pérdida de biodiversidad, seguidos por los países de crecimiento más rápido. Parte de la explicación es que los países más ricos tienden a mostrar un crecimiento positivo, pero no demasiado alto, cayendo en el grupo de países de crecimiento medio. Las diferencias entre el IPV y el IPV para especies terrestres son menores que en el caso anterior.

La principal conclusión de este gráfico es que **la pérdida de biodiversidad no está estrechamente relacionada con la velocidad de crecimiento del ingreso per cápita, lo que sugiere que también hay otros factores en juego**.

Por último, el gráfico 9 compara las tasas de pérdida de biodiversidad de grupos de países con diferentes tasas de crecimiento de la población. En este caso vemos claras diferencias entre los distintos grupos, y también para los distintos índices. Si tomamos el índice agregado, hay un orden claro: las pérdidas de biodiversidad están positivamente correlacionadas con el crecimiento de la población. Sin embargo, cuando restringimos nuestra visión al IPV para especies terrestres, vemos

pequeñas pérdidas de biodiversidad en los países con bajo crecimiento de la población, mientras que en los que tienen tasas medias o altas de expansión de la población las pérdidas son altas y de órdenes de magnitud similares.

Gráfico 8. Evolución del IPV para países con diferentes tasas de crecimiento del PIB per cápita

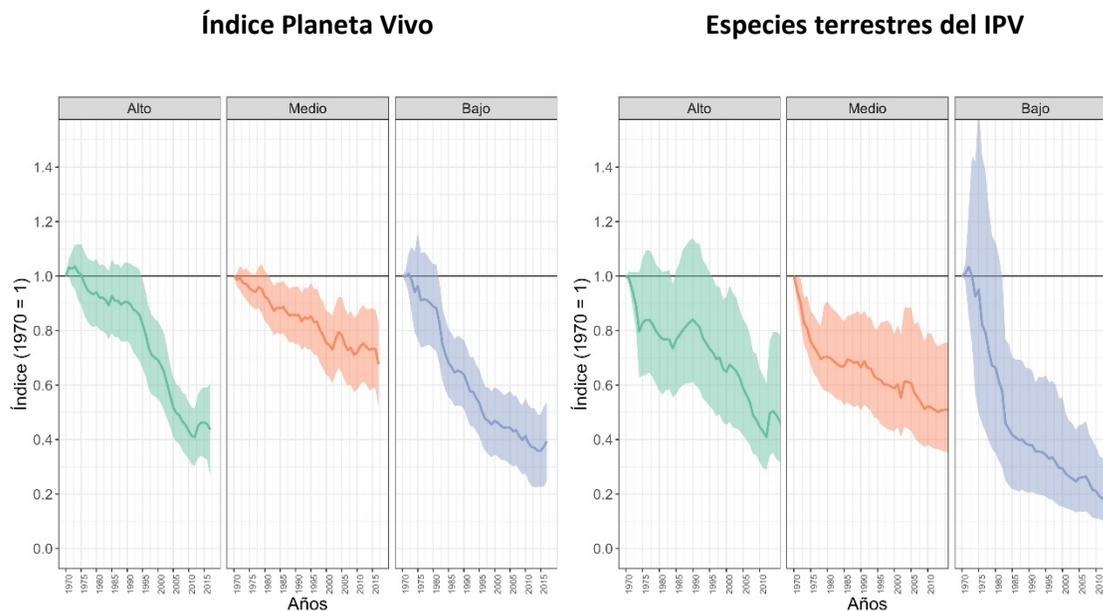
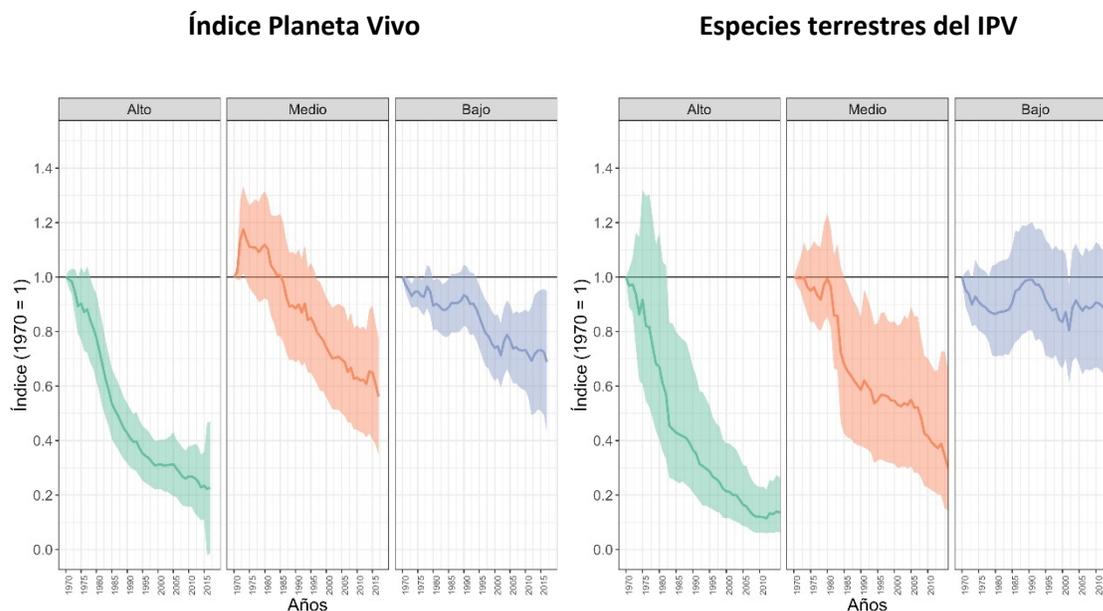


Gráfico 9. Evolución del IPV para países con diferentes tasas de crecimiento de la población

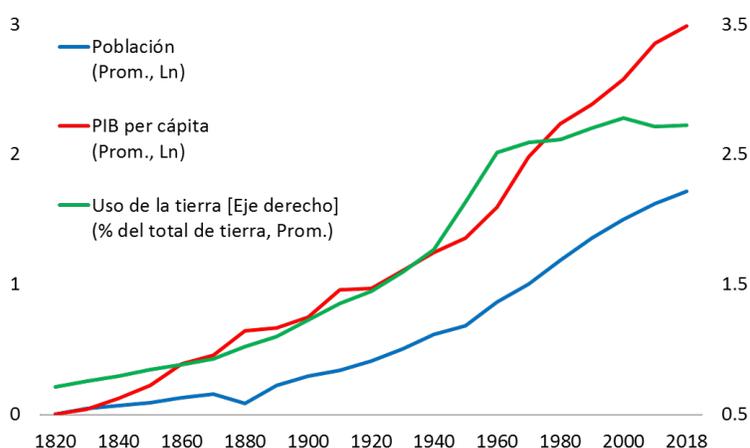


Un siguiente paso natural es desentrañar la importancia relativa de la población frente al ingreso per cápita en la biodiversidad. Dado que la demografía evoluciona en forma más lenta, necesitamos ampliar nuestras series temporales, lo que tiene el costo de perder la medida de pérdida de biodiversidad que representa el IPV. En su lugar, utilizamos el cambio en el uso del suelo del Proyecto Hyde como un proxy de pérdida de biodiversidad. Esto significa que los resultados se

limitarán principalmente al impacto del ingreso per cápita y el crecimiento de la población en la expansión de la frontera agrícola sobre las especies que viven en los ecosistemas terrestres. Sin embargo, obtuvimos la suficiente granularidad para examinar estas relaciones en un número mucho mayor de países, agrupados en 26 regiones, y para un periodo más largo (1820-2018).

