

CAPÍTULO 2

La fuerza motriz:
el crecimiento exponencial

He descubierto con gran horror que no he sido inmune a la ingenuidad acerca de las funciones exponenciales. [...] Aunque he sido consciente de que los problemas interrelacionados de pérdida de biodiversidad biológica, deforestación tropical, retroceso de los bosques en el hemisferio norte y cambio climático crecen exponencialmente, creo que hasta este año no he comprendido realmente con qué rapidez acelerada se cierne su amenaza sobre nosotros.

THOMAS E. LOVEJOY, 1988

La primera causa de la extralimitación es el crecimiento, la aceleración, el cambio rápido. Durante más de un siglo, muchas características físicas del sistema mundial han crecido a gran velocidad. Por ejemplo, la población, la producción de alimentos, la producción industrial, el consumo de recursos y la contaminación no dejan de crecer, en muchos casos de forma cada vez más rápida. Su aumento sigue una pauta que los matemáticos denominan *crecimiento exponencial*.

Esta pauta es muy común. Las figuras 2-1 y 2-2 ilustran dos ejemplos muy distintos: el número de toneladas de haba de soja producidas cada año y el número de personas de las regiones menos desarrolladas que viven en zonas urbanas. Unas condiciones climáticas extremas, los vaivenes de la economía, los cambios tecnológicos, las epidemias o las convulsiones civiles pueden imprimir pequeñas oscilaciones a las curvas

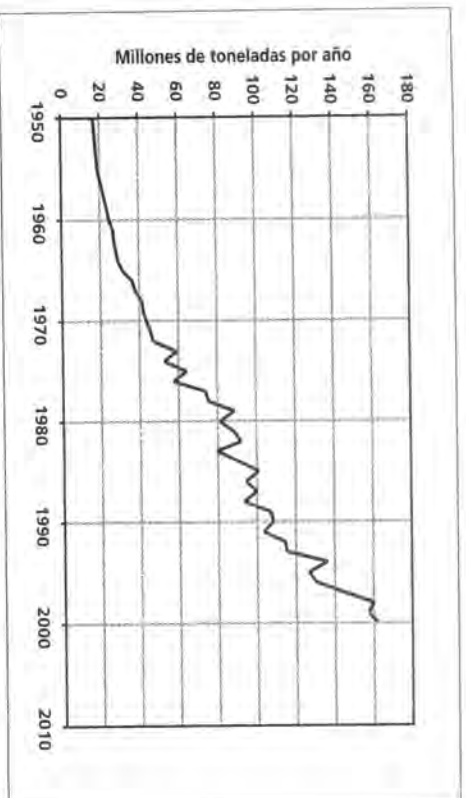


Figura 2-1 Producción mundial de haba de soja

La producción mundial de haba de soja crece desde 1950 con un periodo de duplicación de 16 años. (Fuentes: Worldwatch Institute; FAO.)

regulares, pero en su conjunto el crecimiento exponencial ha sido un comportamiento dominante del sistema socioeconómico humano desde la Revolución Industrial.

Este tipo de crecimiento tiene rasgos sorprendentes que dificultan mucho su control. Por ello, antes de analizar las opciones a largo plazo, definiremos la noción del crecimiento exponencial, describiendo sus causas y examinando los factores que gobiernan su trayectoria. El crecimiento físico en un planeta finito tiene por fuerza que llegar alguna vez a su fin. Pero la pregunta es: ¿cuándo? ¿Qué fuerzas provocarán su declive? ¿En qué condiciones quedarán la humanidad y el ecosistema mundial una vez haya cesado? Para responder a estas preguntas es necesario comprender la estructura del sistema que hace que la población y la economía humanas tiendan constantemente a crecer. Este sistema se halla

en el núcleo del modelo World3 y a nuestro juicio es un rasgo definitorio de la sociedad global.

Las matemáticas del crecimiento exponencial

Tomemos un trozo de tela y dóblelo por la mitad. No ha hecho más de doblar su grosor. Dóblelo de nuevo por la mitad para que sea cuatro veces más grueso. Dóblelo otra vez, y después una cuarta vez. Ahora su grosor es 16 veces mayor que el que tenía al principio, es decir, más o menos un centímetro.

Si pudiéramos seguir doblando el trozo de tela de esta manera otras 29 veces, con lo que lo habríamos he-

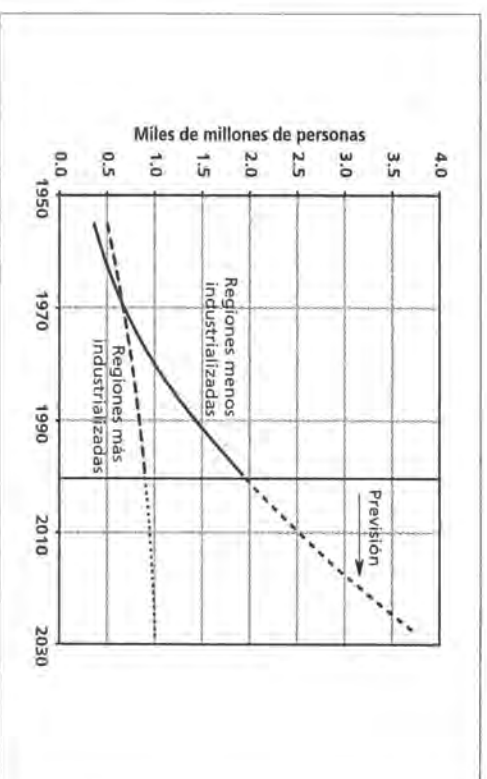


Figura 2-2 Población urbana mundial

Durante el último medio siglo, la población urbana ha crecido exponencialmente en las regiones menos industrializadas del mundo, pero casi linealmente en las regiones más industrializadas. El periodo de duplicación medio de las poblaciones urbanas en las regiones menos industrializadas era de 19 años. Se prevé que esta tendencia continúe durante varios decenios. (Fuente: ONU.)

cho 33 veces en total, ¿qué grosor cree que tendrá? ¿Me- nos de un palmo? ¿Entre uno y diez palmos? ¿Entre 10 palmos y 1 kilómetro?

Claro que no es posible doblar un trozo de tela por la mitad 33 veces. Pero si pudiéramos, el trozo de tela sería tan grueso que alcanzaría desde Boston hasta Frankfurt, o sea, unos 5.400 kilómetros¹.

El crecimiento exponencial —el proceso de doblar y volver a doblar y así una y otra vez— es sorprendente, porque produce magnitudes gigantescas de forma muy rápida. Las magnitudes que crecen exponencialmente pueden llevarnos a engaño porque la mayoría de noso- tros concebimos el crecimiento como un proceso lineal. Una magnitud crece *linealmente* cuando *su incremento es una magnitud constante durante un período determi- nado*. Si una cuadrilla de trabajadores construye 1 kiló- metro de carretera cada semana, la vía crece linealmente. Si un niño mete cada año siete dólares en su hucha, el ahorro crece linealmente. La cantidad de asfalto añadi- do no depende de la longitud de la carretera ya cons- truida, y el importe del ahorro anual no está influido por el dinero que ya está en la hucha. Cuando un fac- tor experimenta un crecimiento lineal, *el importe de su incremento siempre es el mismo en un determinado es- pacio de tiempo*; no depende de la cantidad previamen- te acumulada del factor.

Una magnitud crece *exponencialmente* cuando *su incremento es proporcional a la cantidad preexistente*. Una colonia de células de levadura en la que cada célu- la se divide en dos cada 10 minutos crece exponencial- mente. Por cada célula existente, al cabo de 10 minutos habrá dos. Transcurridos otros diez minutos, habrá 4, 10 minutos después habrá 8, luego 16 y así sucesiva- mente. Cuantas más células de levadura existan, tan- to más se generarán nuevas por unidad de tiempo. Una

empresa que logra incrementar sus ventas en cierto porcentaje un año tras otro crecerá exponencialmente. *Cuando un factor experimenta un crecimiento expo- nencial, la magnitud del aumento crecerá de un perio- do a otro*; depende de la cantidad previamente acumu- lada del factor en cuestión.

Para ilustrar la enorme diferencia que existe entre el crecimiento lineal y el exponencial, pensemos en dos maneras de incrementar la suma de 100 dólares: uno puede depositar el dinero en una cuenta bancaria para acumular intereses o meterlo en una hucha para añadir un importe fijo cada año. Si colocamos un único depó- sito de 100 dólares en un banco que da un 7% de inte- rés anual, compuesto anualmente, y acumula el interés devengado en la misma cuenta, el dinero invertido cre- cerá exponencialmente. Cada año se añadirá un impor- te al dinero que ya hay en la cuenta. La proporción que se añade es constante, del 7%, pero el importe absolu- to añadido aumentará. Dicho importe es de 7 dólares al término del primer año. El interés del segundo año será del 7% de 107 dólares, es decir, 7,49 dólares, suman- do un total de 114,49 dólares al comienzo del tercer año. Un año después, el interés será de 8,01 dólares y el total de 122,50 dólares. Al cabo de diez años, la cuen- ta habrá aumentado a 196,72 dólares.

Si uno mete los 100 dólares en una hucha y añade cada año 7 dólares, la cantidad de dinero crecerá lineal- mente. Al final del primer año, en la hucha habrá tam- bién 107 dólares, al igual que en la cuenta bancaria. Al término del décimo año, la hucha contendrá 170 dóla- res, menos que el dinero que habrá en la cuenta banca- ria, aunque no mucho menos.

Al principio, ambas estrategias de ahorro parecen generar resultados muy similares, pero el efecto explo- sivo de la acumulación exponencial sostenida salta fi-

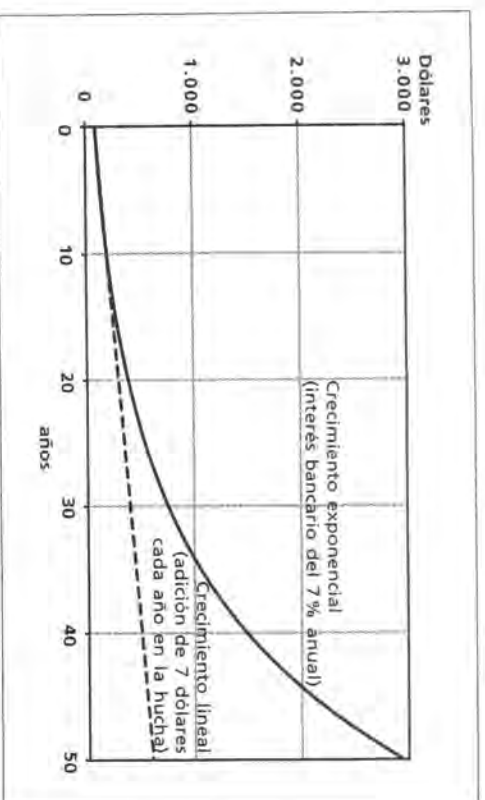


Figura 2-3 *Aumento lineal y exponencial del ahorro*

Si una persona mete 100 dólares en una hucha y añade cada año 7 dólares, el ahorro crecerá linealmente, como muestra la línea discontinua. Si en cambio invierte los 100 dólares en un banco a cambio de un 7 % de interés anual, esos 100 dólares crecerán exponencialmente, con un período de duplicación de unos diez años.

nalmente a la vista (figura 2-3). Al término del vigésimo año, en la hucha habrá 240 dólares, mientras que el importe de la cuenta bancaria será de casi 400. Pasados treinta años, el aumento lineal del ahorro en la hucha habrá alcanzado 310 dólares. La cuenta bancaria, con un interés anual del 7 %, arrojará un saldo de poco más de 761 dólares. Así que en treinta años el crecimiento exponencial del 7 % anual produce dos veces más que el crecimiento lineal, por mucho que en ambos casos se partiera de la misma cantidad depositada. Transcurridos cincuenta años, en la cuenta bancaria hay 6,5 veces más dinero que en la hucha, casi 2.500 dólares más.

