

# La producción



# 6

En los tres últimos capítulos, hemos centrado la atención en el *lado de la demanda* del mercado, es decir, en las preferencias y la conducta de los consumidores. A continuación, pasamos a analizar el *lado de la oferta* y la conducta de los productores. Veremos cómo pueden organizar las empresas su producción eficientemente y cómo varían sus costes de producción cuando varían tanto los precios de los factores como el nivel de producción. También veremos que existen muchas similitudes entre las decisiones optimizadoras de las empresas y las de los consumidores. En otras palabras, comprender la conducta de los consumidores nos ayudará a comprender la conducta de los productores.

En este capítulo y en el siguiente, analizamos la **teoría de la empresa**, que explica cómo toma una empresa decisiones de producción minimizadoras de los costes y cómo varían los costes resultantes cuando varía la producción. El conocimiento de la producción y del coste nos ayudará a comprender las características de la oferta del mercado. También nos resultará útil para abordar los problemas que surgen normalmente en las empresas. Para verlo, consideremos simplemente algunos de los problemas con los que suele encontrarse una compañía como General Motors. ¿Cuánta maquinaria de montaje y cuánto trabajo debe utilizar en sus nuevas plantas de automóviles? Si quiere aumentar la producción, ¿debe contratar más trabajadores, construir nuevas plantas o las dos cosas a la vez? ¿Tiene más sentido que una única planta produzca diferentes modelos o debe fabricarse cada modelo en una planta distinta? ¿Qué costes debe esperar GM durante el próximo año? ¿Cómo es probable que varíen estos con el tiempo e influya en ellos el nivel de producción? Estas preguntas afectan no solo a las empresas, sino también a otros productores de bienes y servicios, como el Estado y los organismos sin fines de lucro.

## Las decisiones de producción de una empresa

En los Capítulos 3 y 4, estudiamos la conducta de los consumidores dividiéndola en tres pasos. En primer lugar, explicamos cómo se describen las preferencias de los consumidores. En segundo lugar, explicamos el hecho de que los consumidores se enfrentan a restricciones presupuestarias. En tercer lugar, vimos que, dadas sus preferencias y sus restricciones presupuestarias, pueden elegir combinaciones de bienes para maximizar su satisfacción. Las decisiones de producción de las empresas son análogas a las decisio-

## ESBOZO DEL CAPÍTULO

- 6.1 La tecnología de producción 219
- 6.2 La producción con un factor variable (el trabajo) 221
- 6.3 La producción con dos factores variables 231
- 6.4 Los rendimientos de escala 240

## LISTA DE EJEMPLOS

- 6.1 Malthus y la crisis de los alimentos 227
- 6.2 La productividad del trabajo y el nivel de vida 230
- 6.3 Una función de producción de trigo 238
- 6.4 Los rendimientos de escala en la industria de alfombras 242



nes de compra de los consumidores y pueden comprenderse también siguiendo tres pasos:

1. **La tecnología de producción:** Necesitamos describir de alguna manera cómo pueden transformarse los *factores* (como el trabajo, el capital y las materias primas) en *productos* (como automóviles y televisores). De la misma forma que un consumidor puede alcanzar un nivel de satisfacción comprando diferentes combinaciones de bienes, la empresa puede obtener un determinado nivel de producción utilizando diferentes combinaciones de factores. Por ejemplo, una empresa de electrónica puede producir 10.000 televisores al mes utilizando una cantidad considerable de trabajo (por ejemplo, trabajadores que monten los televisores manualmente) y muy poco capital o construyendo una fábrica muy automatizada intensiva en capital y utilizando muy poco trabajo.
2. **Restricciones de costes:** Las empresas deben tener en cuenta los *precios* del trabajo, del capital y de otros factores. De la misma forma que el consumidor está sujeto a un presupuesto limitado, la empresa se preocupará por sus costes de producción. Por ejemplo, la empresa que produce 10.000 televisores al mes quiere producirlos de una forma que minimice su coste total de producción, que depende en parte de los precios de los factores que utiliza.
3. **Elecciones de los factores:** Dada su tecnología de producción y los precios del trabajo, del capital y de otros factores, la empresa debe decidir *qué cantidad va a utilizar de cada factor* para producir su producto. De la misma forma que un consumidor tiene en cuenta los precios de los diferentes bienes cuando decide la cantidad que va a comprar de cada uno, la empresa debe tener en cuenta los precios de los diferentes factores cuando decide la cantidad que va a utilizar de cada factor. Si nuestra empresa de electrónica produce en un país que tiene bajos salarios, puede decidir producir televisores utilizando una gran cantidad de trabajo y utilizar así muy poco capital.

• **teoría de la empresa**

Explicación de cómo toma la empresa sus decisiones de producción minimizadoras de los costes y de cómo varía su coste con su nivel de producción.

Estos tres pasos son los componentes básicos de la **teoría de la empresa**, por lo que los analizaremos detalladamente en este capítulo y en el siguiente. También abordaremos otros aspectos importantes de la conducta de la empresa. Por ejemplo, suponiendo que la empresa siempre utiliza una combinación de factores minimizadora de los costes, veremos cómo varía su coste total de producción con la cantidad que produce y cómo puede elegir la cantidad que maximiza sus beneficios.

Comenzamos este capítulo mostrando cómo puede representarse la tecnología de producción de la empresa por medio de una *función de producción*, que es una descripción sucinta de cómo se transforman los factores en producción. A continuación, utilizamos la función de producción para mostrar cómo varía la producción de la empresa cuando se altera uno de los factores (el trabajo) manteniendo fijos todos los demás. Después pasamos a analizar el caso más general en el que la empresa puede alterar todos sus factores y mostramos cómo elige la combinación de factores que minimiza sus costes para obtener su producción. Nos ocuparemos especialmente de la *escala* de operaciones de la empresa. Por ejemplo, ¿hay ventajas tecnológicas que aumentan la productividad de la empresa a medida que aumenta su escala?



## 6.1 LA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN

En el proceso de producción, las empresas convierten los *factores de producción* en *productos*. Son **factores de producción** todo lo que debe utilizar la empresa en el proceso de producción. Por ejemplo, en una panificadora, los factores son el trabajo de sus trabajadores; las materias primas, como la harina y el azúcar; y el capital invertido en sus hornos, batidoras y demás equipo para producir productos como pan, pasteles y pastas.

Como verá el lector, podemos dividir los factores en las grandes categorías de *trabajo*, *materias primas* y *capital*, cada una de las cuales puede contener subdivisiones más estrictas. El trabajo engloba los trabajadores cualificados (carpinteros, ingenieros) y los trabajadores no cualificados (trabajadores agrícolas), así como los esfuerzos empresariales de los directivos de la empresa. Las materias primas son el acero, los plásticos, la electricidad, el agua y cualquier otro bien que la empresa compre y transforme en productos finales. El capital son el suelo, los edificios, la maquinaria y demás equipo, así como las existencias.

### • factores de producción

Factores que intervienen en el proceso de producción (por ejemplo, trabajo, capital y materias primas).

## La función de producción

Las empresas pueden transformar los factores en productos de diversas formas utilizando distintas combinaciones de trabajo, materias primas y capital. La relación entre los factores del proceso de producción y la producción resultante puede describirse por medio de una *función de producción*. Una **función de producción** indica el máximo nivel de producción  $q$  que puede obtener una empresa con cada combinación específica de factores<sup>1</sup>. Aunque en la práctica las empresas utilizan una amplia variedad de factores, simplificaremos nuestro análisis centrandolo la atención en dos solamente: el trabajo  $L$  y el capital  $K$ . Podemos expresar, pues, la función de producción de la manera siguiente:

### • función de producción

Función que muestra el nivel de producción máximo que puede obtener la empresa con cada combinación especificada de factores.

$$q = F(K, L) \quad (6.1)$$

Esta ecuación relaciona la cantidad de producción con las cantidades de los dos factores, capital y trabajo. Por ejemplo, la función de producción podría describir el número de computadoras personales que pueden producirse cada año con una planta de 1.000 metros cuadrados y una determinada cantidad de obreros de montaje. O podría describir la cosecha que puede obtener un agricultor con una cantidad dada de maquinaria y de trabajadores.

Es importante tener presente que los factores y los productos son *flujos*. Por ejemplo, un fabricante de computadoras personales utiliza una determinada cantidad de trabajo *cada año* para producir un determinado número de computadoras ese año. Aunque sea propietaria de su planta y maquinaria, podemos imaginar que paga un coste por el uso de esa planta y esa maquinaria durante el año. Para simplificar el análisis, prescindiremos frecuentemente de la referencia temporal y solo nos referiremos a las cantidades de trabajo, capital y producción. Sin embargo, a menos que se indique lo contrario, nos referimos a la cantidad de trabajo y de capital utilizados cada año y a la cantidad de producción obtenida cada año.

<sup>1</sup> En este capítulo y en los siguientes, utilizaremos la variable  $q$  para representar la producción de la empresa y  $Q$  para representar la producción de la industria.