El gráfico 10 muestra que durante la mayor parte del siglo XIX el uso del suelo siguió de cerca el crecimiento de la población. Esa tendencia cambió a finales de ese siglo, cuando el uso del suelo creció más rápidamente, a tasas similares a las del crecimiento del PIB per cápita mundial. Sin embargo, a partir de la segunda mitad del siglo XX, la expansión del uso del suelo se ralentizó de manera significativa en relación con el ingreso per cápita y la expansión de la población.

Gráfico 10. Uso del suelo, ingreso per cápita y población: mundo, 1820-2018



Notas: Las líneas azul y roja muestran, respectivamente, el logaritmo del promedio de la región de las series de población y PIB per cápita. Ambas series se expresan como la diferencia con respecto a sus valores en 1820. La línea verde (eje derecho) es el promedio de uso del suelo de la región (% del total del suelo). Fuente: Hyde v.3.2, WDI, The Maddison Project Database, complementado con bases de datos adicionales de países individuales.

Esta impresión se ve corroborada por las regresiones de panel que explotan la dimensión transnacional, para el periodo de la muestra en su conjunto y para dos subperíodos: 1820-1960 y 1960-2018, que se muestran en el cuadro 3. Si bien confirmamos una correlación positiva y muy significativa entre las dos variables para el período en su conjunto, dicha relación se rompe cuando dividimos la muestra, perdiendo significación en el último subperíodo. Una explicación optimista podría ser que la productividad del uso del suelo ha aumentado más rápido desde la segunda mitad del siglo XX. Una interpretación alternativa, menos optimista, podría ser que nos estamos quedando sin suelo que utilizar. Cabe señalar que el IPV muestra que, más o menos al mismo tiempo (1970) de la ruptura de la correlación entre el crecimiento del PIB y la pérdida de biodiversidad, empezamos a sobrepasar la capacidad de la biosfera de regenerarse y comenzamos a agotar el stock de capital natural. Cuando utilizamos el PIB per cápita y la población por separado (no mostrado en la tabla), la bondad del ajuste no cambió mucho, pero hay pérdida de significancia, en especial para el PIB per cápita, lo que sugiere una fuerte colinealidad entre las variables.

Cuadro 3: Uso del suelo y PIB

Var. dep.: Uso del suelo (% del total) - Regresiones de EF

| | 1820-2018 | 1820-1960 | 1960-2018 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
| | (1) | (2) | (3) |
| PIB (ln) | 0,316*** | 0,288** | 0,193 |
| | (0,112) | (0,112) | (0,134) |
| Obs. | 477 | 321 | 180 |
| Regiones | 26 | 24 | 26 |
| R2 (dentro) | 0,48 | 0,47 | 0,10 |

Notas: Las regresiones incluyen efectos fijos por región y año. Errores estándar robustos entre paréntesis. *, ** y *** indican significación al 10, 5 y 1%, respectivamente.

Ahora desglosamos la muestra agrupando a los países según sus niveles de ingreso per cápita y el tamaño de la población (promedios del periodo de la muestra), para limitar los impactos de la colinealidad. Los resultados que se muestran en el cuadro 4 son muy sugerentes. En primer lugar, confirman la ruptura de las relaciones para la última parte de la muestra. En segundo lugar, hay pruebas de que ***el crecimiento del PIB per cápita no se traduce necesariamente en una ampliación de la frontera agrícola en los países de ingreso alto e incluso mediano, pero sí en aquellos de ingreso bajo***. Por otra parte, ***el crecimiento de la población desempeña un papel importante en la pérdida de espacios naturales tanto en países de ingreso per cápita alto como mediano***.

Una buena noticia es que la mayoría de los países de ingreso alto tienen muy avanzada su transición demográfica y varios de ellos ya experimentan un crecimiento poblacional negativo (por lo que la asociación positiva significa recuperación de tierras naturales), mientras que el resto ya tienen tasas de fertilidad (número de hijos por mujer) inferiores a la tasa que se requiere para mantener constante el tamaño de la población (2,1)¹⁵. Además, la relación positiva pierde significancia en la última parte de la muestra. En cuanto a los países de ingreso mediano, las noticias son ambiguas: La mayoría de ellos avanza rápidamente en su transición demográfica, y en algunos como China, Brasil y la mayor parte de América Latina se prevé un descenso de la población en las próximas décadas. Pero, este grupo concentra ¼ de la población mundial, por lo que el crecimiento aún positivo de la

¹⁵ Para que esto se cumpla se requiere el cumplimiento de varios supuestos, entre otros, que no haya aumentos significativos en la longevidad o reducciones también significativas en la mortalidad infantil. Con el desarrollo ha habido progresos en ambos frentes, lo que sugiere que la verdadera tasa de fecundidad que permite mantener constante la población en el largo plazo es algo menor que dos, al menos hasta que se establezcan ambas variables.

población ejercerá presiones críticas sobre el capital natural, como muestra la intensificación del efecto positivo de la población en el uso de suelos en la segunda parte de la muestra.

Cuadro 4 – Uso del suelo, población y productividad: exploración de diferencias según ingresos

Regresión: *uso del suelo* sobre PIB pc (ln) y población (ln), dividiendo la estimación por nivel de PIB pc
Var. dep.: uso del suelo (% del total) - Regresiones de EF

| | 1820-2018 (1) | 1820-1960 (2) | 1960-2018 (3) |
|--|---------------------|---------------------|--------------------|
| PIB pc (ln) x [nivel medio del PIB per cápita] | | | |
| Alto | -0,95*** (0,274) | -0,85*** (0,278) | -0,35* (0,173) |
| Mediano | -0,62*** (0,219) | 0,097 (0,270) | -0,14 (0,109) |
| Bajo | 0,272** (0,112) | 0,144** (0,065) | 0,265* (0,144) |
| Población (ln) x [nivel medio del PIB per cápita] | | | |
| Alto | 2,470*** (0,668) | 2,199*** (0,573) | 0,151 (0,786) |
| Mediano | 1,883*** (0,646) | 0,710 (0,765) | 0,887** (0,411) |
| Bajo | -0,26** (0,103) | -0,09 (0,076) | -0,48 (0,330) |
| Obs. | 477 | 321 | 180 |
| Regiones | 26 | 24 | 26 |
| R2 (dentro) | 0,65 | 0,58 | 0,44 |

Notas: Las regresiones incluyen efectos fijos por región y año. Errores estándar robustos entre paréntesis. *, ** y *** indican significancia al 10, 5 y 1%, respectivamente.