Las consecuencias inesperadas del crecimiento exponencial han fascinado a las personas durante siglos.

Una leyenda persa cuenta que un avezado cortesano regaló al rey un bello tablero de ajedrez y le pidió que a cambio le diera un grano de arroz por el primer cuadro del tablero, dos granos por el segundo, cuatro por el tercero, y así sucesivamente.

El rey accedió y ordenó que trajeran arroz de su almacén. Por el cuarto cuadro del tablero de ajedrez tuvo que entregar 8 granos, por el décimo ya eran 512 granos, por el decimoquinto 16.384, y el vigésimo primer cuadro le reportó al cortesano más de un millón de granos de arroz. Para el cuadragésimo primer cuadro había que entregar un billón (10^{12}) de granos. La contrapartida nunca podría haberse satisfecho porque para llegar al último cuadro habría hecho falta más arroz que el que había en todo el mundo.

Un acertijo francés ilustra otro aspecto del crecimiento exponencial: la forma en apariencia repentina en que una cantidad que crece exponencialmente se aproxima a un límite fijo. Una persona tiene un estanque y un día observa que en el mismo ha salido un nenúfar. Sabe que el nenúfar doblará su tamaño cada día y calcula que si deja crecer la planta sin vigilar, ésta cubrirá totalmente el estanque al cabo de 30 días, ahogando las demás formas de vida que hay en el agua. Pero al comienzo el nenúfar parece pequeño, así que el propietario del estanque decide no preocuparse, para intervenir sólo cuando la planta cubra la mitad del estanque. ¿Cuánto tiempo se ha dado para evitar la destrucción del estanque?

¡Nada más que un día! Al cabo de 29 días, el estanque está medio cubierto por el nenúfar, pero al día siguiente —después de la última duplicación— estará completamente tapado. Al principio parece razonable posponer toda intervención hasta que el estanque esté medio cubierto. A los 21 días, la planta apenas cubre

el 0,2 % del estanque. A los 25 días, cubre poco más del 3 %. De modo que la decisión de esperar no deja más que un día para salvar el estanque².

Podemos ver, entonces, cómo el crecimiento exponencial, combinado con respuestas retrazadas, puede conducir a la extralimitación. Durante mucho tiempo, el crecimiento parece insignificante y a simple vista no hay problema. Entonces, de repente, el cambio se vuelve más y más rápido hasta que, con las últimas duplicaciones, ya no queda tiempo para reaccionar. La crisis evidente del último día del estanque del nenúfar no se debe a ningún cambio del proceso subyacente; la tasa de crecimiento porcentual del nenúfar se mantiene perfectamente constante a lo largo de todo el mes. Sin embargo, este crecimiento exponencial se acumula de pronto para crear un problema que resulta incontrolable.

Cualquiera puede experimentar por sí mismo este súbito paso de la insignificancia a la sobrecarga. Imaginemos que nos proponemos comer un cacahuete el primer día del mes, dos el segundo, cuatro el tercero y así sucesivamente. Al comienzo, compraremos y comemos una cantidad insignificante de cacahuets. Pero mucho antes de finales de mes se verían afectadas tanto nuestra cuenta bancaria como nuestra salud. ¿Durable cuánto tiempo podría uno proseguir con este crecimiento exponencial de la ingesta de alimentos con un período de duplicación de un día? El décimo día del mes tendría que consumir menos de un cuarto de kilo de cacahuets, pero el último día del mes esta práctica de doblar el consumo cada día que pasa le obligaría a comprar y comer más de 500 toneladas de cacahuets.

El experimento de los cacahuets no causaría ningún daño grave porque un día simplemente contempláramos el montón de cacahuets y abandonaríamos. En este ejemplo no se producen desfases significativos en

tre el momento en que se emprende una actividad y se sienten de lleno sus consecuencias.

Una magnitud que crece con arreglo a una ecuación puramente exponencial se duplica en un período constante. En el caso de la colonia de levadura, el período de duplicación era de 10 minutos. El dinero depositado en el banco a un 7 % de interés se duplica más o menos cada diez años. En el caso del nenúfar y en el experimento de los cacahuets, el período de duplicación es exactamente de un día. Existe una relación simple entre la tasa de crecimiento en términos porcentuales y el tiempo que tardará una magnitud en duplicarse. El período de duplicación es aproximadamente igual a 72 dividido entre la tasa de crecimiento porcentual³. Esto queda ilustrado en el cuadro 2-1:

CUADRO 2-1
PERÍODOS DE DUPLICACIÓN

Tasa de crecimiento (% anual)	Períodos de duplicación aproximados (años)
0,1	720
0,5	144
1,0	72
2,0	36
3,0	24
4,0	18
5,0	14
6,0	12
7,0	10
10,0	7

Podemos citar el ejemplo de Nigeria para ilustrar las consecuencias de la duplicación sostenida. En 1950, este país tenía una población de unos 36 millones. En el año 2000, esta población ya había aumentado a

unos 125 millones. A lo largo de la segunda mitad del siglo XX, la población de Nigeria aumentó casi al cuádruplo. En el año 2000 la tasa de crecimiento oficial era del 2,5 % anual⁴. El período de duplicación correspondiente era de aproximadamente 72 dividido entre 2,5 o alrededor de 29 años. Si esta tasa de crecimiento demográfico se mantuviera igual en el futuro, la población nigeriana seguiría una trayectoria como la del cuadro 2-2.

Una niña nigeriana nacida en el año 2000 se sumó a una población cuatro veces más numerosa que la que tenía Nigeria en 1950. Si el crecimiento del país se mantiene constante más allá del año 2000, y esta niña vive 87 años, verá cómo la población se multiplicará *ocho veces*. Hacia finales del siglo XXI habría 8 nigerianos por cada uno que vivía en 2000, y 28 por cada uno que vivía en 1950. ¡Nigeria tendría entonces más de mil millones de habitantes!

CUADRO 2-2
CRECIMIENTO EXTRAPOLADO DE LA POBLACIÓN
DE NIGERIA

Año	Población (millones de habitantes)
2000	125
2029	250
2058	500
2087	1.000

Nigeria ya es uno de los numerosos países que sufren hambre y deterioro ambiental. Está claro que su población no puede seguir multiplicándose otra vez por ocho. El único motivo para hacer un cálculo como el del cuadro 2-2 es ilustrar el álgebra de los períodos de

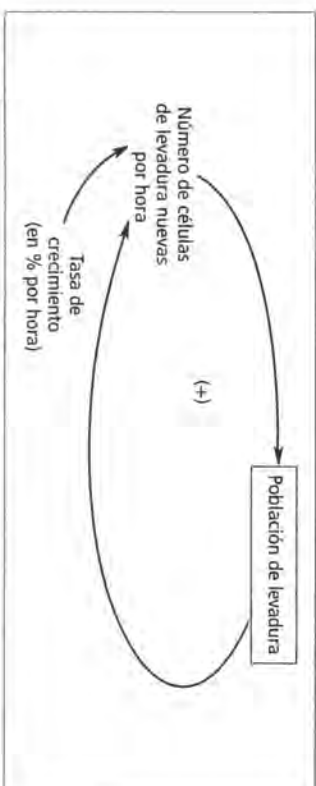
duplicación y demostrar que *el crecimiento exponencial nunca puede perdurar mucho en un espacio finito con recursos finitos*.

¿Por qué, entonces, prosigue este crecimiento en el mundo actual? ¿Y qué puede pararlo?

Magnitudes que crecen exponencialmente

El crecimiento exponencial se produce de dos maneras distintas. Si una entidad se autorreproduce, lleva inherentemente su crecimiento exponencial. Si una entidad es impulsada por algo que crece exponencialmente, su crecimiento es derivado.

Todos los seres vivos, desde las bacterias hasta las personas, forman parte de la primera categoría. Las criaturas son fruto de criaturas. Ilustramos la estructura sistémica de una población que se autorreproduce con un diagrama como éste:



Ciclo de realimentación del crecimiento de la población de levadura

El formato del diagrama anterior es propio de nuestra disciplina, la dinámica de sistemas, y es bastante preciso. El recuadro que enmarca la población de levadura

indica que se trata de *existencias*—una acumulación, el resultado neto de todos los procesos anteriores por los que crece y decrece la levadura. Las flechas indican una causa o influencia, que pueden ejercerse de muchas maneras. En este diagrama, la flecha superior representa la influencia de los flujos físicos y significa que las nuevas células de levadura se incorporan a las existencias e incrementan la población de levadura. La flecha inferior representa la influencia de la información; significa que el volumen de las existencias afecta a la producción de nueva levadura. Cuanto mayores sean las existencias, tantas más células nuevas pueden producirse mientras no ocurra nada que altere la tasa de crecimiento. (Hay factores que modifican la tasa de crecimiento, por supuesto. Para simplificar se han omitido de este diagrama, pero volveremos sobre ello más adelante.)

El signo (+) en el centro del ciclo quiere decir que los dos flechas conjuntamente generan un *ciclo de realimentación positivo* o *de refuerzo*. Un ciclo de realimentación positivo es una cadena de relaciones de causa y efecto cerrada en sí misma que genera un cambio que se autorrefuerza. Opera de tal manera que un cambio de cualquier elemento de cualquier parte del ciclo tendrá consecuencias que repercuten en cascada a lo largo de la cadena, variando finalmente todavía más el elemento original en el mismo sentido. Un aumento causará nuevos incrementos; una disminución dará lugar finalmente a un nuevo decrecimiento.