Como la función de producción permite combinar los factores en diferentes proporciones, un producto puede obtenerse de muchas formas. En el caso de la función de producción de la ecuación (6.1), podría significar utilizar más capital y menos trabajo o viceversa. Por ejemplo, el vino puede producirse con un método intensivo en trabajo utilizando muchos trabajadores o con un método intensivo en capital utilizando máquinas y unos cuantos trabajadores.

Obsérvese que la ecuación (6.1) se aplica a una *tecnología dada*, es decir, a un determinado estado de los conocimientos sobre los distintos métodos que podrían utilizarse para transformar los factores en productos. A medida que la tecnología es más avanzada y la función de producción varía, una empresa puede obtener más producción con un conjunto dado de factores. Por ejemplo, una nueva cadena de montaje más rápida puede permitir a un fabricante de computadoras producir más computadoras en un determinado periodo de tiempo.

Las funciones de producción describen lo que es *técnicamente viable* cuando la empresa produce *eficientemente*; es decir, cuando utiliza cada combinación de factores de la manera más eficaz posible. La suposición de que la producción siempre es técnicamente eficiente no tiene por qué cumplirse siempre, pero es razonable esperar que las empresas que desean obtener beneficios no despilfarran recursos.

## El corto plazo y el largo plazo

Una empresa tarda en ajustar sus factores para producir con diferentes cantidades de trabajo y de capital. Una fábrica nueva debe planificarse y construirse y la maquinaria y demás equipo de capital debe pedirse y entregarse. Estas actividades tardan en realizarse fácilmente un año o más, por lo que si analizamos las decisiones de producción de un breve periodo de tiempo, como un mes o dos, es improbable que la empresa pueda sustituir mucho trabajo por capital.

Como las empresas deben preguntarse si pueden alterar o no los factores y, en caso afirmativo, en qué periodo de tiempo, es importante distinguir entre el corto plazo y el largo plazo cuando se analiza la producción. El **corto plazo** se refiere al periodo de tiempo en el que no es posible alterar las cantidades de uno o más factores de producción. En otras palabras, a corto plazo hay al menos un factor que no puede alterarse; ese factor se denomina **factor fijo**. El **largo plazo** es el tiempo necesario para que *todos* los factores sean variables.

Como cabría esperar, los tipos de decisiones que pueden tomar las empresas son muy diferentes a corto plazo de *las que toman* a largo plazo. A corto plazo, las empresas alteran la intensidad con que utilizan una planta y una maquinaria dadas; a largo plazo, alteran el tamaño de la planta. Todos los factores fijos a corto plazo representan los resultados de decisiones a largo plazo tomadas anteriormente en función de las estimaciones de las empresas sobre lo que sería rentable producir y vender.

No existe ningún periodo de tiempo específico, por ejemplo, un año, que distinga el corto plazo del largo plazo, sino que hay que distinguirlos caso por caso. Por ejemplo, el largo plazo puede ser de uno o dos días solamente en el caso de un puesto callejero de limonada y llegar a ser de cinco o diez años en el de una empresa petroquímica o de un fabricante de automóviles.

Veremos que a largo plazo las empresas pueden alterar las cantidades de todos sus factores para minimizar el coste de producción. Sin embargo, antes de

• **corto plazo** Periodo de tiempo en el que no es posible alterar las cantidades de uno o más factores de producción.

• **factor fijo** Factor de producción que no puede alterarse.

• **largo plazo** Periodo de tiempo necesario para que todos los factores de producción sean variables.



tratar este caso general, comenzamos analizando el corto plazo, periodo en el que solo puede alterarse uno de los factores del proceso de producción. Suponemos que el capital es el factor fijo y que el trabajo es el factor variable.

## 6.2 LA PRODUCCIÓN CON UN FACTOR VARIABLE (EL TRABAJO)

Cuando una empresa decide la cantidad que va a comprar de un determinado factor, tiene que comparar el beneficio resultante con el coste. A veces resulta útil analizar el beneficio y el coste desde una perspectiva *marginal* centrando la atención en la producción adicional generada por una cantidad adicional de un factor. En otras situaciones, resulta útil realizar la comparación adoptando una perspectiva de cantidades *medias*, considerando el resultado de un aumento significativo de un factor. Analizaremos estos beneficios y costes de las dos maneras.

Cuando el capital es fijo, pero el trabajo es variable, la empresa solo puede producir más incrementando su cantidad de trabajo. Imaginemos, por ejemplo, que gestionamos una fábrica de confección. Aunque tenemos una cantidad fija de equipo, podemos contratar más o menos trabajo para coser y manejar las máquinas. Tenemos que decidir cuánto trabajo vamos a contratar y cuánta ropa vamos a producir. Para tomar esa decisión, necesitamos saber cómo aumenta la cantidad de producción  $q$  (en caso de que aumente) cuando se incrementa la de trabajo  $L$ .

El Cuadro 6.1 nos da esta información. Las tres primeras columnas muestran la cantidad de producción que puede obtenerse en un mes con diferentes cantidades de trabajo y con una cantidad fija de capital de 10 unidades. La primera columna indica la cantidad de trabajo, la segunda la cantidad fija de capital y la tercera el nivel total de producción. Cuando la cantidad de trabajo es cero, el nivel de producción también es cero. A continuación, el nivel de pro-

**CUADRO 6.1** La producción con un factor variable

Cantidad de trabajo ( $L$ )	Cantidad de capital ( $K$ )	Producción total ( $q$ )	Producto medio ( $q/L$ )	Producto marginal ( $\Delta q/\Delta L$ )
0	10	0	—	—
1	10	10	10	10
2	10	30	15	20
3	10	60	20	30
4	10	80	20	20
5	10	95	19	15
6	10	108	18	13
7	10	112	16	4
8	10	112	14	0
9	10	108	12	-4
10	10	100	10	-8



ducción aumenta a medida que se incrementa la cantidad de trabajo hasta 8 unidades. A partir de ese punto, el nivel total de producción disminuye: aunque al principio cada unidad de trabajo puede aprovechar cada vez más la maquinaria y la planta existentes, hay un momento a partir del cual el trabajo adicional ya no es útil y, de hecho, puede ser contraproducente. Cinco personas pueden manejar una cadena de montaje mejor que dos, pero diez pueden estorbarse.

## El producto medio y marginal

- **producto medio**

Producción total por unidad de un determinado factor.

- **producto marginal**

Producción adicional obtenida cuando se incrementa un factor en una unidad.

La contribución del trabajo al proceso de producción puede describirse tanto desde la perspectiva de las variables *medias* como desde la perspectiva de las variables *marginales*. La cuarta columna del Cuadro 6.1 muestra el **producto medio** del trabajo ( $PM_e$ ), que es el nivel de producción por unidad de trabajo. El producto medio se calcula dividiendo la producción total  $q$  por la cantidad total de trabajo  $L$ . El producto medio del trabajo mide la productividad de la plantilla de la empresa por medio de la cantidad de producción que genera cada trabajador en promedio. En nuestro ejemplo, el producto medio aumenta inicialmente, pero disminuye cuando la cantidad de trabajo es superior a cuatro.

La quinta columna del Cuadro 6.1 muestra el **producto marginal** del trabajo ( $PM_l$ ). Es la producción *adicional* que se obtiene cuando se utiliza 1 unidad más de trabajo. Por ejemplo, con un capital fijo de 10 unidades, cuando se incrementa la cantidad de trabajo de 2 a 3, la producción total aumenta de 30 a 60, creando una producción adicional de 30 (es decir,  $60 - 30$ ) unidades. El producto marginal del trabajo puede expresarse de la siguiente manera:  $\Delta q / \Delta L$ ; en otras palabras, la variación de la producción  $\Delta q$  provocada por un aumento de la cantidad de trabajo  $\Delta L$  de una unidad.

Recuérdese que el producto marginal del trabajo depende de la cantidad que se utilice de capital. Si se incrementa el capital de 10 a 20, lo más probable es que aumente el producto marginal del trabajo. ¿Por qué? Porque es probable que los trabajadores adicionales sean más productivos si tienen más capital. El producto marginal, al igual que el producto medio, primero aumenta y después disminuye, en este caso después de la tercera unidad de trabajo.