Un *caveat* importante a la hora de interpretar estos resultados es la tendencia antes mencionada de países de menores ingresos de exportar bienes intensivos en capital natural (productos agrícolas, minerales, madera, etc., ver Dasgupta, 2021), como también sugiere el cuadro 3, los que son a su vez importados por países de mayores ingresos --para su consumo directo o como parte de la cadena de valor de sus exportaciones. Por esta razón, es razonable suponer que una parte significativa de la desaparición de la relación entre pérdida de biodiversidad y crecimiento del PIB

en países ricos se deba a una sustitución de la destrucción de hábitats locales por aquellos de países con menores niveles de ingreso, más abajo en la cadena de valor de la producción mundial. Sin perjuicio de ello, también parece razonable esperar que exista algún grado de sustitución entre capital físico y humano y el capital natural. Ello se debería ver reflejado en una mayor “productividad” del capital natural en estos países, lo que debería reflejarse, por ejemplo, en una mayor productividad agrícola por hectárea de suelo¹⁶, algo que supera los límites de este trabajo.

Lo que sí es indudable, es que un mayor PIB per cápita está asociado a mayor consumo de bienes y servicios. Esto indica que independientemente de la unidad geográfica que se use, si no hay un cambio radical en los patrones de consumo a nivel global, será imposible evitar daños irreparables sobre la naturaleza —más sobre esto en la próxima sección. Es crucial considerar que la asignación de recursos y las demandas por los diversos tipos de capital se originan en la demanda por bienes y servicios de consumo, y las empresas que contaminan y destruyen no hacen más que responder a dichos patrones de consumo. Para movilizar adecuadamente los recursos en el futuro se requiere de instituciones que aseguren que las señales de precios que entregan los mercados no estén distorsionadas y de consumidores conscientes que consideren los impactos sobre el bienestar de sus hijos y nietos de sus decisiones de consumo en el presente.

5. Crecimiento bajo los límites de la naturaleza: manejando nuestras expectativas

5.1 Contexto: estado de la modelización económico-ambiental

¿Cómo serán los próximos 80 años en términos de crecimiento de la población y niveles de vida en todo el mundo? Esta pregunta tiene implicancias directas sobre el impacto de la actividad humana en la degradación de la naturaleza a lo largo de varios límites planetarios. Sin embargo, los enfoques de proyección de la economía dominante ignoran en gran medida los límites impuestos por dichas fronteras en las perspectivas de crecimiento de la población y los niveles de vida económicos en el futuro.

Una excepción la proporciona la literatura que utiliza modelos de Evaluación Integrada (IAM en inglés, ver Nordhaus, 2019, y numerosas referencias allí), diseñados para analizar la interrelación entre la actividad económica y los daños del cambio climático. Estos enfoques modelan explícitamente la interacción entre la actividad económica y las emisiones de GEI, cuantifican el impacto de esas emisiones en el clima y luego modelan el efecto adverso de un mundo más cálido en la actividad económica (la función de daños). Estos modelos se han utilizado para evaluar los impuestos óptimos sobre el carbono, y suelen implicar efectos modestos sobre los niveles de actividad a largo plazo.

En fecha más reciente, la NGFS publicó escenarios diseñados para captar de la manera más realista posible las transformaciones económicas en los sectores de energía y producción de alimentos que son coherentes con la consecución de diferentes niveles de reducción del carbono. Lo hacen con un conjunto de enfoques de modelación, significativamente más detallados —y por tanto más

¹⁶ Por supuesto controlando por clima, características del suelo, tipo de cultivos, etc.

complejos— en su descripción de estos sectores productivos. El costo de la complejidad agregada es que la mayoría de los escenarios toman como exógeno el nivel de trayectorias socioeconómicas; son un insumo, más que un objeto de equilibrio general del análisis. Sin embargo, *salvo que se crucen puntos de inflexión* en las próximas décadas, este supuesto puede no ser tan grave, dados los modestos efectos sobre la actividad económica a largo plazo encontrados en la literatura de IAM. Sin embargo, existe una amplia gama de opiniones sobre los efectos económicos de los daños del cambio climático, y esa incertidumbre/ambigüedad ha empezado a incorporarse formalmente al análisis de políticas (Barnett et al., 2021).

Dado lo reciente que son los intentos por modelar estos escenarios, hay muy pocos ejercicios de proyección que analizan la interacción entre actividad económica y la pérdida de biodiversidad y degradación de ecosistemas. Una notable excepción es la reciente publicación del Banco Mundial (2021). El *Modelo de Economía Global de la Tierra* desarrollado por los autores parte de un modelo del Proyecto de Análisis del Comercio Global (GTAP en inglés), ampliado para incluir Zonas Agroecológicas detalladas. Fundamentalmente, los autores incluyen un módulo que permite la valoración de los servicios de los ecosistemas a una alta resolución espacial, clave para evaluar el impacto de diferentes escenarios de desarrollo y combinaciones de políticas tanto en la actividad económica como en la naturaleza.

Entre las principales conclusiones, los autores documentan que un escenario "*business as usual*" (sin cambios) seguirá degradando la naturaleza, lo que a su vez afectará a las posibilidades económicas futuras. Por lo tanto, pueden combinarse varias políticas beneficiosas para mejorar los resultados económicos y evitar una degradación natural más importante. Sin embargo, incluso en el mejor de los casos (combinación óptima de políticas), la producción futura será inferior al caso "de referencia", entendido como aquel en el que el análisis simplemente ignora los efectos de la actividad humana sobre los límites de la naturaleza. Además, dada la complejidad del ejercicio, el modelo está limitado dinámicamente y solo se utiliza para proyectar trayectorias socioeconómicas y ecosistémicas coherentes hasta 2030.

En su forma actual, más allá de estas contribuciones recientes, el estado de la literatura aún no presenta un marco conceptual unificado para evaluar en forma conjunta las trayectorias socioeconómicas, su impacto sobre la biodiversidad y la degradación de los ecosistemas, y el efecto de retroalimentación de dicha degradación sobre la actividad económica y el bienestar a mediano y largo plazo.

5.2 Contabilidad del crecimiento futuro: órdenes de magnitud básicos

Los ejercicios sobre sendas de crecimiento realizados aquí no pretenden cerrar esta brecha de conocimientos, siendo ejercicios puramente contables sin estructura de modelación. Más bien, su intención es dar órdenes de magnitud a las siguientes preguntas:

P1: ¿Cuáles son las estimaciones "de referencia" de la expansión del PIB mundial?

Los escenarios futuros de cambio climático, como los contenidos en los informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC en inglés) se basan en hipótesis sobre las tasas de crecimiento demográfico y per cápita, las llamadas trayectorias socioeconómicas

compartidas (SSP). Más que proyecciones, pretenden ofrecer una amplia gama de resultados socioeconómicos futuros a partir de los cuales los investigadores puedan estudiar las emisiones futuras asociadas, proporcionando así rangos a las futuras condiciones climáticas (ver IPCC, 2021).

Teniendo en cuenta esta salvedad, es útil considerar sus implicancias en el futuro PIB mundial, ilustradas en el gráfico 11. Las SSP 1 y 5 suponen tasas de crecimiento per cápita relativamente rápidas (2,3 y 2,9% al año, respectivamente), mientras que la población disminuye (tasas de crecimiento medio anual de -0,17 y -0,08%).¹⁷ En el otro extremo, la SSP 3 supone una baja tasa de crecimiento del PIB per cápita, pero una alta tasa de crecimiento de la población (promedios anuales de 0,66% y 0,6%, respectivamente), mientras que las SSP 2 y 4 se sitúan en un punto intermedio, con un aumento más rápido del nivel de vida y un menor crecimiento de la población que la SSP 3. Una vez más, si bien las *tasas de crecimiento* del PIB per cápita y de la población supuestas no parezcan llamativas, sus implicancias para los niveles totales del PIB mundial a finales de siglo, reproducidas en el gráfico 11, son: entre 2,7 y 9,2 veces el nivel de 2021 (o entre 1.750 y 6.050 veces el PIB mundial en el año 1 d.C.).