En la dinámica de sistemas, la noción de *ciclo positivo* no significa necesariamente que el ciclo genere resultados favorables. Simplemente refleja el sentido de *refuerzo* de la influencia causal a lo largo del ciclo. De modo similar, los ciclos de realimentación negativos, que seguidamente comentaremos más a fondo, no producen por fuerza resultados desfavorables. De hecho, a

menuendo tienen un efecto estabilizador. Son negativos en el sentido de que *contrarrestan* o *invierten* o *equilibran* la influencia causal a lo largo del ciclo.

Un ciclo de realimentación positivo puede funcionar como un «círculo virtuoso» o un «círculo vicioso», en función de si el crecimiento que genera es deseado o no. La realimentación positiva da lugar al crecimiento exponencial de la levadura que hace fermentar el pan y del dinero de la cuenta bancaria que devenga intereses. Son resultados provechosos. La realimentación positiva también puede ser responsable de la propagación de plagas en una plantación o del crecimiento de un virus del resfriado en nuestra garganta. Estos efectos no son provechosos.

Siempre que las existencias del sistema estén insertas en un ciclo de realimentación positivo, estas existencias tienen el *potencial* de crecer exponencialmente. Esto no significa que *tendrán* que crecer de modo exponencial, pero sí que tienen la *capacidad* para hacerlo si se liberan de los impedimentos. El crecimiento puede verse constreñido por muchos factores, como la falta de nutrientes (en el caso de la levadura), bajas temperaturas y la presencia de otras poblaciones (en el caso de las plagas) y, en el caso de la población humana, por incendios, factores disuasorios, objetivos, propósitos, catástrofes, enfermedades, deseos. La tasa de crecimiento cambiará con el tiempo y variará de un lugar a otro. Pero el crecimiento de la levadura, la plaga o la población, cuando no está limitado por un impedimento, se produce exponencialmente.

Las existencias de *capital industrial* son otro elemento que puede experimentar un crecimiento exponencial intrínseco. Las máquinas y fábricas pueden crear colectivamente otras máquinas y fábricas. Una acería puede producir el acero necesario para construir otra acería;

una fábrica de tornillos y tuercas puede suministrar tornillos y tuercas para ensamblar máquinas que fabrican tornillos y tuercas; todo negocio que genera beneficios aporta dinero para invertir en la expansión del negocio. Tanto el capital físico como el monetario permiten generar más capital del modo autorreproductivo y orientado al crecimiento propio de la economía industrial.

No es casual que el mundo industrial prevea que una economía crecerá por sí misma en cierta proporción—digamos que un 3%—cada año. Esta expectativa es fruto de varios siglos de experiencia en que el capital ha creado más capital. Es una costumbre inveterada ahorrar e invertir en el futuro, apartar cierta fracción de la producción total con el propósito de invertirlo para generar todavía más producción en el futuro. Una economía crecerá exponencialmente siempre que la autorreproducción del capital no se vea constreñida por la demanda de los consumidores y la disponibilidad de mano de obra, materias primas, energía, fondos de inversión o cualquier otro factor susceptible de limitar el crecimiento de un sistema industrial complejo. Al igual que la población, el capital tiene la *estructura* sistemática inherente (un ciclo de realimentación positivo) para generar el *comportamiento* del crecimiento exponencial. Las economías no siempre crecen, por supuesto, como tampoco las poblaciones. Pero están estructuradas para crecer, y cuando lo hacen, crecen exponencialmente.

Hay muchos otros factores en nuestra sociedad que pueden ser propensos al crecimiento exponencial. La violencia puede ser intrínsecamente exponencial y la corrupción parece autoalimentarse. El cambio climático también comporta varios factores de realimentación positiva. Por ejemplo, la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera ocasiona un aumento de la temperatura, que a su vez acelera la fusión de la tundra

ártica. A medida que se descongela la tundra, libera el metano atrapado en ella. El metano es un potente gas de efecto invernadero que puede facultar a que aumente todavía más la temperatura del planeta. En World3 se han incluido explícitamente varias realimentaciones positivas. Hemos modelado las fuerzas que influyen en la fertilidad del suelo. Son varias las tecnologías que parecen crecer exponencialmente, y de hecho experimentamos con ellas en el capítulo 7. Sin embargo, creemos que los procesos de crecimiento que rigen el comportamiento de la población y la industria han sido las principales fuerzas motrices que han empujado a la sociedad mundial fuera de sus límites, y nos centraremos en ellos.

La población y el capital productivo son los motores del crecimiento exponencial en la sociedad humana. Otras magnitudes, como la producción de alimentos, el consumo de recursos y la contaminación, tienden a crecer exponencialmente, pero no porque se automultiplican, sino porque *son impulsadas* por la población y el capital. Ninguna autogeneración, ningún ciclo de realimentación positivo hace que los plaguicidas presentes en las aguas freáticas generen más plaguicidas, ni que el carbón se reproduzca en el subsuelo y genere más carbón. Las consecuencias físicas y biológicas del cultivo de 6 toneladas de trigo por hectárea no facilitan el cultivo de 12 toneladas por hectárea. Llega un punto—cuando se alcanza un límite—en que la duplicación de la cantidad de alimentos cosechados o minerales extraídos no resulta más fácil, sino más difícil que la duplicación anterior.

Por tanto, en la medida en que la producción de alimentos y el consumo de materiales y energía han crecido exponencialmente (como en efecto ha sucedido), no lo han hecho por su propia capacidad estructural, sino porque el crecimiento exponencial de la población y la economía han demandado más alimentos y materiales

y energía y se ha conseguido producirlos. Del mismo modo, la contaminación y el volumen de residuos no han crecido porque tengan su propia estructura de alimentación positiva, sino debido a las crecientes cantidades de materiales que circulan y de energía que se consume en la economía humana.

Un supuesto central del modelo de World3 es que la población y el capital son estructuralmente capaces de crecer de un modo exponencial. No es un supuesto arbitrario, sino que se apoya en las características observables del sistema socioeconómico global y en las pautas de cambio históricas. El crecimiento demográfico y económico comporta un aumento de la huella ecológica humana a menos o hasta que cambien en profundidad las preferencias de consumo y mejore sustancialmente la eficiencia del consumo de recursos. Ninguno de estos cambios o mejoras se ha producido todavía. La población humana, los bienes de capital y los flujos de energía y materiales que los sustentan han crecido exponencialmente durante al menos un siglo, aunque no con regularidad, no de forma simple y no sin fuertes repercusiones de otros ciclos de realimentación. El mundo es más complejo que esto. También lo es el modelo World3, como veremos.

Crecimiento de la población mundial

En el año 1650, la población humana se cifraba en unos 500 millones de habitantes. Crecía al ritmo de aproximadamente un 0,3 % anual, con un periodo de duplicación de casi 240 años.

En 1900, la población había alcanzado los 1.600 millones y crecía entre un 0,7 y un 0,8 % anual, con un periodo de duplicación de alrededor de 100 años.

En 1965, la población sumaba 3.300 millones. La tasa de crecimiento había ascendido al 2 % anual, siendo entonces el periodo de duplicación de unos 36 años. Por tanto, la población no sólo crecía exponencialmente desde 1650, sino de hecho *superexponencialmente*, ya que incluso crecía la propia tasa de crecimiento. Aumentaba por una buena razón: el descenso de la tasa de mortalidad. También disminuía la tasa de natalidad, pero más lentamente, razón por la cual se disparó el crecimiento demográfico.

Después de 1965, la tasa de mortalidad siguió descendiendo, pero la tasa de natalidad caía en promedio todavía más rápidamente (figura 2-4). Mientras que la población total ascendió de 3.300 millones a cerca

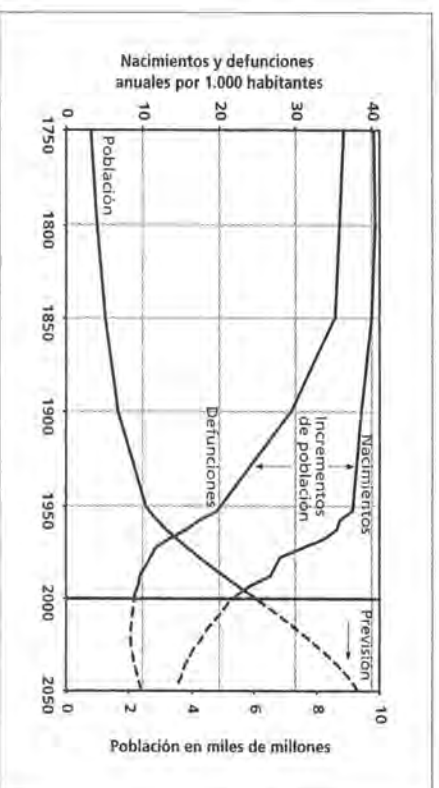


Figura 2-4 Transición demográfica mundial

La diferencia entre nacimientos y defunciones determina la tasa de crecimiento de la población. Hasta 1965, más o menos, la tasa de mortalidad media caía más rápidamente que la tasa de natalidad, con lo que aumentaba la tasa de crecimiento de la población. Desde 1965, la tasa media de natalidad ha venido descendiendo más rápidamente que la tasa de mortalidad. Por tanto, la tasa de crecimiento demográfico ha disminuido notablemente, aunque el crecimiento siga siendo exponencial. (Fuente: ONU.)

de 6.000 millones hasta el año 2000, la *tasa de crecimiento* se redujo del 2 al 1,2 % anual⁵.

Esta inversión de la tasa de crecimiento de la población supone un cambio asombroso que refleja importantes variaciones de los factores culturales que hacen que las personas decidan el tamaño de sus familias y de los factores tecnológicos que les permiten poner en práctica efectivamente esta opción. El número total medio de niños nacidos por cada mujer en todo el mundo descendió de 5 en la década de 1950 a 2,7 en la de 1990. En Europa, a finales del siglo XX el tamaño medio de las familias era de 1,4 hijos por pareja, bastante menos que el número necesario para reponer la población⁶. Todo indica que la población europea disminuirá lentamente, de 728 millones en 1998 a 715 millones en 2025⁷.

Este declive de la fertilidad no significa que haya cesado el crecimiento de la población mundial total, o que haya dejado de ser exponencial. Implica simplemente que el período de duplicación se ha alargado (de 36 años con una tasa del 2 % a 60 años con una tasa del 1,2 % anual) y puede prolongarse todavía más. De hecho, la cifra neta de personas nuevas en el planeta fue más alta en 2000 que en 1965, aunque la tasa de crecimiento era más baja. El cuadro 2-3 muestra por qué: la tasa inferior de 2000 se multiplicaba por una población más numerosa.