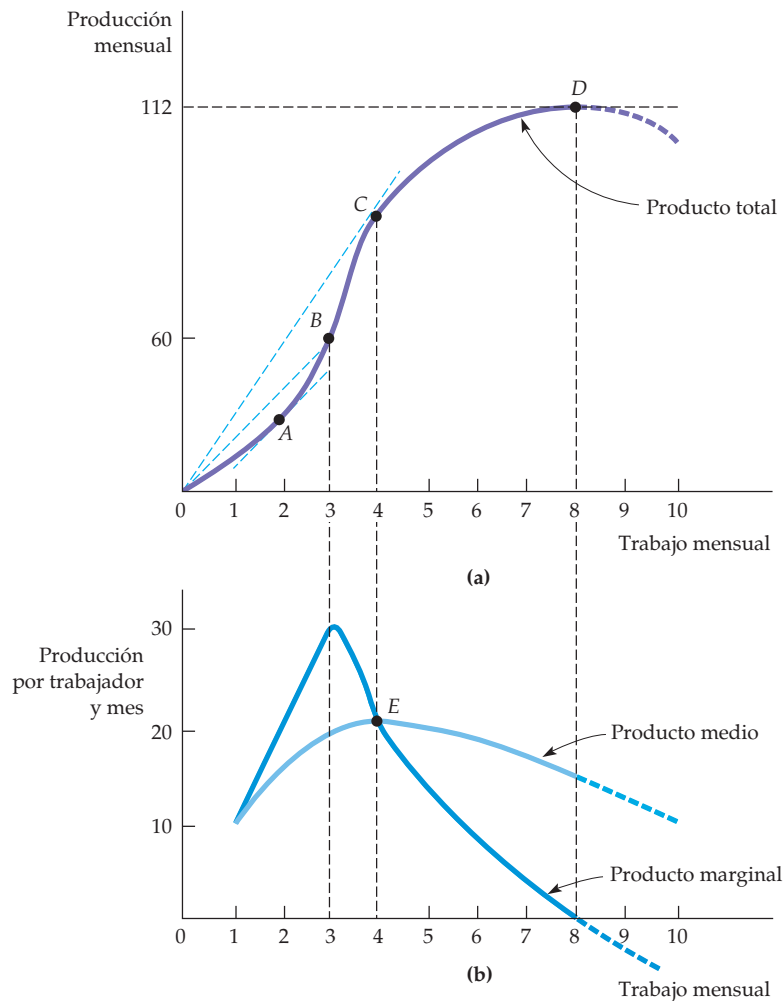
Resumiendo:

$$\begin{aligned}\text{Producto medio del trabajo} &= \text{producción/cantidad de trabajo} = q/L \\ \text{Producto marginal del trabajo} &= \text{variación de la producción/variación} \\ &\quad \text{de la cantidad de trabajo} = \Delta q / \Delta L\end{aligned}$$

## Las pendientes de la curva de producto

La Figura 6.1 representa la información que contiene el Cuadro 6.1 (hemos unido todos los puntos de la figura con líneas continuas). La Figura 6.1(a) muestra que cuando se incrementa el trabajo, la producción aumenta hasta que alcanza un máximo de 112; a partir de entonces, disminuye. La parte de la curva de producción total que es descendente se representa por medio de una línea discontinua para mostrar que producir con más de ocho trabajadores no es económica-





**FIGURA 6.1** La producción con un factor variable

La curva de producto total de (a) muestra el nivel de producción que se obtiene con diferentes cantidades de trabajo. El producto medio y el marginal de (b) pueden obtenerse (utilizando los datos del Cuadro 6.1) a partir de la curva de producto total. En el punto A de (a), el producto marginal es 20 porque la tangente a la curva de producto total tiene una pendiente de 20. En el punto B de (a), el producto medio del trabajo es 20, que es la pendiente de la recta que va desde el origen hasta B. El producto medio del trabajo en el punto C de (a) viene dado por la pendiente de la línea recta OC. A la izquierda del punto E de (b), el producto marginal es superior al producto medio y el producto medio es creciente; a la derecha de ese punto, el producto marginal es inferior al producto medio y este último es decreciente. Por tanto, E es el punto en el que el producto medio y el marginal son iguales y el producto medio alcanza su máximo.

mente racional; nunca puede ser rentable utilizar cantidades adicionales de un factor caro para producir *menos* cantidad.

La Figura 6.1(b) muestra las curvas de producto medio y marginal (las unidades del eje de ordenadas no representan en este caso el nivel de producción men-



sual sino el nivel de producción por trabajador y mes). Obsérvese que el producto marginal es positivo mientras el nivel de producción esté aumentando, pero se vuelve negativo cuando está disminuyendo.

No es una casualidad que la curva de producto marginal corte al eje de abscisas del gráfico en el punto en el que el producto total es máximo. Ello se debe a que cuando se introduce un trabajador que frena la producción y reduce la producción total, el producto marginal de ese trabajador es negativo.

Las curvas de producto medio y de producto marginal están estrechamente relacionadas entre sí. *Cuando el producto marginal es mayor que el producto medio, el producto medio es creciente.* Es lo que ocurre en el caso de las cantidades de trabajo inferiores a 4 en la Figura 6.1(b). Si la producción de un trabajador más es mayor que el producto medio de cada trabajador existente (es decir, el producto marginal es mayor que el producto medio), la contratación de ese trabajador aumenta la producción media. En el Cuadro 6.1, dos trabajadores producen 30 unidades, lo que equivale a un producto medio de 15 unidades por trabajador. La utilización de un tercer trabajador eleva la producción en 30 unidades (a 60), lo cual aumenta el producto medio de 15 a 20.

Asimismo, *cuando el producto marginal es menor que el producto medio, el producto medio es decreciente.* Es lo que ocurre cuando la cantidad de trabajo es superior a 4 en la Figura 6.2(b). En el Cuadro 6.1, seis trabajadores producen 108 unidades, por lo que el producto medio es 18. La utilización de un séptimo trabajador solo eleva el producto marginal en 4 unidades (menos que el producto medio), lo cual reduce el producto medio a 16.

Hemos visto que el producto marginal es superior al producto medio cuando este es creciente e inferior al producto medio cuando este es decreciente. Por tanto, el producto marginal debe ser igual al producto medio cuando este alcanza su máximo, lo cual ocurre en el punto *E* de la Figura 6.1(b).

¿Por qué es de esperar en la práctica que la curva de producto marginal sea ascendente y después descendente? Pensemos en una cadena de montaje de televisores. Un número de trabajadores inferior a diez posiblemente sería insuficiente para manejar la cadena de montaje. Entre diez y quince quizá pudieran manejarla, pero no de una manera muy eficiente. Si se añadieran algunos más, posiblemente la cadena de montaje funcionaría de una manera mucho más eficiente, por lo que el producto marginal de esos trabajadores sería muy alto. Sin embargo, es posible que el aumento de la eficiencia comenzara a disminuir una vez que hubiera más de 20 trabajadores. El producto marginal del vigésimo segundo, por ejemplo, posiblemente seguiría siendo muy alto (y superior al producto medio), pero no tanto como el del décimo noveno o el del vigésimo. El producto marginal del vigésimo quinto sería aún menor, quizá igual al producto medio. Con 30 trabajadores, la introducción de uno más aumentaría la producción, pero no mucho más (por lo que el producto marginal, aunque positivo, sería inferior al producto medio). Cuando hubiera más de 40 trabajadores, los trabajadores adicionales se estorbarían simplemente y reducirían, en realidad, la producción (por lo que el producto marginal sería negativo).

## La curva de producto medio del trabajo

La Figura 6.1(a) muestra la relación geométrica entre el producto total y las curvas de producto medio y marginal. El producto medio del trabajo es el producto





total dividido por la cantidad de trabajo. Por ejemplo, en el punto *B* el producto medio es igual al nivel de producción de 60 dividido por las 3 unidades de trabajo utilizadas, o sea, 20 unidades de producción por unidad de trabajo. Sin embargo, ese cociente es precisamente la pendiente de la recta que va desde el origen hasta el punto *B* de la Figura 6.1(a). En general, *el producto medio del trabajo viene dado por la pendiente de la recta que va desde el origen hasta el punto correspondiente de la curva de producto total.*

## La curva de producto marginal del trabajo

Como hemos visto, el producto marginal del trabajo es la variación que experimenta el producto total cuando se utiliza una unidad más de trabajo. Por ejemplo, en el punto *A* el producto marginal es 20 porque la tangente a la curva de producto total tiene una pendiente de 20. En general, *el producto marginal del trabajo en un punto viene dado por la pendiente del producto total en ese punto.* Vemos en la Figura 6.1(a) que el producto marginal del trabajo aumenta inicialmente, alcanza un máximo cuando la cantidad del factor utilizada es igual a 3 y disminuye a medida que nos desplazamos en sentido ascendente por la curva de producto total a *C* y a *D*. En el punto *D*, en el que se maximiza el producto total, la pendiente de la tangente a la curva de producto total es 0, al igual que el producto marginal. Más allá de ese punto, el producto marginal se vuelve negativo.

**Relación entre el producto medio y el producto marginal** Obsérvese la relación gráfica entre el producto medio y el marginal en la Figura 6.1(a). En el punto *B*, el producto marginal del trabajo (la pendiente de la tangente a la curva de producto total en *B*, que no se muestra explícitamente) es mayor que el producto medio (recta discontinua *OB*). Como consecuencia, el producto medio del trabajo aumenta cuando nos desplazamos de *B* a *C*. En el punto *C*, el producto medio y el producto marginal del trabajo son iguales: el producto medio es la pendiente de la recta que parte del origen *OC*, mientras que el producto marginal es la tangente a la curva de producto total en *C* (obsérvese que el producto medio y el marginal son iguales en el punto *E* de la Figura 6.1(b)). Por último, cuando nos desplazamos de *C* a *D*, el producto marginal disminuye por debajo del producto medio; el lector puede comprobar que la pendiente de la tangente a la curva de producto total en cualquier punto situado entre *C* y *D* es menor que la pendiente de la recta que parte del origen.