P2: ¿De qué magnitud debe ser el crecimiento de la *eficiencia del capital natural* — razón PIB/uso de capital natural — para lograr resultados de crecimiento similares a los del escenario de referencia, pero con un impacto manejable en la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas?

Una respuesta más formal y precisa a esta pregunta requeriría un modelo que incorpore la retroalimentación bidireccional entre variables socioeconómicas y las condiciones de los ecosistemas, campo aún poco desarrollado, como se comentó anteriormente. Para proporcionar órdenes de magnitud aproximados, aplicamos en cambio algunas ideas del enfoque adoptado por el proyecto de la huella ecológica. Como muestra el gráfico 3, la huella ecológica per cápita a nivel mundial no ha experimentado ninguna tendencia clara desde 1970, mientras que la biocapacidad per cápita ha disminuido de forma constante, ya que el crecimiento global de la biocapacidad (promedio anual desde 1970=0,4%) ha ido siempre por detrás del crecimiento de la población. A continuación, nos preguntamos: suponiendo que la huella per cápita sea constante durante el resto del siglo XXI, ¿cuál sería la magnitud del rebasamiento en 2100? ¿A qué velocidad debe crecer la biocapacidad, en promedio, para converger hacia una extracción sostenible de recursos (rebasamiento cero)?

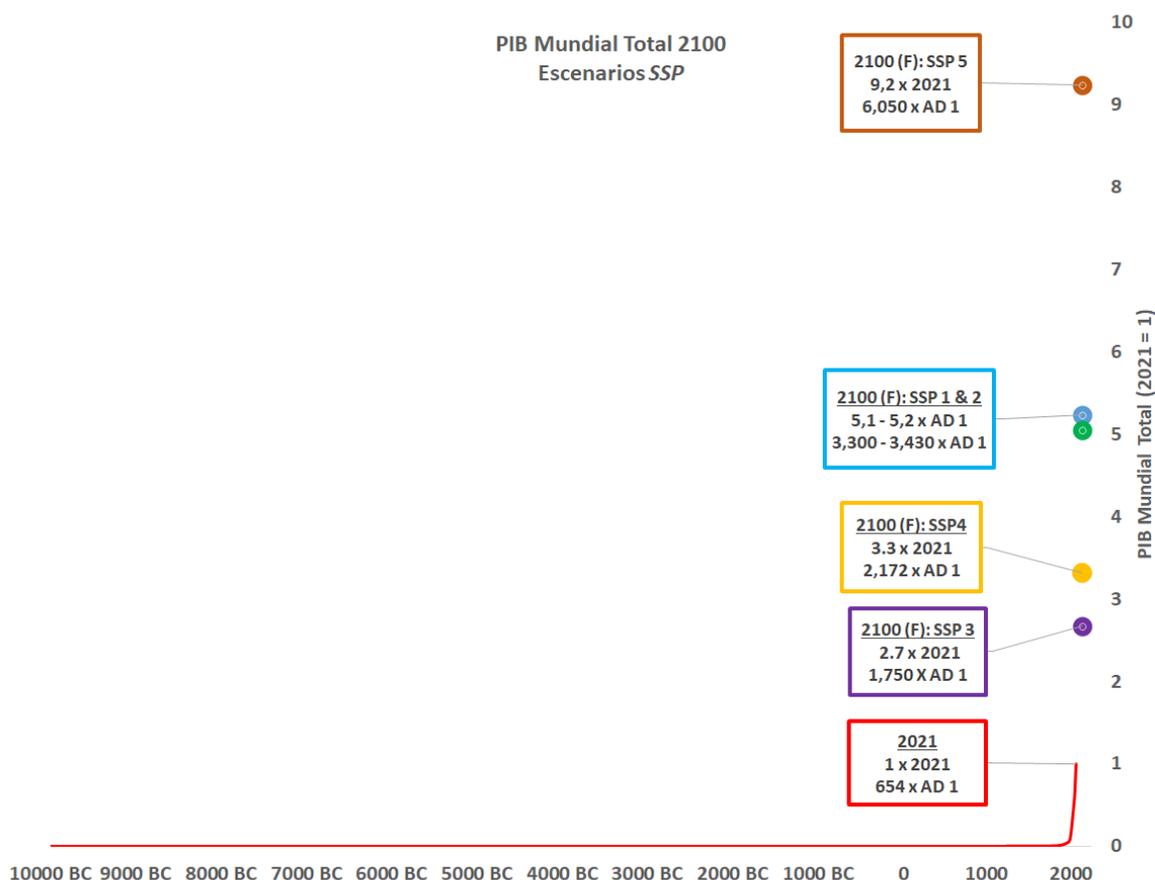
Estas respuestas se proporcionan en el cuadro 6, partiendo de la cruda suposición de que lo único que importa para la huella ecológica (demanda) es el tamaño de la población, motivada en parte por la evidencia de la sección anterior. El cuadro muestra que, independientemente del escenario elegido para la comparación, la biocapacidad debe crecer sistemáticamente más rápido que su tasa estimada desde 1960. Naturalmente, en el caso de las SSP con baja población, el aumento necesario de la tasa de crecimiento es más modesto (por ejemplo, 40% más en la SSP 1), mientras que requiere triplicar la tasa de crecimiento en el escenario de alta expansión poblacional SSP 3.

Cabe recalcar dos argumentos que sugieren que estas tasas de crecimiento requeridas para el crecimiento de la biocapacidad son límites inferiores de la velocidad a la que debe crecer la "eficiencia del capital natural" para revertir el daño ambiental documentado previamente. Por una

¹⁷ Aquí utilizamos un valor de 7.872 millones de personas en 2021, lo que supone un aumento del 1% de la población mundial en dicho año con respecto a la estimación de población de la ONU en 2020.

parte, como se mencionó en la sección 3, la medición del crecimiento de la biocapacidad esta probablemente sobrestimada, ya que se asume que su crecimiento no tiene otros efectos ecológicos adversos --por ejemplo, la descarga de nutrientes en napas subterráneas por exceso de fertilización.

Gráfico 11: PIB en los escenarios SSP de referencia (normalizado a 2021 = 1)



Fuente: cálculos propios, utilizando el proyecto Hyde, Piketty (2012) y las proyecciones de SSP (*shared socio-economic pathways*) para los niveles de población y per cápita de 2021-2100 (ver © SSP Public Database (Versión 2.0) <https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb>).

Por otro lado, el supuesto de que el crecimiento del PIB per cápita no afecta la huella ecológica podría resultar incorrecto, dada la relación entre consumo e ingreso per cápita que se mencionó en la sección anterior. Ambos elementos implican que el crecimiento en la eficiencia del capital natural, como múltiplo de lo observado hasta ahora, debiera ser mayor aún a lo reportado en la última columna del cuadro 6.