El número de nuevas incorporaciones anuales a la población mundial dejó de crecer finalmente a finales de la década de 1980. Pero los 75 millones del año 2000 todavía equivalen a añadir en ese año la población total de nueve veces Nueva York. Para ser más exactos, pues, to que casi todo el incremento se produjo en el hemisferio sur, equivale a añadir en un año la población total de Filipinas, o aproximadamente diez veces Pekín o seis veces Calcuta. Incluso a base de proyecciones optimistas sobre nuevos declives de la tasa de natalidad, nos espera

todavía un fuerte aumento de la población, sobre todo en los países menos industrializados (figura 2-5).

CUADRO 2-3
NUEVAS INCORPORACIONES A LA POBLACIÓN MUNDIAL

Año	Población (millones)	Tasa de crecimiento (% anual)	Nuevas incorporaciones (millones de personas por año)
1965	3.330	2,03	68
1970	3.690	1,93	71
1975	4.070	1,71	70
1980	4.430	1,70	75
1985	4.820	1,71	82
1990	5.250	1,49	78
1995	5.660	1,35	76
2000	6.060	1,23	75

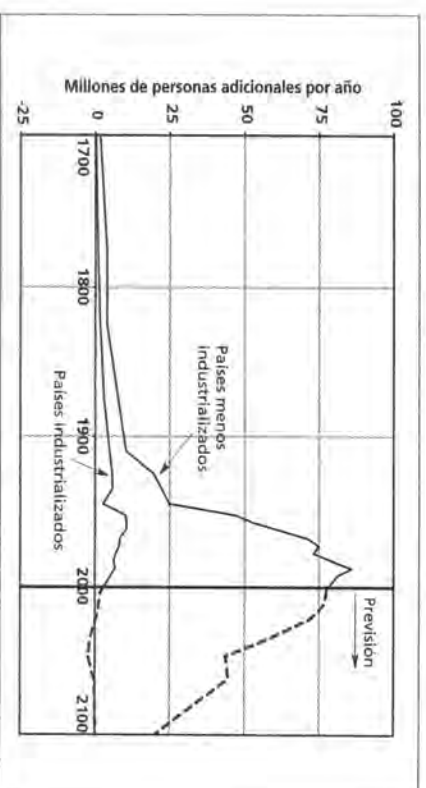
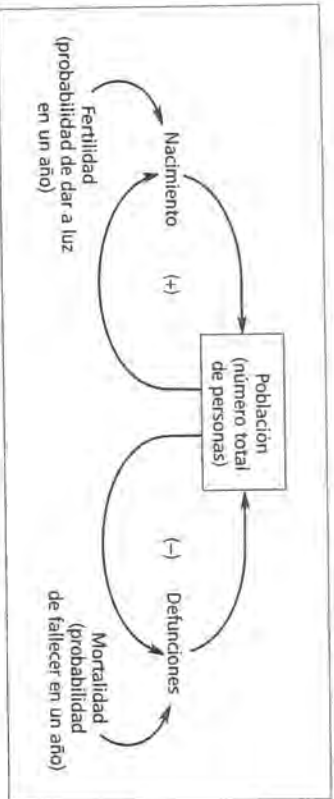


Figura 2-5 Aumento anual de la población mundial

Hasta hace poco, el número de personas incorporadas cada año a la población mundial iba en aumento. Según las proyecciones de Naciones Unidas, esta incorporación anual descenderá drásticamente dentro de pocos años. Estas proyecciones parten del supuesto de una rápida caída de las tasas de natalidad en los países menos industrializados. (Fuentes: ONU; D. Bogue.)

El gráfico siguiente muestra la estructura central de realimentación que gobierna el sistema poblacional.



Ciclos de realimentación de nacimientos y defunciones

A la izquierda está el ciclo positivo que puede generar un crecimiento exponencial. Cuanto más numerosa sea la población, tantos más nacimientos se producen cada año. A la derecha vemos el *ciclo de realimentación negativo*. Mientras que los ciclos positivos generan un crecimiento desbocado, los ciclos negativos tienden a regular el crecimiento, a mantener el sistema dentro de un margen aceptable o retrotraerlo a una situación estable en que las existencias del sistema tienen valores más o menos constantes en el tiempo. Un ciclo de realimentación negativo propaga las consecuencias del cambio de un elemento a lo largo del círculo hasta que éstas vuelven para cambiar dicho elemento en sentido *contrario* al del cambio inicial.

El número de defunciones por año equivale a la población total multiplicada por la mortalidad media, es decir, la probabilidad media de fallecimientos. El número de nacimientos equivale a la población total multiplicada por la fertilidad media. La tasa de crecimiento de una población es igual a su fertilidad menos su

mortalidad. Por supuesto, ni la fertilidad ni la mortalidad son constantes, sino que dependen de factores económicos, ambientales y demográficos como la renta, la educación, la sanidad, las tecnologías de planificación familiar, la religión, los niveles de contaminación y la estructura de edad de la población.

La teoría más extendida sobre el *modo* en que varían la fertilidad y la mortalidad y el *motivo* por el que descienden las tasas de crecimiento de la población —teoría integrada en el modelo World3— se denomina *transición demográfica*. De acuerdo con esta teoría, en las sociedades preindustriales tanto la fertilidad como la mortalidad son elevadas y la población crece lentamente. A medida que mejoran la alimentación y los servicios sanitarios, las tasas de mortalidad decrecen. Las tasas de natalidad, en cambio, se mantienen durante una o dos generaciones, abriendo una brecha entre fertilidad y mortalidad que comporta un rápido crecimiento de la población. Finalmente, cuando las vidas y los estilos de vida adquieren las pautas de una sociedad plenamente industrializada, las tasas de natalidad también descienden y la tasa de crecimiento de la población se desacelera.

En la figura 2-6 se ilustran las experiencias demográficas reales de seis países. Podemos observar que las tasas de natalidad y mortalidad en países industrializados desde hace tiempo, como Suecia, descienden muy lentamente. La distancia entre ellas nunca ha sido muy grande: la población no ha crecido en ningún momento más del 2 % anual. Durante toda la transición demográfica, las poblaciones de la mayoría de países del hemisferio norte han crecido en un porcentaje anual que en ningún caso es superior a 5. En el año 2000, pocos países industriales tenían un nivel de fertilidad superior a la tasa de reposición, de modo que la mayoría de ellos se enfrentaban a un declive de su población en los próximos años.

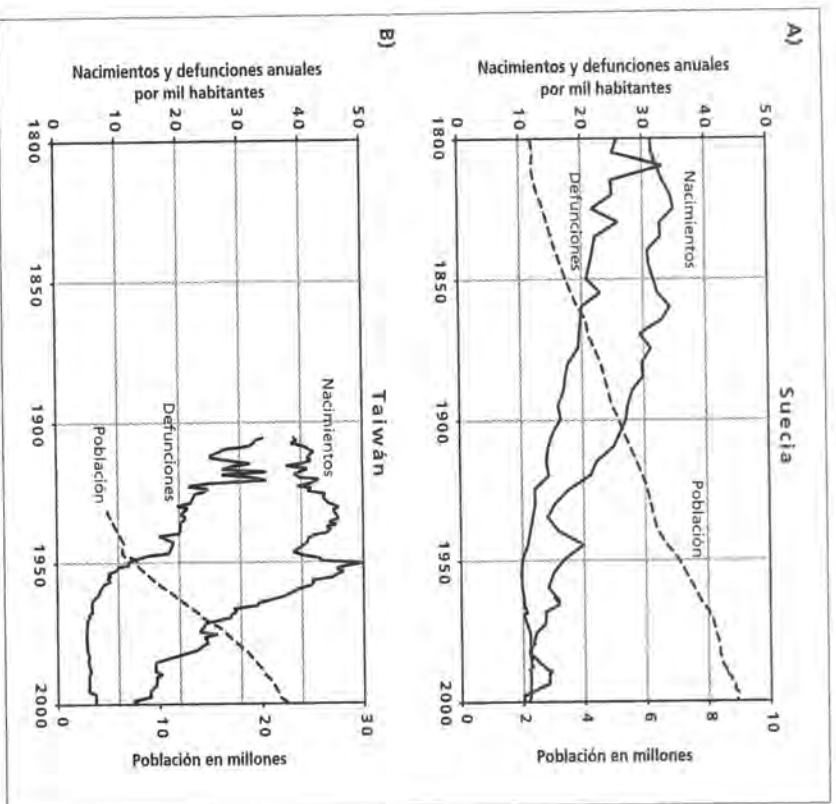


Figura 2-6 Transiciones demográficas en países industrializados (A) y menos industrializados (B)

En la transición demográfica, la tasa de mortalidad de un país desciende primero, seguida después de la tasa de natalidad. La transición demográfica de Suecia duró casi doscientos años, y en este país la tasa de natalidad se ha mantenido muy cerca de la de mortalidad. En este período, la población de Suecia aumentó menos de cinco veces. Japón es un ejemplo de un país que ha llevado a cabo la transición en menos de un siglo. Los países menos industrializados a finales del siglo xx han conocido brechas mucho más amplias entre sus tasas de natalidad y mortalidad que ninguna que ha prevalecido nunca en los países ahora industrializados. (Fuentes: N. Keyfitz y W. Flieger; J. Chesnais; ONU; PRB; UK ONS; República de China.)

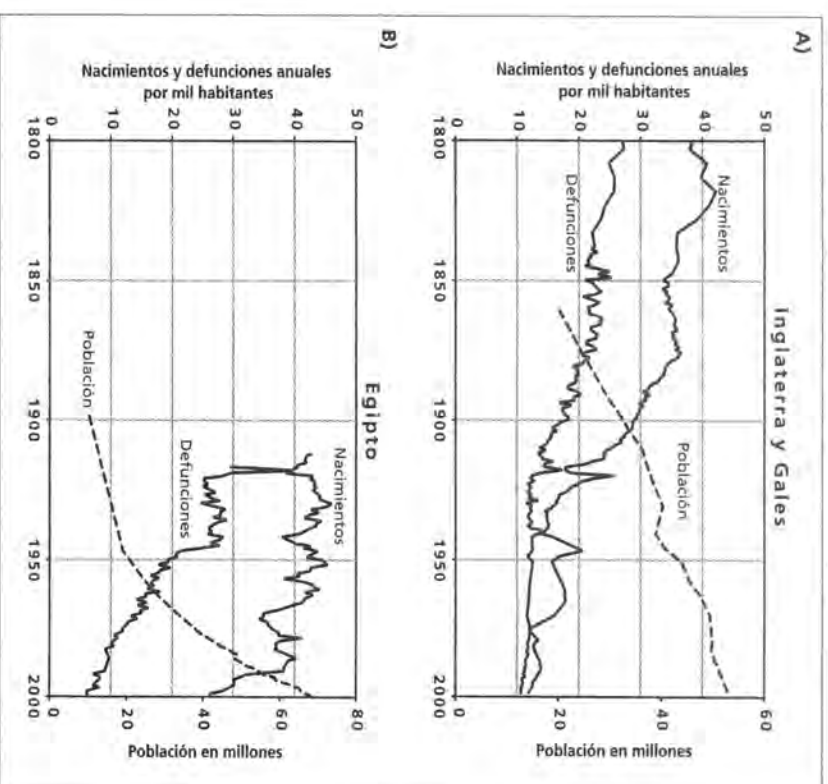


Figura 2-6 Transiciones demográficas en países industrializados (A) y menos industrializados (B)

Los que todavía crecían lo hacían a causa de la inmigración o la inercia demográfica (más jóvenes que entran en la edad de procreación que de adultos que la superan), o por ambas causas.