## La ley de los rendimientos marginales decrecientes

El producto marginal del trabajo (y de otros factores) es decreciente en la mayoría de los procesos de producción. La **ley de los rendimientos marginales decrecientes** establece que a medida que van añadiéndose más cantidades iguales de un factor (y los demás se mantienen fijos), acaba alcanzándose un punto en el que son cada vez menores los incrementos de la producción. Cuando la cantidad de trabajo es pequeña (y el capital es fijo), la cantidad adicional de trabajo aumenta significativamente la producción al permitir a los trabajadores realizar tareas especializadas. Sin embargo, a la larga se aplica la ley de los rendimientos de-

### • ley de los rendimientos marginales decrecientes

Principio según el cual cuando aumenta el uso de un factor mientras los demás permanecen constantes, la producción adicional obtenida acaba disminuyendo.

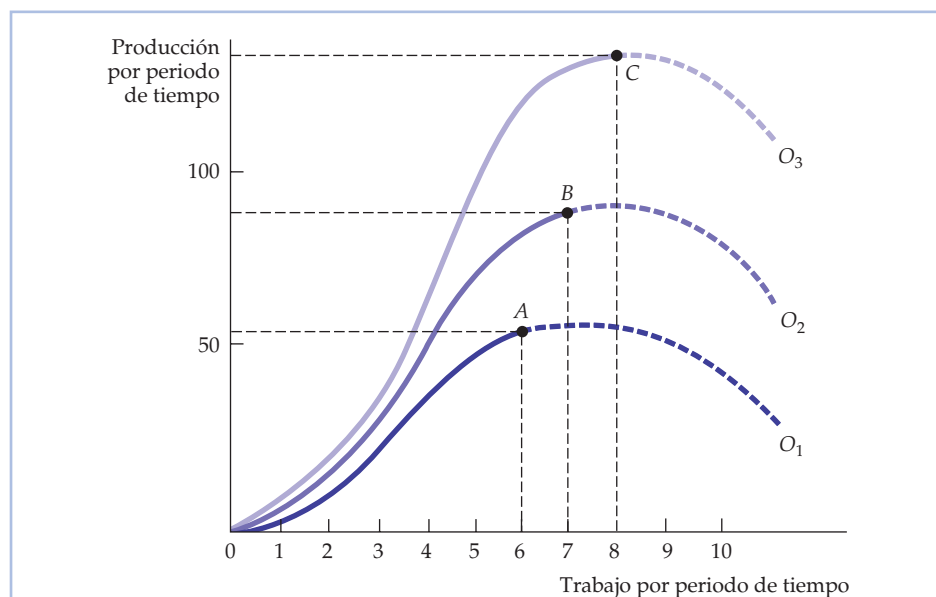


crecientes: cuando hay demasiados trabajadores, algunos son ineficaces, por lo que disminuye el producto marginal del trabajo.

La ley de los rendimientos marginales decrecientes se aplica normalmente al corto plazo, periodo en el que al menos uno de los factores se mantiene fijo. Sin embargo, también puede aplicarse al largo plazo. Aunque los factores sean variables a largo plazo, un directivo puede querer analizar las opciones de producción en las que se mantiene constante la cantidad de uno o más factores. Supongamos, por ejemplo, que solo son viables dos tamaños de planta y que los directivos deben decidir cuál construir. En ese caso, querrán saber cuándo entrarán en juego los rendimientos marginales decrecientes en cada una de las dos opciones.

No confunda el lector la ley de los rendimientos marginales decrecientes con los posibles cambios de la *calidad* del trabajo a medida que se incrementa este (como ocurriría probablemente si se contratan primero los trabajadores más cualificados y finalmente los menos cualificados). En nuestro análisis de la producción, hemos supuesto que todas las cantidades de trabajo son de la misma calidad; los rendimientos marginales decrecientes se deben a que hay limitaciones para utilizar otros factores fijos (por ejemplo, maquinaria), no a una disminución de la calidad de los trabajadores. Tampoco confunda el lector los rendimientos marginales decrecientes con los rendimientos *negativos*. La ley de los rendimientos decrecientes describe un producto marginal *decreciente*, pero no necesariamente negativo.

La ley de los rendimientos marginales decrecientes se aplica a una tecnología de producción dada. Sin embargo, los inventos y otras mejoras de la tecno-



**FIGURA 6.2** El efecto de la mejora tecnológica

La productividad del trabajo (la producción por unidad de trabajo) puede aumentar si mejora la tecnología, aunque el trabajo muestre rendimientos decrecientes en un determinado proceso de producción. Cuando nos desplazamos del punto A de la curva  $O_1$  al B de la curva  $O_2$  y al C de la curva  $O_3$  con el paso del tiempo, la productividad del trabajo aumenta.



logía pueden permitir con el tiempo que toda la curva de producto total de la Figura 6.1(a) se desplace en sentido ascendente, de tal manera que pueda producirse más con los mismos factores. La Figura 6.2 ilustra este principio. Inicialmente, la curva de producción viene dada por  $O_1$ , pero las mejoras de la tecnología pueden permitir que esta se desplace en sentido ascendente, primero a  $O_2$  y después a  $O_3$ .

Supongamos, por ejemplo, que a medida que se utiliza con el tiempo más trabajo en la producción agrícola, la tecnología mejora. Estas mejoras podrían consistir en semillas resistentes a los pesticidas fruto de la ingeniería genética, fertilizantes más potentes y eficaces y mejor maquinaria agrícola. Como consecuencia, el nivel de producción pasa de  $A$  (correspondiente a una cantidad de trabajo de 6 en la curva  $O_1$ ) a  $B$  (correspondiente a una cantidad de trabajo de 7 en la curva  $O_2$ ) y a  $C$  (correspondiente a una cantidad de trabajo de 8 en la curva  $O_3$ ).

El paso de  $A$  a  $B$  y a  $C$  relaciona un aumento de la cantidad de trabajo con un aumento del nivel de producción y hace que parezca que no hay rendimientos marginales decrecientes cuando, en realidad, los hay. De hecho, el desplazamiento de la curva de producto total sugiere que puede no haber ninguna implicación negativa a largo plazo para el crecimiento económico. En realidad, como veremos en el Ejemplo 6.1, el hecho de no tener en cuenta las mejoras de la tecnología a largo plazo llevó al economista británico Thomas Malthus a predecir erróneamente unas consecuencias funestas si continuaba creciendo la población.

### EJEMPLO 6.1 Malthus y la crisis de los alimentos

La ley de los rendimientos marginales decrecientes fue fundamental para el pensamiento del economista político Thomas Malthus (1766-1834)<sup>2</sup>. Malthus creía que la cantidad limitada de tierra del planeta no sería capaz de suministrar suficientes alimentos a la población, a medida que esta creciera. Predijo que a medida que disminuyeran tanto la productividad marginal del trabajo como la productividad media y hubiera más bocas que alimentar, el hambre y la inanición serían generales. Afortunadamente, Malthus estaba en un error (aunque tenía razón en lo que se refería a los rendimientos marginales decrecientes del trabajo).

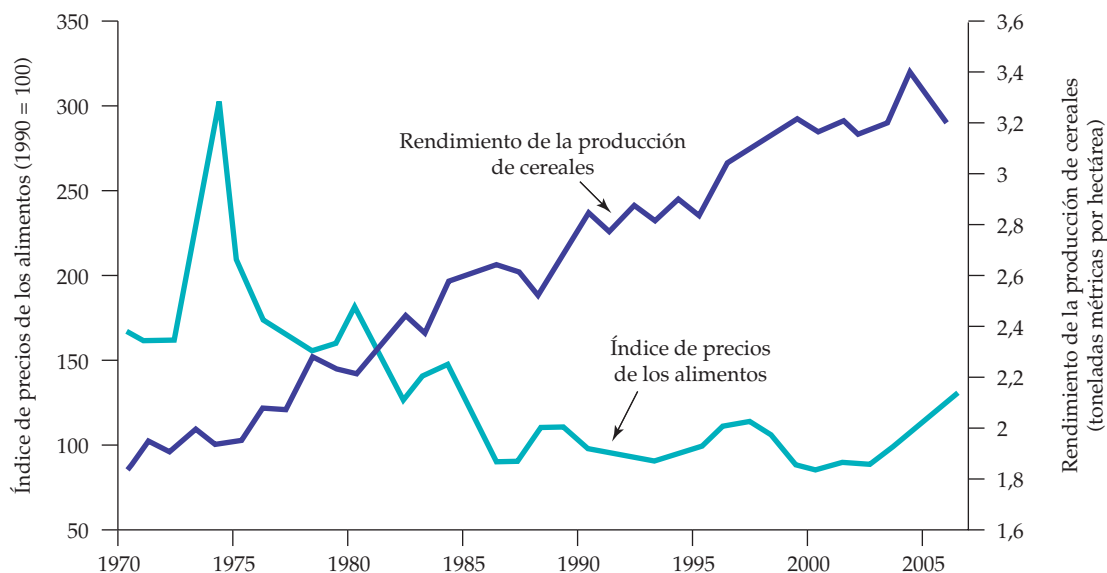
En los últimos cien años, las mejoras tecnológicas han alterado espectacularmente la producción de alimentos en la mayoría de los países (incluidos los países en vías de desarrollo, como la India), por lo que el producto medio del trabajo y la producción total de alimentos han aumentado. Entre estas mejoras se encuentran nuevos tipos de semillas de elevado rendimiento y resistentes a las plagas, mejores fertilizantes y mejor maquinaria de recolección. Como muestra el índice de producción de alimentos del Cuadro 6.2, la producción total de alimentos en todo el mundo ha sido continuamente superior al crecimiento demográfico desde 1960<sup>3</sup>. Este aumento de la productividad agrícola mundial también se muestra en la Figura 6.3, que representa el rendimiento medio de

<sup>2</sup> Thomas Malthus, *Essay on the Principle of Population*, 1798.