Incluso si tomamos estas cifras como correctas, ellas implican una realidad abrumadora: los resultados socioeconómicos que dan lugar a los escenarios de SSP, pero que al mismo tiempo detienen la alarmante e insostenible tendencia de degradación natural y destrucción de la biodiversidad, parecen altamente improbables. O, dicho de otro modo, el nivel de crecimiento y poblacional implícito en escenarios, para ocurrir en forma sostenible, tiene tantas probabilidades de materializarse como nuestras posibilidades de duplicar o triplicar la actual tasa de crecimiento

de la eficiencia del capital natural –por lo bajo. Si este proceso —muy poco comprendido y apenas documentado en forma empírica en economía— fuera de alguna manera comparable al análisis del crecimiento de la productividad total de factores —uno de los temas más estudiados en la literatura sobre *contabilidad del crecimiento*, el lector podría anticipar correctamente que tales probabilidades son bajas.

Cuadro 6: Huella ecológica y biocapacidad en los escenarios de SSP (población)

| | Población (MM) | Huella Ecológica ¹ (MM Ha) | Biocapacidad ² (MM Ha) | Rebasamiento (% biocapacidad) | Crecimiento biocapacidad requerido ³ (%) | Crec. requerido/crec. observado (veces) |
|------|-------------------|---|--------------------------------------|----------------------------------|--|--|
| 2100 | | | | | | |
| SSP1 | 6.880 | 19.074 | 16.948 | 13 | 0,57 | 1,4 |
| SSP2 | 8.998 | 24.946 | 16.948 | 47 | 0,91 | 2,2 |
| SSP3 | 12.625 | 35.002 | 16.948 | 107 | 1,34 | 3,3 |
| SSP4 | 9.266 | 25.690 | 16.948 | 52 | 0,95 | 2,3 |
| SSP5 | 7.362 | 20.412 | 16.948 | 20 | 0,66 | 1,6 |

Notas: (1) La proyección de la huella ecológica supone un valor per cápita constante de 2,8 hectáreas globales por persona (su valor de 2017), dado que no hay tendencias claras en la huella per cápita desde 1970. (2) La biocapacidad proyectada supone una tasa de crecimiento constante del 0,4% anual (su media desde 2017). (3) La tasa de crecimiento necesaria de la biocapacidad es la tasa de crecimiento anual promedio que la equipara a la huella ecológica en el año 2100 en cada escenario.

P3: ¿Qué escenarios de crecimiento son factibles para evitar mayores daños a la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, con incrementos moderados en nuestro factor de eficiencia natural?

Desde luego, esta es la pregunta más relevante pero también la más difícil de abordar. Responderla requerirá ampliar el estado de la modelización económico-natural, de modo que los escenarios socioeconómicos no se utilicen simplemente como insumos para evaluar sus consecuencias ambientales (como se utilizan actualmente las SSPs), sino que se deriven en equilibrio general a partir de los límites impuestos por la naturaleza, bajo proyecciones razonables sobre nuestra capacidad de limitar la intensidad de la naturaleza de nuestros procesos productivos.

La discusión anterior sigue de cerca el argumento planteado en *Dasgupta Review* (Dasgupta, 2021): la *desigualdad de impacto* —la brecha entre la huella ecológica y la biocapacidad— implica una dura realidad para la humanidad: evitar la destrucción de la naturaleza y el colapso de los servicios ecosistémicos probablemente implicará una moderación (y quizás hasta una contracción) ya sea en los niveles de PIB per cápita y/o población, incluso si hacemos avances importantes en el frente tecnológico. Como señala Dasgupta (2021): "Hay límites respecto de cuánto puede reducirse nuestra demanda global por los insumos de la naturaleza a partir de mejoras en la eficiencia de nuestra producción de bienes y servicios (...). Por eso, nuestras crudas estimaciones indican que debemos invertir en la naturaleza y atender a dos problemas que rara vez se abordan en la economía

del crecimiento y el cambio climático: encontrar formas *de reducir el consumo global per cápita* (las medidas de redistribución necesarias serían enormes) y *acelerar la transición demográfica* en países y regiones donde las familias numerosas son la norma" (énfasis añadido).

La mayoría de los resultados presentados son a niveles bastante agregados. Si bien de momento no podemos hacer escenarios detallados con mayores niveles de desagregación geográfica, al menos podemos insinuar algunas direcciones para el trabajo futuro. Una de las prioridades sería identificar los países ricos en biodiversidad y que se encuentran en las primeras fases de la transición demográfica, ya que son los lugares que corren mayor peligro de sufrir pérdidas masivas del capital natural restante. Casi todos estos países son pobres o de ingreso mediano bajo, comprenden una gran fracción de la población mundial y se concentran en el centro y el sur de África, así como en el sur y el este de Asia, y en parte de América del Sur y Central. Dado que existe una relación bien establecida entre las tasas de fertilidad y el desarrollo económico, los resultados mencionados sugieren que la inversión en capital humano y artificial que permita aumentar la productividad del capital natural será enormemente beneficiosa para acelerar la transición demográfica y reducir la huella ecológica.

Dado que la mayoría de estas personas viven en los trópicos o cerca de ellos, son muy vulnerables al aumento de las temperaturas globales y a los fenómenos meteorológicos extremos, por lo que para ellos una rápida transición a energías limpias y un énfasis en inversión de adaptación climática debería ser un componente fundamental en sus estrategias de desarrollo. Desafortunadamente, la mayoría de estos países también se encuentra en la categoría de países de alto riesgo financiero, por lo que enfrenta grandes desafíos para atraer las tan necesarias inversiones extranjeras. Esto representa un desafío significativo para el sistema financiero mundial y, como tal, justifica un examen más detallado por parte de la NGFS.

Por último, nada de esto será posible sin una moderación de las presiones del consumo sobre el capital natural. Esto requiere de acuerdos globales para usar herramientas a disposición de los gobiernos como la tributación, para sincerar los costos verdaderos de los bienes y servicios que consumimos. Un primer paso, que todavía enfrenta resistencias grandes, sería un acuerdo para gravar de manera uniforme las emisiones de carbono a lo largo de toda la cadena productiva. Pasos adicionales que tomen en cuenta las pérdidas de biodiversidad van a requerir esfuerzos mucho mayores para compensar ingresos que se perderían en países pobres. Ello será necesario no sólo por razones de equidad, sino también para reducir las presiones sobre la naturaleza justamente en las zonas donde se encuentra más amenazada.

6. Conclusiones

El crecimiento de la población y del nivel de vida ha sido en realidad extraordinario en los últimos 200 años. Pero tal crecimiento ha destruido la naturaleza a una velocidad igual de asombrosa. Pese a ser innegable, esta evidencia pasa bastante desapercibida en el pensamiento económico dominante.

Una diferencia clave entre la pérdida de biodiversidad y la degradación del medio ambiente con respecto al problema del Cambio Climático es que utilizamos la naturaleza no solo para proporcionar

energía. De hecho, la naturaleza es inseparable de prácticamente todo lo que producimos, lo que implica que desprenderse de ella es mucho más difícil que transformar la matriz energética que sustenta el consumo humano.

Dicho esto, es posible mejorar nuestro factor de eficiencia natural, y será una condición necesaria para evitar una mayor degradación de la naturaleza para cualquier posible escenario futuro. Tal como las emisiones de carbono de los combustibles fósiles son el grueso del problema del cambio climático, el cambio insostenible del uso del suelo es el principal impulsor de la pérdida de biodiversidad, lo que apunta a que se pueden obtener importantes beneficios cambiando las dietas o mejorando la eficiencia con la que cultivamos nuestras fuentes de alimentos, lo que pasa por reflejar estos costos en los precios de los alimentos que consumimos.