En el hemisferio sur, donde las tasas de mortalidad han descendido más tarde y con mayor rapidez, se abrió una amplia brecha entre las tasas de natalidad y de mortalidad. Esta parte del mundo ha experimentado unas tasas de crecimiento demográfico mucho mayores que

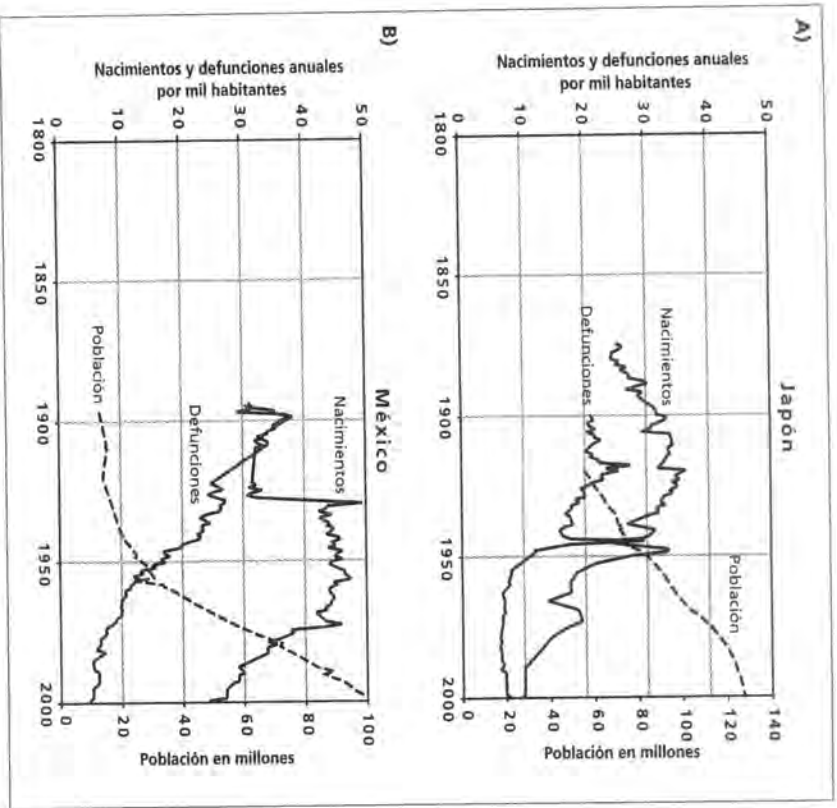


Figura 2-6 Transiciones demográficas en países industrializados (A) y menos industrializados (B)

todas las que ha conocido jamás el hemisferio norte (excepto Norteamérica, que absorbió elevados flujos de inmigración procedente de Europa). Las poblaciones de muchos países del Sur ya se han multiplicado por 10 y siguen creciendo. Sus transiciones demográficas están muy lejos de haber concluido.

Los demógrafos discuten sobre las razones de que exista a todas luces un vínculo entre la transición demo-

gráfica y la industrialización. Los factores subyacentes son más complejos que el mero aumento de la renta. La figura 2-7 muestra, por ejemplo, la correlación entre la renta per cápita (es decir, la renta nacional bruta, o RNB⁸, por persona y año) y las tasas de natalidad en varios países del mundo. Está claro que existe una relación entre rentas elevadas y bajas tasas de natalidad. Pero también es evidente que, particularmente en países de renta baja, existen excepciones sorprendentes. China, por ejemplo, tiene unas tasas de natalidad anormalmente bajas para su nivel de renta. Algunos países de Oriente Próximo y África tienen tasas de natalidad anormalmente altas para sus niveles de renta.

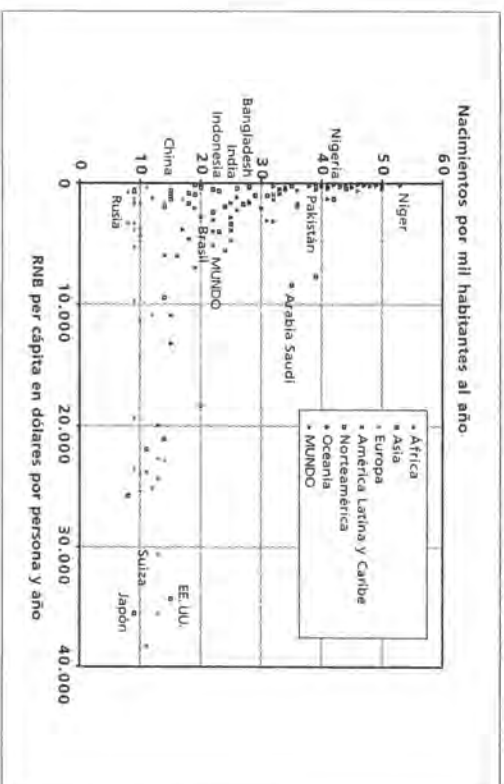


Figura 2-7 Tasas de natalidad y renta nacional bruta per cápita en 2001

A medida que una sociedad se enriquece, la tasa de natalidad de su población tiende a disminuir. Los países más pobres tienen tasas de natalidad que van de 10 a más de 50 nacimientos por mil habitantes al año. Ninguno de los países más ricos tiene una tasa de natalidad superior a 20 por mil habitantes al año. (Fuente: PRB; Banco Mundial.)

Los factores que se considera que influyen *directamente* en el descenso de la tasa de natalidad no son tanto la magnitud de la riqueza de la economía como la medida en que la mejora económica afecta realmente a la vida de todas las familias, y especialmente a la vida de las mujeres. Más importantes que la RNB per cápita, factores como la educación y el empleo (especialmente entre las mujeres), la planificación familiar, una baja mortalidad infantil y una distribución relativamente igualitaria de la renta y las oportunidades⁹ son fundamentales a la hora de predecir la evolución futura. China, Sri Lanka, Costa Rica, Singapur, Tailandia, Malasia y otros países han demostrado que cuando la alfabetización, la atención sanitaria básica y la planificación familiar están al alcance de la mayoría de familias, las tasas de natalidad pueden descender incluso con unos niveles de renta modestos.

El modelo World3 incluye muchos factores que empujan a la baja las tasas de natalidad. Suponemos que una economía más rica proporciona una mejor nutrición y atención sanitaria, que a su vez reducen las tasas de mortalidad, y que también mejora la planificación familiar y reduce la mortalidad infantil, que a su vez hacen que baje la tasa de natalidad. Suponemos que la industrialización reduce el tamaño deseado de las familias, a largo plazo y al cabo de cierto lapso de tiempo, al incrementar el coste de la crianza de los hijos y reducir sus ventajas económicas inmediatas para sus progenitores. Suponemos que un aumento de la renta a corto plazo permite a las familias tener más hijos, dentro de los límites del número de niños que desean tener, y un estancamiento de la renta a corto plazo comporta lo contrario¹⁰.

En otras palabras, el modelo asume y suele generar la transición demográfica a largo plazo, modulada por respuestas momentáneas a las fluctuaciones al alza o a la

baja de la renta. La tendencia del modelo al crecimiento exponencial de la población se ve reforzada en un primer momento y después se modera por obra de las presiones, oportunidades, tecnologías y normas de la Revolución Industrial.

En el «mundo real» de los albores del nuevo milenio, la población sigue creciendo exponencialmente a pesar de que la tasa de crecimiento esté decayendo. Las causas de este descenso son más complejas que la mera renta per cápita. El crecimiento económico no garantiza la mejora del bienestar humano, una mayor libertad de elección para las mujeres o unas tasas de natalidad más bajas. Pero sin duda ayuda a alcanzar esos objetivos. Con algunas notables excepciones, las tasas de natalidad más bajas del mundo suelen darse en las economías más ricas. Es por tanto doblemente importante comprender las causas y consecuencias del crecimiento económico en el modelo World3 y en el mundo.

El crecimiento industrial a escala mundial

En los debates públicos en materia económica hay mucha confusión, en gran parte debida a la incapacidad de distinguir entre el dinero y las cosas reales que suplan- ta el dinero¹¹. Tenemos que establecer cuidadosamente esta distinción en nuestra exposición. La figura 2-8 muestra cómo representamos la economía mundial en World3, cómo hablaremos de ella en este libro y cómo creemos que conviene flexionar sobre la economía en tiempos de colisión con los límites naturales. Ponemos el acento en la *economía física*, en las cosas reales a las que afectan los límites de la Tierra, en vez de la *economía monetaria*, que es una invención social no construida por las leyes físicas del planeta.

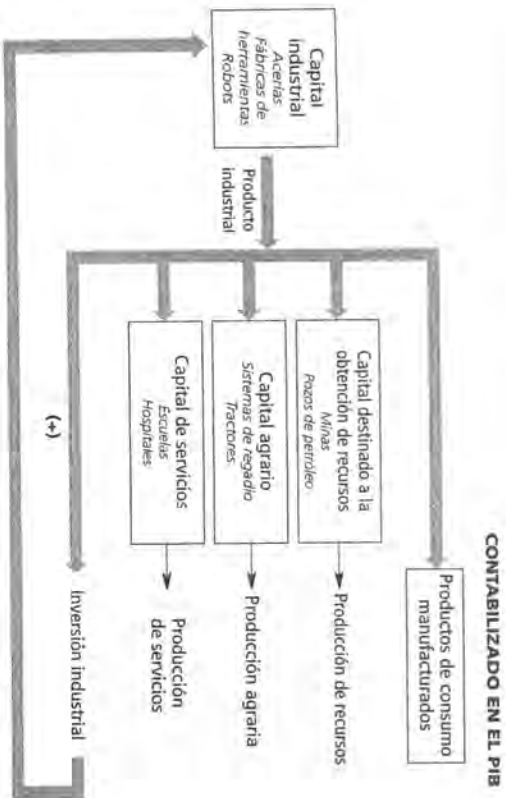


Figura 2-8 Flujos de capital físico en la economía de World3

La producción y la asignación del producto industrial son factores centrales del comportamiento de la economía simulada en World3. El volumen de capital industrial determina qué cantidad de productos industriales puede fabricarse cada año. El producto se asigna a cinco sectores en función de los objetivos y las necesidades de la población. Una parte del capital industrial se consume; otra va a parar al sector de recursos para asegurar la disponibilidad de materias primas; otra parte se asigna a la agricultura para extender las tierras e incrementar su rendimiento; otra parte se invierte en servicios sociales y el resto se destina a la industria para compensar la amortización y seguir incrementando las existencias de capital industrial.