<sup>3</sup> Los datos sobre la producción mundial de alimentos per cápita proceden de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Véase también <http://faostat.fao.org>.

**CUADRO 6.2 Índice de consumo mundial de alimentos per cápita**

Año	Índice
1948-1952	100
1960	115
1970	123
1980	128
1990	138
2000	150
2005	156

**FIGURA 6.3 El rendimiento de la producción de cereales y el precio mundial de los productos alimenticios**

El rendimiento de la producción de cereales ha aumentado. El precio mundial medio de los productos alimenticios subió temporalmente a principios de los años 70, pero ha bajado desde entonces.

la producción de cereales desde 1970 hasta 2005, junto con un índice mundial de precios de los productos alimenticios <sup>4</sup>. Obsérvese que el rendimiento de los cereales ha aumentado ininterrumpidamente durante este periodo. Como el crecimiento de la productividad agrícola ha provocado un aumento de las existencias de productos alimenticios superior al crecimiento de la demanda, los precios han bajado, salvo a principios de los años 70 en que subieron temporalmente.

<sup>4</sup> Los datos proceden de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y del Banco Mundial. Véase también <http://faostat.fao.org>.



El hambre sigue siendo un grave problema en algunas zonas, como la región africana del Sahel, debido en parte a la baja productividad de su mano de obra. Aunque otros países producen un excedente agrícola, sigue habiendo mucha hambre debido a las dificultades para redistribuir los alimentos de las regiones del mundo más productivas a las menos productivas y a la baja renta de estas últimas.

## La productividad del trabajo

Aunque este libro se ocupa de la microeconomía, muchos de los conceptos aquí expuestos constituyen los fundamentos del análisis macroeconómico. A los macroeconomistas les preocupa especialmente la **productividad del trabajo**, que es el producto medio del trabajo de toda una industria o de toda la economía. En este subapartado, analizamos la productividad del trabajo en Estados Unidos y en algunos otros países. Es un tema interesante en sí mismo, pero también ayuda a ilustrar algunas de las relaciones entre la microeconomía y la macroeconomía.

Como el producto medio mide el nivel de producción por unidad de trabajo, es relativamente fácil calcularlo (ya que la cantidad total de trabajo y el nivel total de producción son las únicas informaciones que necesitamos). La productividad del trabajo permite realizar útiles comparaciones entre sectores o dentro de un mismo sector a lo largo de un periodo de tiempo prolongado. Pero es especialmente importante porque determina el *nivel real de vida* que puede lograr un país para sus ciudadanos.

**Productividad y nivel de vida** Existe una sencilla relación entre la productividad del trabajo y el nivel de vida. En un año cualquiera, el valor agregado de los bienes y los servicios producidos por una economía es igual a los pagos que se efectúan a todos los factores de producción, entre los cuales se encuentran los salarios, los alquileres del capital y los beneficios de las empresas. Pero son los consumidores los que reciben, en última instancia, estos pagos de los factores, en forma de salarios, sueldos, dividendos o intereses. Por tanto, los consumidores en conjunto solo pueden aumentar su nivel de consumo a largo plazo aumentando la cantidad total que producen.

El estudio de las causas del crecimiento de la productividad constituye un importante campo de investigación en economía. Sabemos que una de las fuentes más importantes de crecimiento de la productividad del trabajo es el crecimiento del **stock de capital**, es decir, de la cantidad total de capital de que se dispone para producir. Como un aumento del capital significa más y mejor maquinaria, cada trabajador puede producir una cantidad mayor por cada hora trabajada. Otra importante fuente de crecimiento de la productividad del trabajo es el **cambio tecnológico**, es decir, el desarrollo de nuevas tecnologías que permiten utilizar el trabajo (y otros factores de producción) de una manera más eficaz y producir bienes nuevos y de mayor calidad.

Como muestra el Ejemplo 6.2, los niveles de productividad del trabajo varían considerablemente de unos países a otros, y lo mismo ocurre con las tasas de crecimiento de la productividad. Es importante comprender estas diferencias, dada la enorme influencia de la productividad en el nivel de vida.

• **productividad del trabajo** Producto medio del trabajo de una industria o a la economía en su conjunto.

• **stock de capital** Cantidad total de capital que puede utilizarse para producir.

• **cambio tecnológico** Desarrollo de nuevas tecnologías que permiten utilizar los factores de producción de forma más eficiente.



## EJEMPLO 6.2 La productividad del trabajo y el nivel de vida



¿Continuará mejorando el nivel de vida en Estados Unidos, Europa y Japón o se limitarán estas economías a impedir que las futuras generaciones disfruten de menos bienestar que las actuales? Dado que las rentas reales de los consumidores de estos países solo aumentan al mismo ritmo que la productividad, la respuesta depende de la productividad del trabajo.

Como muestra el Cuadro 6.3, en Estados Unidos el nivel de producción por persona ocupada era en 2006 mayor que en otros países industriales. Pero en el periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial hay dos patrones inquietantes. En primer lugar, hasta la década de 1990 la productividad creció a una tasa menor en Estados Unidos que en casi todos los demás países desarrollados. En segundo lugar, el crecimiento de la productividad fue en todos los países desarrollados mucho menor en 1974-2006 que antes <sup>5</sup>.

Durante la mayor parte del periodo 1960-1991, Japón fue el país que tuvo la tasa más alta de crecimiento de la productividad, seguido de Alemania y Francia. Estados Unidos fue el que tuvo la más baja, incluso algo menor que la del Reino Unido. Eso se debe en parte a las diferencias entre las tasas de inversión y de crecimiento del stock de capital de cada país. Japón, Francia y Alemania, que se reconstruyeron considerablemente después de la Segunda Guerra Mundial, son los países en los que más creció el capital después de la guerra. Por tanto, el hecho de que la tasa de crecimiento de la productividad de Estados Unidos sea menor que las de Japón, Francia y Alemania se debe a que estos países le dieron alcance después de la guerra.

**CUADRO 6.3** La productividad del trabajo en los países desarrollados

	ESTADOS UNIDOS	JAPÓN	FRANCIA	ALEMANIA	REINO UNIDO
	Producción real por persona ocupada (2006)				
	82.158 \$	57.721 \$	72.949 \$	60.692 %	65.224 \$
Años	Tasa anual de crecimiento de la productividad del trabajo (%)				
1960-1973	2,29	7,86	4,70	3,98	2,84
1974-1982	0,22	2,29	1,73	2,28	1,53
1983-1991	1,54	2,64	1,50	2,07	1,57
1992-2000	1,94	1,08	1,40	1,64	2,22
2001-2006	1,78	1,73	1,02	1,10	1,47

<sup>5</sup> Las cifras recientes sobre el crecimiento del PIB, el empleo y la PPA proceden de OCDE. Para más información, véase <http://www.oecd.org>; selecciónese Frequently Requested Statistics dentro del directorio Statistics.





El crecimiento de la productividad también va unido al sector de recursos naturales de la economía. A medida que comenzaron a agotarse el petróleo y otros recursos naturales, la producción por trabajador disminuyó. Las reglamentaciones relativas al medio ambiente (por ejemplo, la necesidad de devolver el suelo a su situación original tras la explotación a cielo abierto de las minas de carbón) aumentaron este efecto al comenzar a preocuparse más la opinión pública por la importancia de la mejora de la calidad del aire y del agua.

Obsérvese en el Cuadro 6.3 que en Estados Unidos el crecimiento de la productividad se aceleró en la década de 1990. Algunos economistas creen que la tecnología de la información y las comunicaciones (TIC) ha sido el principal impulsor de este crecimiento. Sin embargo, el lento crecimiento de los años más recientes induce a pensar que la contribución de la TIC ya ha alcanzado un máximo.

## 6.3 LA PRODUCCIÓN CON DOS FACTORES VARIABLES

Hemos terminado nuestro análisis de la función de producción a corto plazo en la que uno de los factores, el trabajo, es variable y, el otro, el capital, es fijo. Pasamos ahora a analizar el largo plazo, en el que tanto el trabajo como el capital son variables. Ahora la empresa puede producir de diversas formas combinando distintas cantidades de trabajo y capital. En este apartado, veremos cómo puede elegir una empresa entre distintas combinaciones de trabajo y capital que generan la misma producción. En el primer subapartado, examinamos la escala del proceso de producción, viendo cómo varía la producción cuando se duplican, se triplican, etc. las combinaciones de factores.

### Las isocuantas

Comencemos examinando la tecnología de producción de una empresa que utiliza dos factores y puede alterar los dos. Supongamos que los factores son trabajo y capital y que se utilizan para producir alimentos. El Cuadro 6.4 muestra el nivel de producción que puede obtenerse con diferentes combinaciones de factores.