La evidencia también sugiere que, dada la función primordial del crecimiento de la población en la degradación del medio ambiente, la aceleración de la transición demográfica debiera ocupar un lugar destacado en cualquier estrategia para lograr un desarrollo sostenible a nivel mundial. Los países y territorios ricos en biodiversidad, pero pobres y en las primeras etapas de la transición demográfica, serán el principal campo de batalla para la preservación del capital natural, y la única manera de tener éxito será acelerando el crecimiento económico de manera eficiente, tanto en lo que respecta al uso del capital natural como a la expansión del capital humano y artificial.

Pero es importante reconocer —y verificar con investigación futura— que es poco probable que el progreso tecnológico sea suficiente por sí mismo. Probablemente tendremos que empezar a ajustar nuestras expectativas sobre los niveles de consumo per cápita futuro —lo que tiene implicancias trascendentales para consideraciones redistributivas— así como nuestras opciones de fertilidad.

Referencias

Banco Mundial (2018). *The Changing Wealth of Nations 2018: Building a Sustainable Future*, editado por G.M. Lange, Q. Wodon, y K. Carey. Disponible en doi:10.1596/978-1-4648-1046-6. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO

Banco Mundial (2021). *The Economic Case for Nature: A Global Earth-Economy Model to Assess Development Policy Pathways*.

Brundtland, G.H. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press.

Barnett, M., W. Brock, y L.P. Hansen (2021). "Climate Change Uncertainty Spillover in the Macroeconomy." Preparado para el Anuario Macroeconómico 2021.

Brooke, J.L. (2014). *Climate Change and the Course of Global History: a Rough Journey*. Cambridge University Press.

Dasgupta, P. (2021). "The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review—Full Report." <https://www.gov.uk/government/publications/final-report-the-economics-of-biodiversity-the-dasgupta-review>

Fogel, R.W. (2004). *The Escape from Hunger and Premature Death, 1700-2100: Europe, America, and the Third World* vol. 38. Cambridge University Press.

GEO BON (2015). *Global Biodiversity Change Indicators*, version 1.2. Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network Secretariat. Leipzig.

Goldewijk, K., A. Beusen, J. Doelman, y E. Stehfest (2017). "Anthropogenic Land Use Estimates for the Holocene—HYDE 3.2." *Earth System Science Data* 9(2). 927–53.

Gordon, R.J. (2016). *The Rise and Fall of American Growth*. Princeton University Press.

IPBES (2019). *Global Assessment Report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, editado por E.S. Brondízio, J. Settele, S. Díaz, y H.T. Ngo. IPBES secretariat, Bonn, Alemania. ISBN: 978-3-947851-20-1.

IPCC (2021). "Summary for Policymakers." En: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, editado por V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, y B. Zhou. Cambridge University Press. En prensa.

Maddison, A. (2007). *Contours of the world Economy 1-2030 AD: Essays in Macro-Economic History*. Oxford University Press.

Malthus, T. (1798). *An Essay on the Principle of Population. An Essay on the Principle of Population, as it Affects the Future Improvement of Society with Remarks on the Speculations of Mr. Godwin, M. Condorcet, and Other Writers*. St. Paul's churchyard, 4.

Meadows, Dennis, Donella Meadows, y J. Randers (1972). *The Limits to Growth*. Potomac Associates.

- Morris, I. (2010). *Why the West Rules – For Now*. Nueva York: Picador.
- Natural Capital Committee (2020). *End of Term Report to the Domestic and Economy Implementation Committee of the Cabinet*.
- Network for Greening the Financial System (2021). “NGFS Climate Scenarios for Central Banks and Financial Supervisors.”
- Nordhaus, W. (2019). “Climate Change: The Ultimate Challenge for Economics.” *American Economic Review* 109(6): 1991–2014.
- ONU (2012). *System of Environmental-Economic Accounting—Central Framework*.
- ONU (2021). *System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting*.
- Piketty, T. (2014). *Capital in the 21st Century*.
- Rockström and others (2009). “A Safe Operating Space for Humanity.” *Nature* 461(7263). 472–75.
- Sachs, Jeffrey D. (2015): *The Age of Sustainable Development*. Columbia University Press.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2020). *Global Biodiversity Outlook 5 – Summary for Policy Makers*. Montréal.
- Rosenberg, K.V. y otros (2019). Decline of the North American Avifauna. *Science*, septiembre.
- Volk, A.A. and J.A. Atkinson (2013). “Infant and Child Death in the Human Environment of Evolutionary Adaptation.” *Evolution and Human Behavior* 34(3): 182–92.
- Wackernagel, M. y BB. Beyers (2019). *Ecological footprint: Managing our Biocapacity Budget*. New Society Publishers.
- Wilson, E.O. (2002): *The Future of Life*. New York: Alfred A. Knopf.
- WWF (2020). *Living Planet Report 2020 - Bending the Curve of Biodiversity Loss*, editado por R.E.A. Almond, M. Grooten, y T. Petersen. Suiza: WWF, Gland.

Anexo: Fuentes de datos y transformaciones

Datos utilizados para las regresiones de uso del suelo:

El conjunto de datos incorpora variables de diferentes bases de datos, incluyendo Hyde 3.2, los Indicadores de Desarrollo del Banco Mundial, la base de datos del Proyecto Maddison y las Perspectivas de Población de las Naciones Unidas. También incluye 26 países/regiones en el análisis, sobre la base de la estructura y definición de territorios de Hyde 3.2.

Las variables de uso del suelo, tierras de cultivo, pastoreo e irrigación provienen de la base de datos Hyde 3.2. El conjunto de datos original contiene información desde el año -10.000 a.C. hasta el año 2020, con diferentes marcos temporales entre las observaciones. Primero cada 1.000 años hasta el año 0, después de eso la frecuencia es de 100 años hasta 1700, luego cada 10 años hasta 2000 y después cada año hasta 2020. El conjunto de datos incluye datos de 26 países/regiones.

Las variables de emisiones de CO₂, emisiones de efecto invernadero, tierras agrícolas, tierras totales, población rural, tasa de fertilidad, esperanza de vida, rendimiento de los cultivos y tierras forestales provienen del conjunto de datos de Indicadores de Desarrollo del Banco Mundial. Estos incluyen información para 266 países y agregados y comienza en 1960 (con diferentes fechas según la variable) hasta 2020 (también con diferentes fechas según la variable).

El PIB per cápita y la población provienen de la Base de Datos del Proyecto Maddison 2020 (MPD). La MPD contiene datos del año 1 al 2018 para un conjunto de 169 países. Para completar las observaciones hasta el año 2020, se utilizó la variación de la población de la ONU en esos años y se hizo lo mismo con los datos del PIB del BM. Para construir el panel, se fusionaron estos 4 conjuntos de datos utilizando la clasificación de regiones de Hyde (26 países/regiones) y partiendo del año 1820.