El *capital industrial* abarca aquí los bienes de capital físicos, es decir, las máquinas y fábricas que elaboran productos manufacturados. (Con la intervención, por supuesto, de mano de obra, energía, materiales, tierras, agua, tecnología, finanzas, gestión y los servicios de los ecosistemas naturales y flujos biogeoquímicos del planeta. Volvemos sobre estos cofactores de la producción en el capítulo siguiente.) El flujo de productos reales (bienes de consumo y bienes de capital) generados por el capital industrial lo llamamos *producto industrial*.

Una parte del producto industrial adopta la forma de equipos y edificios para hospitales, escuelas, bancos y comercios. Esto es lo que llamamos *capital de servicios*. El capital de servicios produce su propio flujo de producción que es inmateral pero tiene un valor real, como la atención sanitaria y la educación.

Otro tipo de producto industrial es el *capital agrícola* —tractores, establos, sistemas de riego, cosechadoras— que genera la *producción agraria*, principalmente alimentos y fibras.

Otra parte del producto industrial adopta la forma de máquinas perforadoras, pozos de petróleo, equipos de minería, oleoductos, bombas, buques cisterna, refinerías y hornos de fundición. Todo esto es *capital de extracción de recursos*, que genera el flujo de materias primas y energía necesarios que permiten que funcionen todos los demás tipos de capital.

Otra parte del capital industrial entra en la categoría de *productos de consumo*: ropa, coches, radios, neveras, viviendas. La cantidad de productos de consumo por persona es un importante indicador del bienestar material de la población.

Finalmente, una parte se da en forma de *capital industrial*. Esto lo llamamos *inversión*: acerías, generadores eléctricos, tornos y otras máquinas que compensan la amortización y pueden ampliar las existencias de capital industrial, permitiendo que produzca todavía más en el futuro.

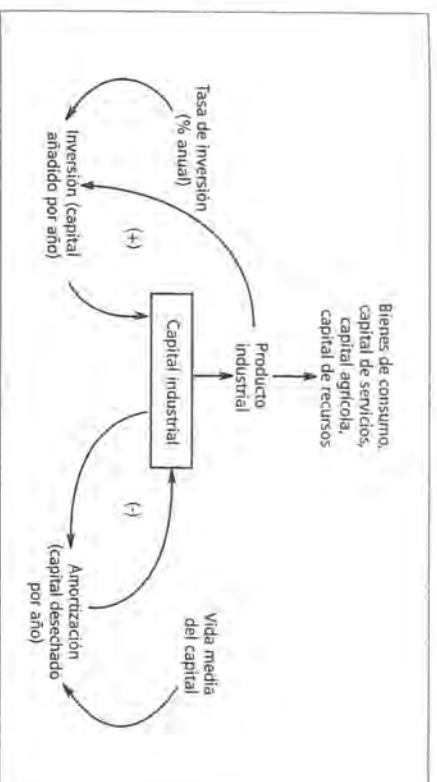
Todo lo que hemos mencionado hasta ahora son bienes físicos, no monetarios. La función del dinero en el «mundo real» consiste en facilitar información sobre el coste y el valor relativos de los bienes (valores asignados por los productores y consumidores que tienen

poder en el mercado). El dinero hace de intermediario y motiva los flujos de capital físico y productos. El valor monetario anual de todas las producciones físicas de bienes y servicios finales que aparece en la figura 2-8 es lo que conforma el PIB, o producto interior bruto.

Haremos referencia al PIB en varias figuras y cuadros, ya que los datos económicos del mundo se expresan principalmente en términos monetarios, no físicos. Pero lo que nos interesa es lo que *representa* el PIB: las existencias reales de capital, bienes industriales, servicios, recursos, productos agrarios y bienes de consumo. Son estos bienes, y no los dólares, los que permiten que la economía y la sociedad funcionen. Estos bienes, y no los dólares, se extraen del planeta y finalmente vuelven al planeta a través de su vertido en el suelo, el aire o el agua.

Ya hemos dicho que el capital industrial puede crecer exponencialmente gracias a su propia autorreproducción. La estructura de realimentación que representa esta autorreproducción es similar a la que derivamos del sistema demográfico.

Una cantidad dada de capital industrial (fábricas, camionones, ordenadores, centrales eléctricas) puede producir cierto volumen de productos manufacturados cada año mientras haya suficiente cantidad de otros insumos necesarios. Cierta porcentaje de la producción de cada año es inversión—telares, motores, cintas transportadoras, acero, cemento—destinada a incrementar las existencias de capital y de este modo ampliar la capacidad de producción en el futuro. Ésta es la «tasa de natalidad» del capital. La proporción que se invierte es variable, del mismo modo que lo es la fertilidad humana, y depende de decisiones, deseos y necesidades. Existen desfases en este ciclo de realimentación positiva, puesto que el plazo de planificación, financiación y construcción de una unidad importante de capital industrial, como una línea de



Estructura del ciclo de realimentación del capital industrial

ferrocarril, una central eléctrica o una refinería, puede durar años o incluso decenios.

El capital, al igual que la población, tiene un «ciclo de defunciones» y también un «ciclo de nacimientos». Cuando las máquinas y factorías se desgastan o resultan técnicamente obsoletas, se desguazan y se cierran, reciclan y eliminan. La tasa de amortización del capital es análoga a la tasa de mortalidad en el sistema poblacional. Cuanto más capital existe, tanto más hay que se desgasta cada año, y tanto menos habrá el año siguiente salvo que el influjo de nuevas inversiones sea suficiente para reponer el capital amortizado.

Del mismo modo que las poblaciones experimentan una transición demográfica durante el proceso de industrialización, las existencias de capital de una economía también siguen una pauta ampliamente observada de crecimiento y cambio. Las economías preindustriales son ante todo economías agrarias y de servicios. Cuando empieza a operar el ciclo de crecimiento del capital, crecen todos los sectores económicos, pero durante un tiempo

es el sector industrial el que crece más rápidamente. Después, una vez creada la base industrial, el crecimiento ulterior se da principalmente en el sector de los servicios (véase la figura 2-9). Esta transición está integrada en el modelo World3 como modalidad por defecto del crecimiento económico, a menos que se introduzcan cambios deliberados para probar otras posibilidades¹².

Las economías muy desarrolladas se denominan a veces economías de servicios, pero de hecho siguen necesitando una base agrícola e industrial importante. Los hospitales, escuelas, bancos, comercios, restaurantes y hoteles forman parte del sector de servicios. Basta observar los camiones que les suministran alimentos, papel, combustible y equipos, o los camiones de basura

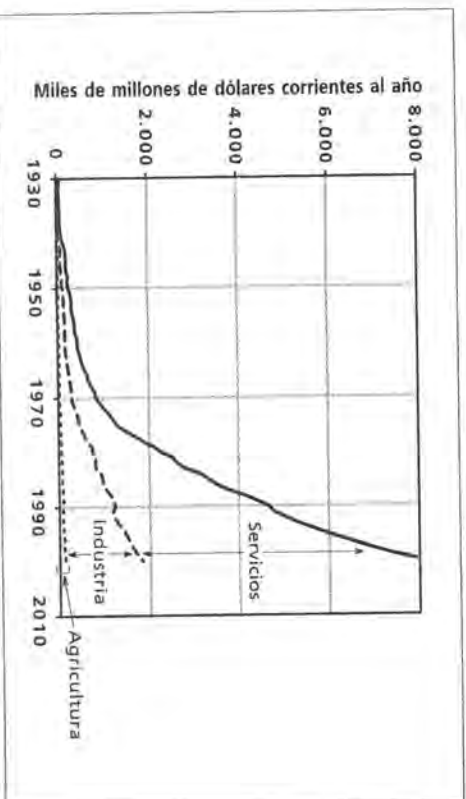


Figura 2-9 Renta nacional bruta de Estados Unidos por sectores

La historia de la distribución del valor de la producción económica de Estados Unidos entre los sectores de servicios, industria y agricultura refleja la transición a una economía de servicios. Nótese que aunque los servicios abarcan la mayor parte de la economía, los sectores industrial y agrario siguen expandiéndose en términos absolutos. (Fuente: U. S. Bureau of Economic Analysis.)

que se llevan sus residuos. Si medimos lo que desciende por sus tubos de desagüe y asciende por sus chimeneas veremos que las empresas del sector de servicios necesitan un caudal constante y pesado de material que va de las fuentes de la Tierra a sus sumideros. Junto con la industria, contribuyen de modo significativo a la huella ecológica de la humanidad.

La siderurgia y la minería pueden hallarse muy lejos de las oficinas de la economía de la información y el rotelaje de materiales que consumen éstas puede que no aumente con tanta rapidez como el valor monetario de lo que producen, pero como refleja la figura 2-9, incluso en una sociedad «postindustrial» la base industrial no disminuye. La información es una mercancía maravillosa, útil e incorpórea, pero suele almacenarse en un ordenador de sobremesa que en 1997 estaba hecho de 25 kilos de plástico, metal, vidrio y silicio; que consumía 150 vatios de electricidad y que generaba en su proceso de fabricación 62,4 kilos de materiales de desecho¹³. Las personas que generan, procesan y utilizan la información no sólo ingieren alimentos, sino que también conducen coches, viven en casas, trabajan en edificios dotados de calefacción y aire acondicionado y que—incluso en la era de la comunicación electrónica—utilizan y desechan montones de papel.

El ciclo positivo que ha originado el crecimiento del capital mundial ha hecho que la industria crezca más rápidamente que la población. De 1930 a 2000, el valor monetario del producto industrial mundial se ha multiplicado por 14 (como muestra la figura 1-2). Si la población se hubiera mantenido constante durante este período, el nivel de vida material también sería ahora 14 veces mayor, pero debido al crecimiento demográfico la producción media per cápita ha aumentado 5 veces. Entre 1975 y 2000, el tamaño de la economía industrial

prácticamente se ha duplicado, mientras que la producción per cápita sólo ha crecido alrededor del 30 %.