**CUADRO 6.4** La producción con dos factores variables

Cantidad de capital	CANTIDAD DE TRABAJO				
	1	2	3	4	5
1	20	40	55	65	(75)
2	40	60	(75)	85	90
3	55	(75)	90	100	105
4	65	85	100	110	115
5	(75)	90	105	115	120

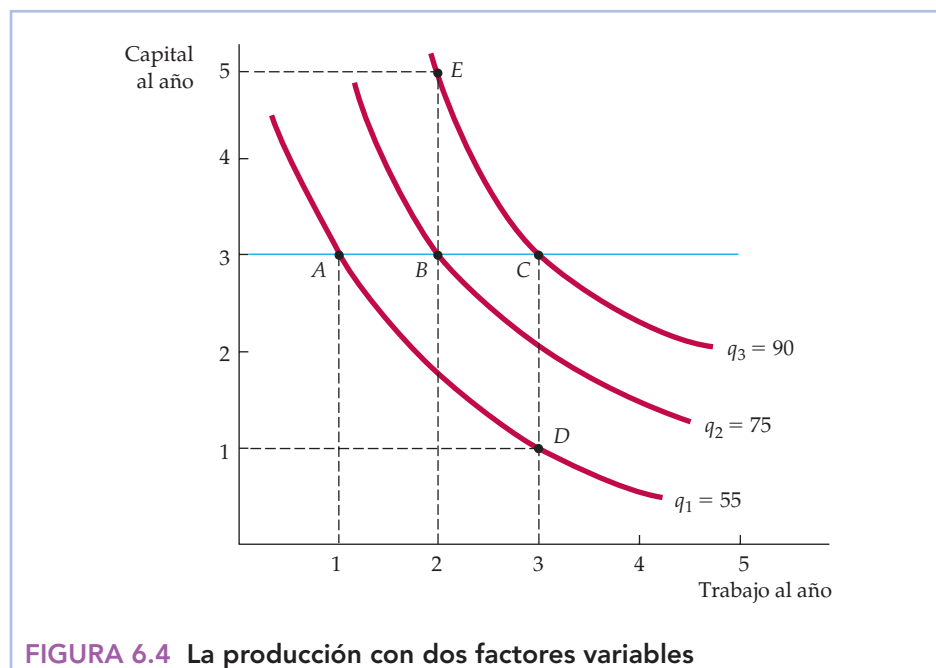


• **isocuanta** Curva que muestra todas las combinaciones posibles de factores que generan el mismo nivel de producción.

Las cantidades de trabajo se indican en la fila superior y las de capital en la columna de la izquierda. Cada cifra del cuadro es el nivel máximo (técnicamente eficiente) de producción que puede obtenerse cada año con cada combinación de trabajo y capital utilizada ese año. Por ejemplo, 4 unidades de trabajo al año y 2 de capital al año generan 85 unidades de alimentos al año. Leyendo cada fila de izquierda a derecha, observamos que la producción aumenta cuando se incrementa la cantidad de trabajo y se mantiene fija la de capital. Leyendo cada columna de arriba abajo, observamos que la producción también aumenta cuando se incrementa la cantidad de capital y se mantiene fija la de trabajo.

La información que contiene el Cuadro 6.4 también puede representarse gráficamente utilizando isocuantas. Una **isocuanta** es una curva que muestra todas las combinaciones posibles de factores que generan el mismo nivel de producción. La Figura 6.4 representa tres isocuantas (cada eje de la figura mide la cantidad de factores). Estas isocuantas se basan en los datos del Cuadro 6.4, pero se han representado como curvas lisas para tener en cuenta la posible utilización de cantidades fraccionarias de factores.

Por ejemplo, la isocuanta  $q_1$  muestra todas las combinaciones de trabajo y capital al año que generan 55 unidades de producción al año. Dos de estos puntos, el A y el D, corresponden al Cuadro 6.4. En el punto A, 1 unidad de trabajo y 3 de capital generan 55 unidades de producción; en el D, se obtiene el mismo nivel de producción con 3 unidades de trabajo y 1 de capital. La isocuanta  $q_2$  muestra



**FIGURA 6.4** La producción con dos factores variables

Las isocuantas de producción muestran las distintas combinaciones de factores necesarias para que la empresa obtenga un determinado nivel de producción. Un conjunto de isocuantas o *mapa de isocuantas* describe la función de producción de la empresa. La producción aumenta cuando pasamos de la isocuanta  $q_1$  (en la que se producen 55 unidades al año en puntos como el A y el D) a la  $q_2$  (75 unidades al año en puntos como el B) y a la  $q_3$  (90 unidades al año en puntos como el C y el E).



todas las combinaciones de factores que generan 75 unidades de producción y corresponde a las cuatro combinaciones de trabajo y capital indicadas con un círculo en el cuadro (por ejemplo, en  $B$ , donde se combinan 2 unidades de capital y 3 de trabajo). La isocuanta  $q_2$  se encuentra por encima y a la derecha de  $q_1$  porque se necesita más trabajo y más capital para obtener un nivel más alto de producción. Por último, la isocuanta  $q_3$  muestra las combinaciones de trabajo y capital que generan 90 unidades de producción. Por ejemplo, el punto  $C$  implica 3 unidades de trabajo y 3 de capital, mientras que el  $E$  implica solamente 2 unidades de trabajo y 5 de capital.

**Mapas de isocuantas** Cuando se combinan varias isocuantas en un único gráfico, este se denomina **mapa de isocuantas**. La Figura 6.4 muestra tres de las numerosas isocuantas que constituyen un mapa de isocuantas. Un mapa de isocuantas es otra forma de describir una función de producción, lo mismo que un mapa de curvas de indiferencia es una manera de describir una función de utilidad. Cada isocuanta corresponde a un nivel de producción diferente y el nivel de producción aumenta a medida que nos desplazamos en sentido ascendente y hacia la derecha en la figura.

• **mapa de isocuantas**  
Gráfico que muestra varias isocuantas utilizadas para describir una función de producción.

## Flexibilidad de los factores

Las isocuantas muestran la flexibilidad que tienen las empresas cuando toman decisiones de producción: normalmente pueden obtener un determinado nivel de producción sustituyendo un factor por otro. Para los directivos de una empresa es importante comprender la naturaleza de esta flexibilidad. Por ejemplo, los restaurantes de comida rápida se han encontrado recientemente con una escasez de empleados jóvenes de bajos salarios. Las empresas han respondido automatizando su producción: introduciendo «salad bars» o equipo de cocina más sofisticado. También han reclutado personas más mayores para ocupar estos puestos. Como vemos en los Capítulos 7 y 8, teniendo en cuenta esta flexibilidad en el proceso de producción, los directivos pueden elegir las combinaciones de factores que minimizan el coste y maximizan los beneficios.

## Los rendimientos marginales decrecientes

Aunque tanto el trabajo como el capital son variables a largo plazo, resulta útil para una empresa que tiene que elegir la combinación óptima de factores preguntarse qué ocurre con la producción cuando se incrementa cada uno de los factores y el otro se mantiene fijo. La Figura 6.4, que muestra los rendimientos marginales decrecientes tanto del trabajo como del capital, describe el resultado de este ejercicio. Podemos ver por qué el trabajo tiene rendimientos marginales decrecientes trazando una línea recta horizontal en un determinado nivel de producción, por ejemplo, 3. Observando los niveles de producción de cada isocuanta a medida que se incrementa el trabajo, vemos que cada unidad adicional de trabajo genera una cantidad adicional de producción cada vez menor. Por ejemplo, cuando se incrementa el trabajo de 1 unidad a 2 (de  $A$  a  $B$ ), la producción aumenta en 20 (de 55 a 75). Sin embargo, cuando se incrementa el trabajo en una unidad más (de  $B$  a  $C$ ), la producción solo aumenta en 15 (de 75 a 90). Por tanto, el trabajo tiene rendimientos decrecientes tanto a largo plazo como a corto plazo. Dado que aumentando un



factor y manteniendo constante el otro la producción acaba aumentando cada vez menos, la isocuanta debe volverse más inclinada a medida que se sustituye trabajo por capital y más plana a medida que se sustituye capital por trabajo.

El capital también muestra rendimientos marginales decrecientes. Manteniendo fijo el trabajo, el producto marginal del capital disminuye a medida que se incrementa el capital. Por ejemplo, cuando el capital se incrementa de 1 a 2 y el trabajo se mantiene constante en 3, el producto marginal del capital es inicialmente 20 ( $75 - 55$ ), pero disminuye a 15 ( $90 - 75$ ) cuando se eleva el capital de 2 a 3.