Dado el número de valores que faltan en algunas regiones para las variables PIB per cápita y población, se realizaron algunas modificaciones del conjunto de datos original. Por ejemplo, en el caso de Rusia, teniendo en cuenta que los datos del PIB pc empezaron en 1960, utilizamos las tasas de crecimiento del PIB de la URSS como proxy del PIB de los años anteriores. En el caso de Sudáfrica, las cifras de población comenzaron en 1950. Para incluir la información anterior en el análisis, se utilizaron los datos de la base de datos de población *Our World in Data* (OWD). En concreto, se tomó la tasa de crecimiento de la población y se atribuyó a nuestra serie original. El mismo proceso se aplicó en el caso de Brasil, Oriente Medio y Corea.

Para todas las regiones, los datos sobre el total de tierras para las primeras fechas se extrapolan a partir de la primera cifra disponible.

Interpolación de datos

Para minimizar el número de observaciones que faltan en el panel, interpolamos o imputamos algunos datos. Específicamente, para Corea, África del Norte, África Occidental y Rusia en 1910; Turquía y Sudáfrica en 1910 y 1920; Ucrania y Asia-Stan¹⁸ en 1970; India en 1820, 1830, 1840, 1860

¹⁸ Agregado de países en la base Hyde. Este incluye: Kazajistán, Tayikistán, Kirguistán, Turkmenistán y Uzbekistán.

y 1880; y Japón en 1880, imputamos o interpolamos los datos de población o PIB con el dato más cercano disponible (en ningún caso la diferencia es superior a 6 años).

Una vez definido el panel con una frecuencia de 10 años, se interpolan los datos del PIB y de la población en una serie de fechas de la región:

- México: 1830-1840, 1860; 1880 (solo PIB);
- Resto de América Central: 1830-1840, 1860; 1880-1890.
- Brasil: 1830-1840, 1860.
- Norte de África: 1830-1860, 1880-1900, 1920-1940.
- África Occidental: 1880-1900, 1920-1940.
- Europa Central: 1830-1840, 1860; 1880.
- Turquía: 1830-1860, 1880-1900.
- Oriente Medio: 1830-1840, 1860, 1880-1890, 1910, 1930.
- Corea: 1830-1840, 1860, 1880 (población).
- China +: 1860, 1880.
- Asia Meridional: 1830-1840, 1860, 1880.
- Japón: 1830-1840, 1860.
- Resto de Asia Meridional: 1830-1840, 1860.

Además, algunos datos con errores tipográficos o cambios extraordinarios entre períodos (sin la debida explicación) se sustituyen por tasas interpoladas. Así, sustituimos algunas cifras anómalas en los datos de uso del suelo de Japón y Corea en 1950; algunas cifras de población en el sur de Asia antes de 1940, y en Sudamérica en el siglo XIX; y los datos del PIB en China + en 1910-1920 y 1940.

Estimaciones basadas en el Índice Planeta Vivo (IPV):

Para el cálculo del Índice Planeta Vivo (IPV) utilizamos los datos y seguimos la metodología del Informe Planeta Vivo 2020¹⁹. En concreto, estimamos el IPV para diferentes grupos de países (por ejemplo, en función de su nivel de ingresos, el crecimiento de los ingresos o el crecimiento de la población) utilizando los datos de la *Base de Datos del Planeta Vivo*²⁰ y el paquete oficial *rlpi*²¹ (R), que calcula los índices utilizando la metodología del Índice del Planeta Vivo introducida por McRae et al. (2017)²².

Con el fin de calcular los índices para subconjuntos de países diferentes a los definidos por McRae et al. (2017) y por el Informe Planeta Vivo, realizamos ligeras modificaciones en el código R. En primer lugar, utilizando la misma estructura del código y los datos, definimos tres grupos diferentes de países (alto, medio y bajo)²³ en función de:

¹⁹ WWF (2020).

²⁰IPV 2020. Base de datos del Índice del Planeta Vivo. 2020. < www.livingplanetindex.org/>. Descargado el 8 de septiembre de 2021.

²¹Descargado de <https://github.com/Zoological-Society-of-London/rlpi>.

²²McRae, Louise, Stefanie Deinet y Robin Freeman. "The diversity-weighted Living Planet Index: controlling for taxonomic bias in a global biodiversity indicator." *PloS one* 12.1 (2017): e0169156.

²³ Metodológicamente, los grupos se definen en el código de la misma manera que las regiones de la IPBES en los datos originales.

- Su *nivel* de PIB per cápita (PPA, USD 2010) en 1970 (o el año más cercano con datos disponibles);
- Su tasa de crecimiento del PIB per cápita entre 1970 (o el año más cercano con datos disponibles) y 2014; y
- Su tasa promedio de *crecimiento* de la población entre 1970 (o el año más cercano con datos disponibles) y 2014.²⁴

Dado que la disponibilidad de datos entre países y regiones es muy heterogénea, definimos los umbrales de las variables de clasificación (respectivamente, el nivel y el crecimiento del PIB per cápita y el crecimiento de la población) para garantizar un número mínimo de poblaciones en cada subgrupo (alto, medio y bajo), y permitir así la estimación del IPV con intervalos de confianza limitados. El cuadro A1 presenta los intervalos percentiles y el número de países y series de población incluidos en cada uno de los subconjuntos. El cuadro A2 recoge las clasificaciones.

Cuadro A1 – Intervalos percentiles, número de países y series de población incluidos en los subconjuntos del IPV

| | | | Variable ranking | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------|--------|-------------------------------|----------------------------------|
| | | | PIB 1970 | PC | Crecimiento del PIB 1970-2014 | Crecimiento de la pob. 1970-2014 |
| Subconjunto | Bajo | Intervalo perc. | [0,62) | | [0,49) | [0,32) |
| | | Países | 129 | | 95 | 70 |
| | | Pob terrestre | 1.417 | | 1.022 | 1.987 |
| | | Pob. total | 3.266 | | 3.039 | 5.612 |
| | Medio | Intervalo perc. | [62,84) | | [49,60) | [32,50) |
| | | Países | 50 | | 23 | 39 |
| | | Pob. terrestre | 1.301 | | 2.077 | 1.363 |
| | | Pob. total | 3.285 | | 7.256 | 5.422 |
| | Alto | Intervalo perc. | [84,100] | | [60-100] | [50,100] |
| | | Países | 31 | | 88 | 110 |
| | | Pob. terrestre | 2.108 | | 1.727 | 1.487 |
| | | Pob. total | 8.053 | | 4.306 | 3.625 |
| Total | Países | 210 | | 206 | 219 | |
| | Pob. terrestre | 4.826 | | 4.826 | 4.837 | |
| | Pob. total | 14.604 | | 14.601 | 14.659 | |

También ajustamos las ponderaciones utilizadas considerando el hecho de que los datos del IPV no representan necesariamente la riqueza real de especies en las dimensiones geográficas y taxonómicas. Específicamente, para cada ejercicio (dependiendo de la variable de clasificación utilizada) actualizamos las tablas 10-13 de McRae et al. (2017) en función de la composición de cada subconjunto definido.

²⁴ Utilizamos el ingreso per cápita del PIB (PPA, USD 2010) y los datos de población de WDI, complementados con datos de la ONU.