Más población, más pobreza, más población

El crecimiento es necesario para acabar con la pobreza. Esto parece evidente. Pero los numerosos defensores de esta aserción ya no consideran tan evidente el hecho de que el crecimiento en el sistema económico, tal como está estructurado actualmente, acabe con la pobreza. Al contrario, los modos de crecimiento actuales perpetúan la pobreza y ensanchan la brecha entre ricos y pobres. En 1998, más del 45 % de la población mundial tenía que vivir con una renta media de 2 dólares al día o menos. Esta proporción suma más personas pobres que las que había en 1990, incluso después de un decenio que conoció sorprendentes aumentos de ingresos para muchas personas¹⁴. La multiplicación por 14 de la producción industrial mundial desde 1930 ha enriquecido mucho a algunas personas, pero no ha acabado con la pobreza. No hay ninguna razón para esperar que otro crecimiento por el factor 14 (si fuera posible dentro de los límites planetarios) pudiera acabar con la pobreza, a menos que se reestructurara el sistema mundial para destinar el crecimiento a aquellos que más lo necesitan.

En el sistema vigente, el crecimiento económico suele producirse en los países que ya son ricos y fluye desproporcionadamente a las personas más ricas de esos países. La figura 2-10 muestra las curvas del crecimiento de la RNB per cápita de los 10 países más grandes del mundo (por número de habitantes), además de la Unión Europea. Ilustran cómo decenios de crecimiento

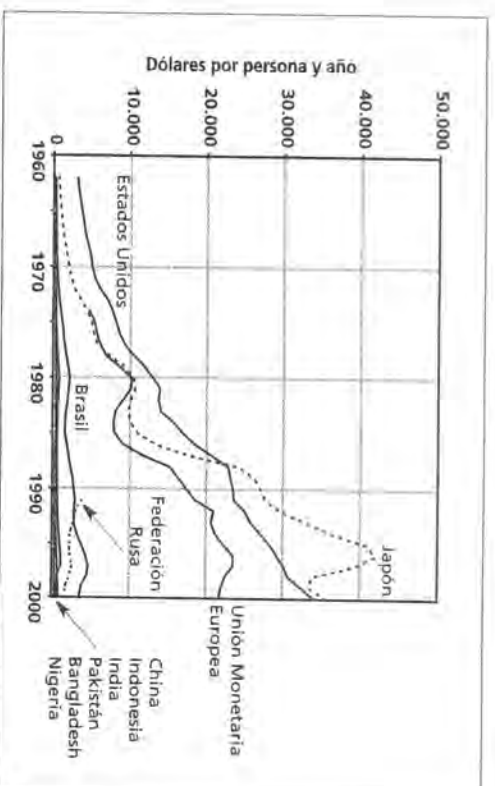


Figura 2-10 RNB per cápita de los 10 países más poblados del mundo y la Unión Monetaria Europea

El crecimiento económico se produce ante todo en los países que ya son ricos. Seis países —Indonesia, China, Pakistán, India, Bangladesh y Nigeria— albergan juntos casi la mitad de la población mundial. Su RNB per cápita apenas se despega de la abscisa cuando se incluye en un diagrama junto con la RNB per cápita de los países más ricos. (Fuente: Banco Mundial.)

han ensanchado sistemáticamente la brecha entre países ricos y pobres.

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, en 1960 el 20 % de la población mundial que vivía en los países más ricos tenía una renta per cápita 30 veces superior a la del 20 % que vivía en los países más pobres. En 1995, la proporción entre las rentas medias del 20 % más rico y del 20 % más pobre había aumentado de 30:1 a 82:1. En Brasil, la mitad más pobre de la población percibía el 18 % de la renta nacional en 1960 y sólo el 12 % en 1995. El 10 % más rico de los brasileños percibían el 54 % de la renta nacional en 1960 y el 63 % en 1995¹⁵. El hogar medio afri-

cano consumía en 1997 un 20 % menos que en 1972.¹⁶ Un siglo de crecimiento económico nos ha dejado un mundo de enormes disparidades entre ricos y pobres. La figura 2-11 refleja dos indicadores de este fenómeno, la cuota del producto nacional bruto y la cuota de consumo de energía por diferentes grupos de renta.

Cuando nosotros, que estudiamos la dinámica de sistemas, vemos una pauta que persiste en muchas partes de un sistema durante largos períodos, suponemos que sus causas radican en la estructura del ciclo de realimentación del sistema. Intensificar o acelerar el funcionamiento del sistema no cambiará la pauta mientras no se revise la estructura. El crecimiento de siempre ha ampliado la brecha entre pobres y ricos. La continui-

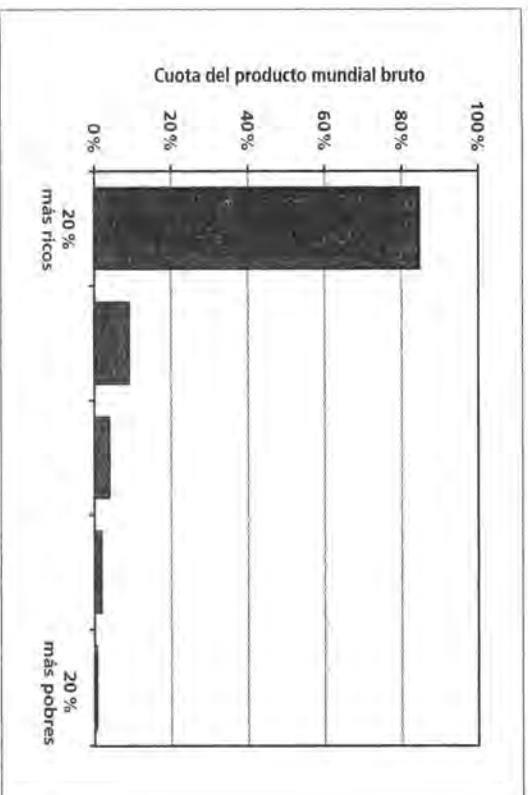


Figura 2-11 Disparidades mundiales

La distribución mundial de riqueza y oportunidades está extremadamente sesgada. El 20 % más rico de la población mundial controla más del 80 % del producto mundial bruto y consume casi el 60 % de la energía comercial mundial. (Fuente: Banco Mundial.)

dad del crecimiento de siempre nunca cerrará esa brecha. Para ello es necesario cambiar la estructura del sistema, es decir, las cadenas de causas y efectos.

¿Cuál es la estructura que hace que siga ensanchándose la brecha entre ricos y pobres incluso en un período de enorme crecimiento económico? Observamos dos estructuras genéricas en funcionamiento. La primera tiene que ver con mecanismos sociales—algunos comunes a muchas culturas, otros exclusivos de determinadas culturas— que otorgan sistemáticamente a los privilegiados el poder y los recursos para adquirir todavía más privilegios. Los ejemplos incluyen desde la discriminación étnica abierta o encubierta hasta las ventajas fiscales para los ricos; desde la inferioridad de la nutrición para los niños de los pobres hasta las mejores escuelas para los hijos de los ricos; desde el empleo del dinero para obtener influencia política, incluso en las democracias, hasta el mero hecho de que los pagos de intereses fluyen sistemáticamente de los que tienen menos dinero del que necesitan a los que tienen más del que precisan.

En términos sistémicos, estas estructuras se denominan ciclos de realimentación de «fortuna para los afortunados»¹⁷. Son ciclos positivos que facilitan a los afortunados los medios para hacer fortuna. Suelen ser endémicos en toda sociedad que no establece conscientemente estructuras de contrapeso para igualar las condiciones. (Ejemplos de estructuras de contrapeso son, entre otros, las leyes contra la discriminación, tipos impositivos progresivos que aumentan con la renta de cada persona, enseñanza universal y acceso universal a la atención sanitaria, «redes de seguridad» para recoger a quienes se despeñan en los tiempos difíciles, impuestos sobre la riqueza y procesos democráticos que separan la política de la influencia del dinero.)

Ninguno de estos ciclos de «fortuna para los afortunados» está representado explícitamente en el modelo World3. No se trata de un modelo de la dinámica de la renta o la riqueza o del reparto de poder, sino que se centra en la relación agregada entre la economía mundial y los límites del crecimiento¹⁸. Por consiguiente, supone la continuidad de las pautas de distribución actuales.

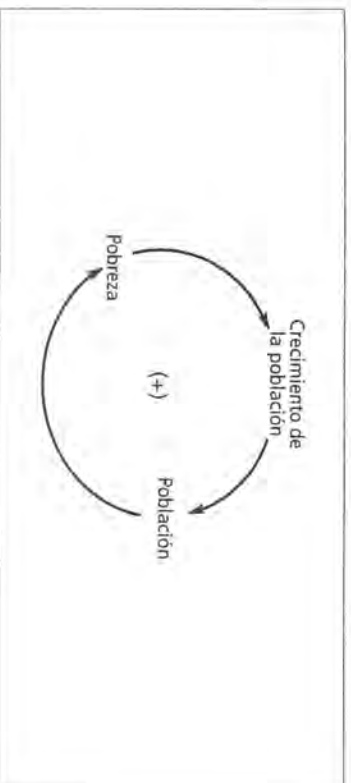
Sin embargo, en World3 existe una estructura que refleja los vínculos entre los sistemas de población y capital que hemos descrito en este capítulo. Esta estructura perpetúa la pobreza, el crecimiento demográfico y la tendencia del sistema mundial a sobrepasar sus límites. Es preciso cambiarla, como demostraremos en próximos capítulos, si queremos alcanzar un mundo sostenible.

Esta estructura que perpetúa la pobreza se deriva del hecho de que a las poblaciones ricas les resulta más fácil ahorrar, invertir y multiplicar su capital que a las pobres. No sólo tienen los ricos más poder para controlar las condiciones del mercado, comprar nuevas tecnologías y reclamar recursos, sino que además varios siglos de crecimiento les han permitido crear grandes existencias de capital que se automultiplican. La mayoría de sus necesidades básicas están cubiertas, de modo que pueden alcanzar elevadas tasas de inversión sin privar a la población presente de bienes esenciales. El bajo crecimiento demográfico permite dedicar una proporción mayor de la producción al logro del crecimiento económico y una parte menor a la satisfacción de las necesidades sanitarias y educativas de una población que se expande rápidamente.

En los países pobres, por el contrario, el crecimiento del capital difícilmente puede mantener el ritmo con el crecimiento de la población. La producción que podría reinvertirse se precisará más probablemente para cons-

truir escuelas y hospitales y para satisfacer las necesidades de consumo de subsistencia. Dado que las necesidades inmediatas dejan una parte muy pequeña de la producción para invertir en la industria, la economía sólo crece lentamente. La transición demográfica se es-tanca en la fase intermedia, con una gran distancia entre las tasas de natalidad y de mortalidad. Cuando las mu- jeres no ven ninguna alternativa educativa o económica atractiva a la cría de niños, los hijos son una de las pocas formas de inversión disponibles; de este modo, la pobla- ción crece más y más sin enriquecerse. Como dice el re- frán, «los ricos hacen dinero y los pobres hacen hijos».

La discusión sobre qué flecha del siguiente ciclo de realimentación es más importante puede ser tan apa- sionada que más de una reunión internacional se ha visto paralizada por ella. ¿Es la pobreza la que hace que crezca la población o es el crecimiento de la población el que origina la pobreza?