## La sustitución de los factores

Cuando pueden alterarse dos factores, un directivo deseará considerar la posibilidad de sustituir uno por otro. La pendiente de cada isocuanta indica cómo puede intercambiarse la cantidad de un factor por la cantidad del otro sin alterar el nivel de producción. Cuando se suprime el signo negativo, la pendiente se denomina **relación marginal de sustitución técnica (RMST)**. La *relación marginal de sustitución técnica de capital por trabajo* es la cantidad en que puede reducirse el capital cuando se utiliza una unidad más de trabajo, de tal manera que la producción permanece constante. Es análoga a la relación marginal de sustitución (RMS) de la teoría del consumidor. Recuértese que en el Apartado 3.1 vimos que la RMS describe cómo sustituyen los consumidores un bien por otro manteniendo constante el nivel de satisfacción. Al igual que la RMS, la RMST siempre se expresa en cantidades positivas:

• **relación marginal de sustitución técnica (RMST)** Cantidad en que puede reducirse un factor cuando se utiliza una unidad más de otro, por lo que la producción permanece constante.

En el Apartado 3.1, explicamos que la relación marginal de sustitución es la cantidad máxima a la que está dispuesto a renunciar un consumidor de un bien para obtener una unidad de otro.

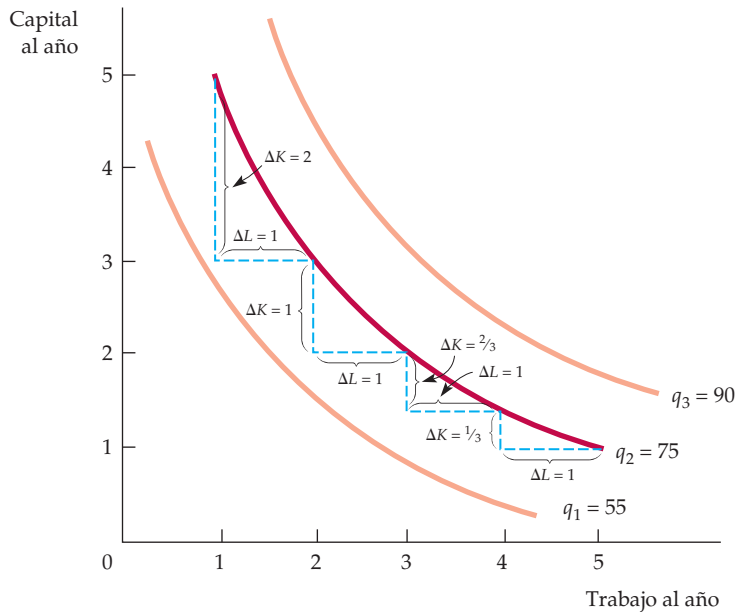
$$\begin{aligned}\text{RMST} &= - \text{variación de la cantidad de capital} / \text{variación de la cantidad de trabajo} \\ &= -\Delta K / \Delta L \text{ (manteniendo fijo el nivel de } q\text{)}\end{aligned}$$

donde  $\Delta K$  y  $\Delta L$  son pequeñas variaciones del capital y del trabajo a lo largo de una isocuanta.

En la Figura 6.5, la RMST es igual a 2 cuando se incrementa el trabajo de 1 unidad a 2 y la producción se mantiene fija en 75. Sin embargo, la RMST disminuye a 1 cuando se incrementa el trabajo de 2 unidades a 3 y, a continuación, disminuye a  $2/3$  y a  $1/3$ . Es evidente que cuanto más capital se sustituye por trabajo, este último se vuelve menos productivo y el capital relativamente más productivo. Por tanto, se necesita menos capital para mantener constante el nivel de producción, por lo que la isocuanta se vuelve más plana.

**La RMST decreciente** Suponemos que la RMST es *decreciente*. En otras palabras, disminuye a medida que nos desplazamos en sentido descendente a lo largo de una isocuanta. En términos matemáticos, eso implica que las isocuantas son *convexas*, o sea, combadas hacia dentro, como las curvas de indiferencia. Lo son en el caso de la mayoría de las tecnologías de producción. La RMST decreciente nos dice que la productividad de cualquier factor es limitada. A medida que se sustituye más capital por trabajo en el proceso de producción, la productividad del trabajo disminuye. Asimismo, cuando se sustituye trabajo por capital, la productividad del capital disminuye. La producción necesita una combinación equilibrada de ambos factores.

Como acabamos de sugerir en nuestro análisis, la RMST está estrechamente relacionada con los productos marginales del trabajo,  $PM_L$ , y del capital,  $PM_K$ . Para



**FIGURA 6.5** La relación marginal de sustitución técnica

Las isocuantas tienen pendiente negativa y son convexas como las curvas de indiferencia. La pendiente de la isocuanta en un punto cualquiera mide la relación marginal de sustitución técnica, que es la capacidad de la empresa para sustituir capital por trabajo y mantener constante el nivel de producción. En la isocuanta  $q_2$ , la relación marginal de sustitución técnica desciende de 2 a  $2/3$  y  $1/3$ .

ver cómo, imaginemos que aumentamos algo el trabajo y reducimos la cantidad de capital lo suficiente para mantener constante el nivel de producción. El aumento de la producción provocado por el incremento de la cantidad de trabajo es igual a la producción adicional por unidad de trabajo adicional (el producto marginal del trabajo) multiplicada por el número de unidades de trabajo adicional:

$$\text{Producción adicional generada por un aumento del trabajo} = (PM_L)(\Delta L)$$

Asimismo, la reducción del nivel de producción provocada por una disminución del capital es la pérdida de producción por cada reducción del capital en una unidad (el producto marginal del capital) multiplicado por el número de unidades de reducción del capital:

$$\text{Reducción de la producción generada por una disminución del capital} = (PM_K)(\Delta K)$$

Como estamos manteniendo constante la producción desplazándonos a lo largo de una isocuanta, la variación total de la producción debe ser cero. Por tanto,

$$(PM_L)(\Delta L) + (PM_K)(\Delta K) = 0$$

Reordenando ahora los términos, vemos que

$$(PM_L)/(PM_K) = -(\Delta K/\Delta L) = \text{RMST} \quad (6.2)$$

En el Apartado 3.1, explicamos que una curva de indiferencia es convexa si la relación marginal de sustitución disminuye conforme nos desplazamos en sentido descendente a lo largo de la curva.



La ecuación (6.2) nos dice que *la relación marginal de sustitución técnica entre dos factores es igual al cociente entre sus productos marginales*. Esta fórmula nos resultará útil cuando analicemos en el Capítulo 7 la elección de factores que minimiza los costes de la empresa.

## Las funciones de producción: dos casos especiales

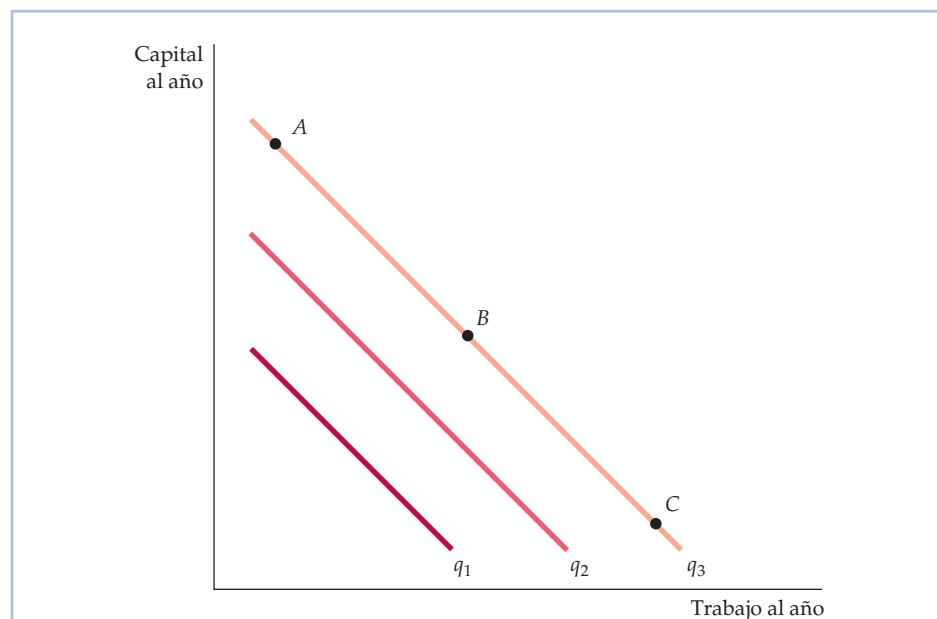
Dos casos extremos de funciones de producción muestran el posible abanico de posibilidades de sustitución de los factores en el proceso de producción. En el primer caso, que representamos en la Figura 6.6, los factores de producción son *perfectamente sustituibles* uno por otro. En este caso, la RMST es constante en todos los puntos de una isocuanta. Por tanto, es posible obtener el mismo nivel de producción (por ejemplo,  $q_3$ ) principalmente con capital (en el punto A), principalmente con trabajo (en el punto C) o por medio de una combinación equilibrada de los dos (en el punto B). Por ejemplo, los instrumentos musicales pueden fabricarse casi enteramente con máquinas-herramienta o con muy pocas herramientas y mano de obra muy cualificada.

La Figura 6.7 muestra el extremo opuesto, a saber, la **función de producción de proporciones fijas**, llamada a veces *función de producción de Leontief*. En este caso, es imposible sustituir un factor por otro. Cada nivel de producción requiere una determinada combinación de trabajo y capital: no es posible obtener un nivel de producción más alto si no se aumenta el capital y el trabajo en determi-

En el Apartado 3.1, explicamos que dos bienes son sustitutivos perfectos si la relación marginal de sustitución de uno por el otro es constante.