Cuadro A2 – Clasificaciones de países del IPV (*)

| País | PIB pc 1970 | Crec. PIB pc | Crec. Poblac. | País | PIB pc 1970 | Crec. PIB pc | Crec. Poblac. | País | PIB pc 1970 | Crec. PIB pc | Crec. Poblac. | País | PIB pc 1970 | Crec. PIB pc | Crec. Poblac. |
|----------------------|-------------|--------------|---------------|--------------------|-------------|--------------|---------------|---------------------|-------------|--------------|---------------|--------------------------|-------------|--------------|---------------|
| Afganistán | B | A | A | Dominica | B | A | B | Libano | B | M | A | Santo Tomé y Príncipe | B | M | A |
| Albania | B | A | B | Rep. Dominicana | B | A | A | Lesotho | B | A | M | Arabia Saudita | A | B | A |
| Argelia | B | B | A | Ecuador | B | M | A | Liberia | B | B | A | Senegal | B | B | A |
| Samoa Americana | M | B | M | Egipto | B | A | A | Libia | M | B | A | Serbia | B | A | B |
| Andorra | A | B | A | El Salvador | B | B | M | Liechtenstein | A | M | | Seychelles | B | A | M |
| Angola | B | B | A | Guinea Ecuatorial | B | A | A | Lituania | M | A | B | Sierra Leona | B | B | A |
| Antigua y Barbuda | M | A | B | Eritrea | B | A | A | Luxemburgo | A | A | M | Singapur | M | A | A |
| Argentina | M | B | M | Estonia | M | A | B | Macao | M | A | A | Sint Maarten | | | A |
| Armenia | B | A | B | Esuatini | B | A | A | Madagascar | B | B | A | Eslovaquia | M | A | B |
| Aruba | M | M | M | Etiopía | B | A | A | Malawi | B | B | A | Eslovenia | M | M | B |
| Australia | A | M | M | Islas Feroe | A | B | | Malasia | B | A | A | Islas Salomón | B | B | A |
| Austria | A | A | B | Fiyi | B | B | M | Maldivas | B | A | A | Somalia | | | A |
| Azerbaiyán | B | A | M | Finlandia | A | A | B | Malí | B | B | A | Sudáfrica | M | B | A |
| Las Bahamas | A | B | A | Francia | A | M | B | Malta | B | A | B | Sudán del Sur | B | B | A |
| Bahrein | M | B | A | Polinesia Francesa | | | A | Islas Marshall | B | B | A | España | M | M | B |
| Bangladesh | B | M | A | Gabón | M | B | A | Mauritania | B | B | A | Sri Lanka | B | A | M |
| Barbados | M | B | B | Gambia | B | B | A | Mauricio | B | A | B | San Cristóbal y Nieves | B | A | B |
| Bielorrusia | B | A | B | Georgia | B | B | B | México | M | B | A | Santa Lucía | B | A | M |
| Bélgica | A | M | B | Alemania | A | M | B | Micronesia | B | B | M | San Martín (Francia) | | | A |
| Belice | B | A | A | Ghana | B | B | A | Moldavia | B | A | B | Gan Vicente y las Granad | B | A | B |
| Benín | B | B | A | Gibraltar | | | B | Mónaco | A | M | M | Sudán | B | A | A |
| Bermudas | A | B | B | Grecia | M | B | B | Mongolia | B | A | A | Surinam | M | B | B |
| Bután | B | A | A | Groenlandia | M | A | B | Montenegro | B | M | B | Suecia | A | M | B |
| Bolivia | B | B | A | Granada | B | A | B | Marruecos | B | A | M | Suiza | A | B | B |
| Siria | B | A | B | Guam | M | B | M | Mozambique | B | A | A | Siría | M | B | A |
| Botsuana | B | A | A | Guatemala | B | B | A | Myanmar | B | A | M | Taiwán | B | A | B |
| Brasil | M | A | M | Rep. Guinea | B | B | A | Namibia | B | B | A | Tadjikistan | B | B | A |
| Islas Vírgenes Britá | | | A | Guinea Bissau | B | B | A | Nauru | B | A | B | Tanzania | B | A | A |
| Brunei Darussalam | A | B | A | Guyana | B | B | B | Nepal | B | A | A | Tailandia | B | A | M |
| Bulgaria | B | A | B | Haiti | B | B | A | Países Bajos | A | M | B | Timor Oriental | B | M | M |
| Burkina Faso | B | A | A | Honduras | B | B | A | N. Caledonia | | | A | Togo | B | B | A |
| Burundi | B | B | A | Hong Kong | M | A | M | N. Zelandia | M | B | M | Tonga | B | A | B |
| Cabo Verde | B | A | M | Hungría | M | M | B | Nicaragua | B | B | A | Trinidad y Tobago | M | A | B |
| Camboya | B | A | M | Islandia | A | M | M | Níger | B | B | A | Túnez | B | A | M |
| Camerún | B | B | A | India | B | A | A | Nigeria | B | B | A | Turquía | B | A | A |
| Canadá | A | M | M | Indonesia | B | A | A | Macedonia del Norte | B | B | B | Turkmenistan | B | A | A |
| Islas Caimán | A | B | A | Irán | M | B | A | Marianas del Norte | M | B | A | Islas Turcas y Caicos | M | | A |
| Rep. Centroafricana | B | B | A | Iraq | B | A | A | Noruega | A | A | B | Tuvalu | B | B | M |
| Chad | B | B | A | Irlanda | M | A | B | Omán | M | B | A | Uganda | B | A | A |
| Islas del Canal | | | B | Isle de Man | M | A | B | Pakistán | B | M | A | Ucrania | B | B | B |
| Chile | M | A | M | Israel | M | B | A | Palau | M | B | B | Emiratos Árabes Unidos | A | B | A |
| China | B | A | M | Italia | M | B | B | Panamá | B | A | A | Reino Unido | A | A | B |
| Colombia | B | A | M | Jamaica | M | B | B | Papúa-Nueva Guine | B | B | A | Estados Unidos | A | M | B |
| Comores | B | B | A | Japón | A | A | B | Paraguay | B | A | A | Uruguay | M | A | B |
| Rep. Dem. Congo | B | B | A | Jordania | B | B | A | Perú | B | B | A | Uzbekistán | B | A | A |
| Congo | B | B | A | Kazajstán | M | A | B | Filipinas | B | B | A | Vanuatu | B | B | A |
| Costa Rica | B | A | A | Kenia | B | B | A | Polonia | M | A | B | Venezuela | M | B | A |
| Costa de Marfil | B | B | A | Kiribati | B | B | M | Portugal | M | A | B | Vietnam | B | A | M |
| Croacia | M | M | B | Corea del Norte | B | B | M | Puerto Rico | M | A | B | Islas Vírgenes Americana | A | B | M |
| Cuba | B | A | B | Corea del Sur | B | A | B | Qatar | A | B | A | Cisjordania y Gaza | B | M | A |
| Curazao | | | B | Kosovo | B | A | A | Rumanía | M | A | B | Yemen | B | B | A |
| Chipre | M | A | M | Kuwait | A | B | A | Rusia | M | B | B | Zambia | B | B | A |
| Rep. Checa | M | B | B | Kirguistán | B | B | M | Ruanda | B | B | A | Zimbabwe | B | B | A |
| Dinamarca | A | B | B | Laos | B | A | A | Samoa | B | B | B | | | | |
| Yibuti | M | B | A | Letonia | B | A | B | San Marino | A | B | M | | | | |

(*) Referencias: A: alto; M: medio; B: bajo.