Pobreza y población

De hecho, todas las partes de este ciclo de realimen- tación positivo ejercen una gran influencia en el com- portamiento de las poblaciones de las zonas más pobres.

Forman una «trampa sistémica», un ciclo de «menos fortuna para los ya desafortunados» que hace que los pobres sigan siendo pobres y que la población crezca. Al desviar la producción de la inversión al consumo, el crecimiento de la población frena el crecimiento del capital. La pobreza, a su vez, perpetúa el crecimiento de la población al mantener a las personas en condiciones en que carecen de educación, atención sanitaria, planificación familiar, de opciones, de poder, de otras vías para progresar que la esperanza de que sus hijos puedan aportar ingresos o ayudar en el trabajo familiar.

La figura 2-12 refleja una consecuencia de esta trampa. La producción de alimentos en todas las regiones del Sur ha crecido de modo importante en los últimos veinte años. En la mayoría de ellas se ha duplicado o triplicado. Pero debido al rápido crecimiento de la población, la producción de alimentos por persona apenas ha aumentado y en África ha descendido de modo constante. Las únicas regiones en que la producción de alimentos ha superado notablemente el crecimiento de la población son Europa y Extremo Oriente.

Los gráficos de la figura 2-12 reflejan una doble tragedia. La primera es humana. Un gran logro agrícola—el enorme aumento de la producción de alimentos—ha sido absorbido en gran medida, no para alimentar suficientemente a las personas, sino para alimentar insuficientemente a más personas. La segunda tragedia es ecológica. El crecimiento de la producción de alimentos se ha conseguido con políticas que han deteriorado las tierras, las aguas, los bosques y los ecosistemas, un coste que dificultará todo futuro aumento de la producción.

Pero todo ciclo de realimentación positivo que deteriora un sistema puede invertirse para favorecerlo. Más pobreza comporta más población, que a su vez comporta más pobreza. Pero menos pobreza comporta la

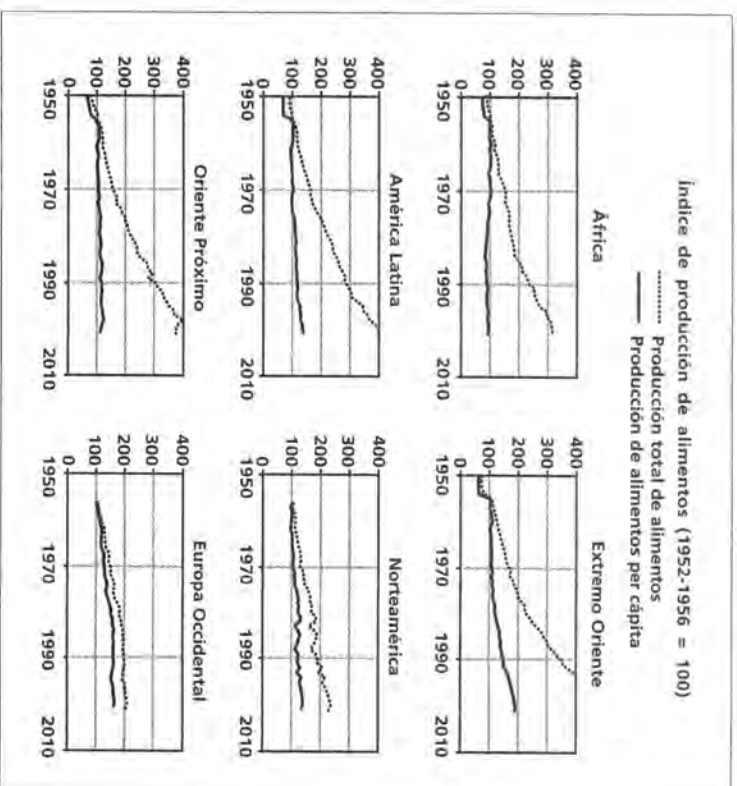


Figura 2-12 Producción de alimentos por regiones

El índice de producción total de alimentos (índice = 100 en 1952-1956) se ha duplicado o triplicado en los últimos cincuenta años en las regiones del mundo en que hay hambruna, pero el índice de producción de alimentos por persona apenas ha variado en esas regiones debido a que la población ha crecido al menos con la misma rapidez. En el caso de África, la producción de alimentos per cápita ha descendido un 9 % entre 1996 y 2001. (Fuente: FAO.)

desaceleración del crecimiento de la población y en consecuencia menos pobreza. Con una inversión suficiente mantenida durante un tiempo necesario, con precios justos de los productos y la mano de obra, con una producción creciente asignada directamente a los pobres, y en especial a la educación y el empleo de las mujeres y a

la planificación familiar, es posible invertir los efectos del ciclo población-pobreza. Las mejoras sociales pueden reducir la tasa de crecimiento de la población. Esto permite invertir más en capital industrial, que produce más bienes y servicios. El mayor consumo de bienes y servicios ayuda a reducir todavía más el crecimiento de la población.

En las regiones del mundo en que se presta mucha atención al bienestar del conjunto de la población, y en particular de los pobres, esta inversión ya es un hecho. Ésta es una de las razones por las que la tasa de crecimiento de la población mundial está descendiendo y avanza la transición demográfica.

Pero en otros lugares, en los que la desigualdad es culturalmente endémica, donde faltan los recursos o la voluntad de invertir en el bienestar público, o donde las quiebras moretarias han comportado la imposición de «ajustes estructurales» que desvían la inversión del sistema educativo y de la atención sanitaria, no se produce ninguna mejora del nivel de vida de amplios sectores de la población. Ancladas en la pobreza y creciendo velozmente, estas poblaciones corren el grave peligro de ver frenado su crecimiento no por el descenso de las tasas de natalidad, sino por el aumento de las tasas de mortalidad. En efecto, se prevé que Zimbabue, Botswana, Namibia, Zambia y Swazilandia alcanzarán una tasa de crecimiento de la población igual a cero a comienzos del siglo XXI por una razón trágica: la muerte de jóvenes adultos y niños a causa del sida¹⁹.

El crecimiento exponencial de la población y la producción industrial está inserto en la estructura auto-generadora del sistema socioeconómico del «mundo real», pero de un modo complejo que tiende a empujar a algunas partes del mundo a un lento crecimiento demográfico y un rápido crecimiento industrial y a otras

partes a un lento crecimiento industrial y un rápido crecimiento demográfico. Pero en ambos casos la población y el capital físico siguen creciendo.

¿Puede este crecimiento físico, desde un punto de vista realista, mantenerse para siempre? Nuestra respuesta es que no. El crecimiento de la población y del capital incrementa la huella ecológica de la humanidad, la carga que supone la humanidad para el ecosistema planetario, a menos que haya un esfuerzo efectivo de evitar dicho incremento. En principio es posible reducir la huella ecológica de cada unidad de actividad humana (con medios tecnológicos o de otro tipo) con la suficiente rapidez para permitir que tanto la población como el capital industrial siga creciendo. Pero no creemos que eso se logre en la práctica. No cabe duda de que los datos empíricos disponibles de todo el mundo de hoy muestran que no tiene lugar ninguna reducción suficiente. La huella ecológica sigue creciendo (*véase* la figura P-1 en el Prólogo), aunque a un ritmo más lento que el de la economía.

Cuando la huella ecológica ha crecido más allá del nivel sostenible, como ya ha ocurrido, al final tendrá que volver a descender, bien a través de un proceso controlado (por ejemplo, mediante un rápido aumento de la eficiencia), bien por obra de la naturaleza (por ejemplo, debido al descenso del consumo de madera a medida que desaparecen los bosques). Está fuera de toda duda que el crecimiento de la huella ecológica se detendrá; lo único incierto es cuándo y por qué medios lo hará.

El crecimiento de la población se detendrá en lo esencial, bien por un descenso continuado de la tasa de natalidad, bien por el aumento de las defunciones, o por ambas causas a la vez. El crecimiento industrial se detendrá sustancialmente, ya sea debido a la caída de las tasas de inversión, al aumento de la amortización, o por ambas causas a la vez. Si anticipamos estas tenden-

cias podemos ejercer cierto control racional sobre ellas, seleccionando las mejores opciones disponibles. Si hacemos caso omiso de ellas, entonces los sistemas naturales buscarán una salida sin reparar en el bienestar humano.

Las tasas de natalidad y mortalidad y las tasas de inversión y amortización se verán equilibradas por decisión humana o por los efectos de la sobreexplotación de las fuentes y sumideros del planeta. Las curvas de crecimiento exponencial se desacelerarán y experimentarán una inflexión, para luego estabilizarse o descender. El estado de la sociedad humana y del planeta en este momento será catastrófico.

Es a todas luces demasiado fácil calificar las cosas de «buenas» o «malas» y mantener estas categorías para siempre. Durante generaciones, tanto el crecimiento de la población como el del capital se consideraban cosas buenas sin discusión. En un planeta escasamente poblado con recursos abundantes había buenas razones para esta apreciación positiva. Ahora, con una comprensión cada vez más clara de los límites ecológicos, puede ser tentador calificar todo crecimiento de malo.

La tarea de gestión en una época de colisión con los límites exige mayor sutileza, una clasificación más cuidadosa. Algunas personas necesitan desesperadamente más alimentos, cobijo y bienes materiales. Otras, sumidas en otra clase de desesperación, tratan de aprovechar el crecimiento material para satisfacer otras necesidades, que son igual de reales pero inmateriales: necesidades de reconocimiento, autoestima, pertenencia, identidad. Por tanto, no tiene sentido hablar del crecimiento con aprobación absoluta o desaprobación absoluta. En vez de ello es necesario formular preguntas: *¿Crecimiento de qué? ¿Para quién? ¿A qué coste? ¿Pagado por quién? ¿Cuál es la necesidad real y cuál es la vía más directa y eficiente*

te para satisfacer esa necesidad? ¿Cuánto es suficiente? ¿Cuáles son las obligaciones comunes?

Las respuestas a estas preguntas pueden señalar el camino hacia una sociedad suficiente y equitativa. Otras preguntas señalarán el camino hacia una sociedad sostenible. *¿Cuántas personas pueden satisfacer sus necesidades con un caudal productivo dado dentro de una huella ecológica determinada? ¿En qué nivel de consumo material? ¿Durante cuánto tiempo? ¿Hasta qué punto está explotado el sistema físico que sostiene a la población humana, la economía y a todas las demás especies? ¿Qué resistencia tiene este sistema frente a qué tipos y magnitudes de explotación? ¿Cuánto es demasiado?*

Para responder a estas preguntas debemos apartar nuestra mirada de las causas del crecimiento y centrarnos en los límites del crecimiento. Éste es nuestro propósito en el capítulo 3.