### • función de producción de proporciones fijas

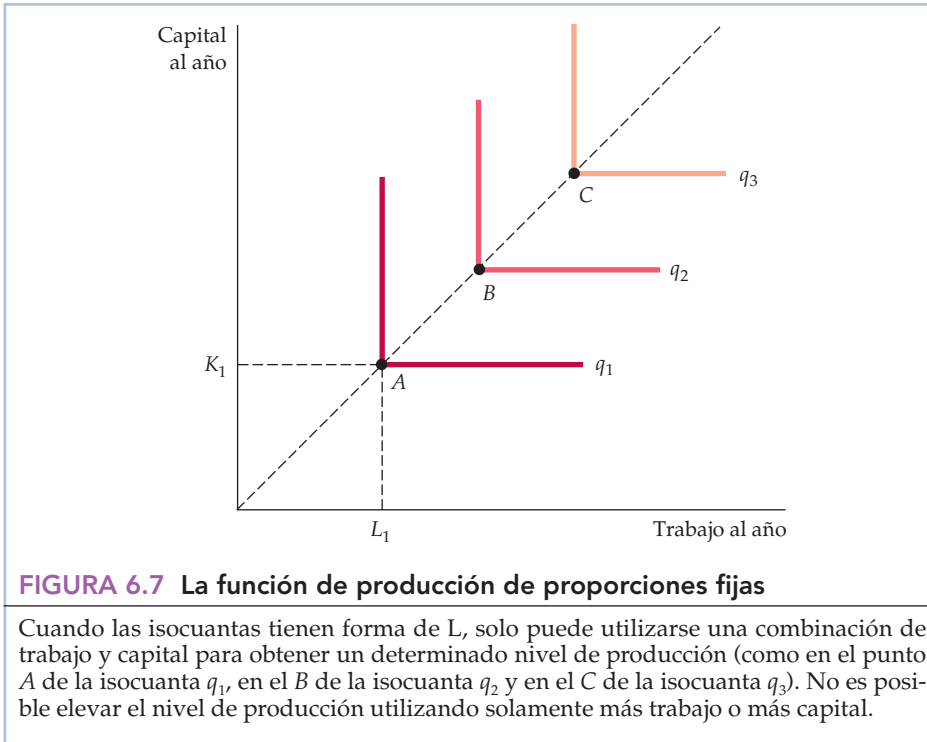
Función de producción en la que las isocuantas tienen forma de L, por lo que sólo es posible utilizar una combinación de trabajo y capital para obtener cada nivel de producción.



**FIGURA 6.6** Las isocuantas cuando los factores son sustituibles perfectos

Cuando las isocuantas son líneas rectas, la RMST es constante. Por tanto, la relación a la que pueden sustituirse mutuamente el capital y el trabajo es la misma cualquiera que sea la cantidad de factores que se utilice. Los puntos A, B y C representan tres combinaciones de capital y trabajo que generan el mismo nivel de producción  $q_3$ .





nadas proporciones. Por tanto, las isocuantas tienen forma de L, exactamente igual que las curvas de indiferencia cuando los dos bienes son complementarios perfectos. Un ejemplo es la reconstrucción de las aceras de hormigón con martillos neumáticos. Se necesita una persona para utilizar un martillo neumático: ni dos personas y un martillo ni una persona y dos martillos aumentarán la producción. Por poner otro ejemplo, supongamos que una empresa que fabrica cereales ofrece un nuevo cereal de desayuno, Nutty Oat Crunch, cuyos dos factores son, como es de esperar, avena y frutos secos. La fórmula secreta requiere exactamente una onza de frutos secos por cada cuatro de avena en cada ración. Si la empresa comprara más frutos secos pero no más avena, la producción de cereal no variaría, ya que los frutos secos deben combinarse con la avena en proporciones fijas. Asimismo, la compra de más avena sin más frutos secos tampoco sería productiva.

En la Figura 6.7, los puntos A, B y C representan combinaciones de factores técnicamente eficientes. Por ejemplo, para obtener el nivel de producción  $q_1$  puede utilizarse una cantidad de trabajo  $L_1$  y una cantidad de capital  $K_1$ , como en el punto A. Si el capital permanece fijo en  $K_1$ , la producción no varía aumentando el trabajo. Tampoco aumenta incrementando el capital y manteniendo el trabajo fijo en  $L_1$ . Por tanto, en los segmentos verticales y horizontales de las isocuantas en forma de L, o bien el producto marginal del capital, o bien el producto marginal del trabajo, es cero. El nivel de producción solo aumenta cuando se incrementa tanto el trabajo como el capital, como ocurre cuando se pasa de la combinación de factores A a la B.

La función de producción de proporciones fijas describe situaciones en las que los métodos de producción son limitados. Por ejemplo, la producción de un pro-

En el Apartado 3.1, explicamos que dos bienes son complementarios perfectos cuando las curvas de indiferencia de los bienes tienen forma de ángulo recto.



grama de televisión puede exigir una cierta combinación de capital (cámara y equipo de sonido, etc.) y de trabajo (productor, director, actores, etc.). Para hacer más programas de televisión, hay que aumentar todos los factores de producción proporcionalmente. En concreto, sería difícil aumentar la cantidad de capital a costa del trabajo, ya que los actores son factores de producción necesarios (salvo quizá para las películas de dibujos animados). Asimismo, sería difícil sustituir capital por trabajo, ya que actualmente la producción de películas exige un sofisticado equipo.

### EJEMPLO 6.3 Una función de producción de trigo



Los productos agrícolas pueden cultivarse utilizando distintos métodos. El cultivo de productos agrícolas en las grandes explotaciones agrarias de Estados Unidos suele llevarse a cabo con una *tecnología intensiva en capital*, que exige realizar considerables inversiones en capital, como edificios y equipo, y relativamente poco trabajo. Sin embargo, los productos alimenticios tam-

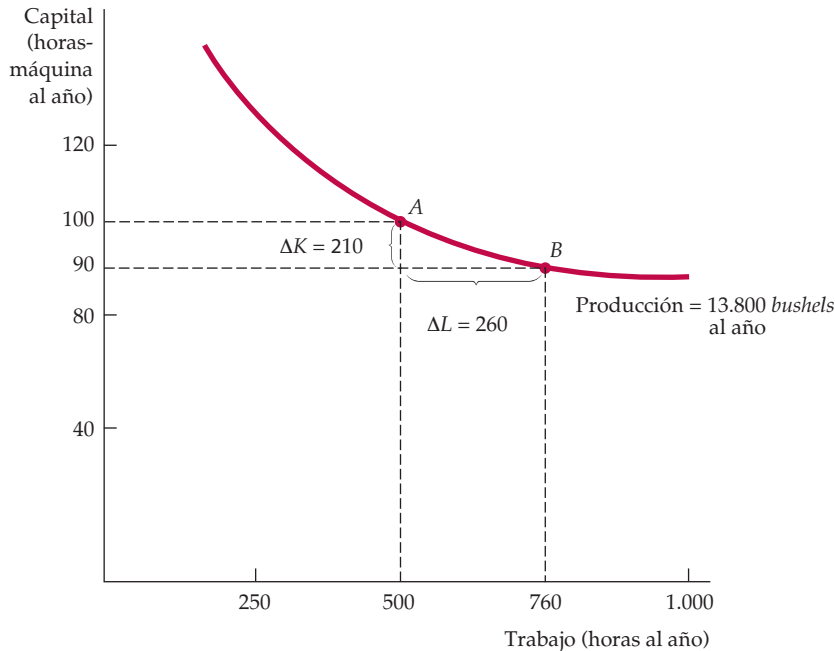
bién pueden producirse utilizando muy poco capital (una azada) y mucho trabajo (varias personas que tengan la paciencia y la resistencia necesarias para trabajar la tierra). Una manera de describir el proceso de producción agrícola es mostrar una isocuanta (o más) que describa las combinaciones de factores que generan un determinado nivel de producción (o varios niveles de producción). La descripción siguiente procede de una función de producción de trigo que se estimó estadísticamente <sup>6</sup>.

La Figura 6.8 muestra una isocuanta, relacionada con la función de producción, que corresponde a un nivel de producción de 13.800 *bushels* de trigo al año. El gerente de la explotación agraria puede utilizarla para averiguar si es rentable contratar más trabajo o utilizar más maquinaria. Supongamos que la explotación está produciendo actualmente en el punto A con una cantidad de trabajo  $L$  de 500 horas y una cantidad de capital  $K$  de 100 horas-máquina. El gerente decide experimentar utilizando solamente 90 horas de máquina. Para producir la misma cantidad al año, observa que necesita sustituir este tiempo de máquina aumentando las horas de trabajo en 260.

Los resultados de este experimento indican al gerente la forma de la isocuanta de producción de trigo. Cuando compara el punto A (en el que  $L = 500$  y  $K = 100$ ) y el B (en el que  $L = 760$  y  $K = 90$ ) de la Figura 6.8, que se encuentran ambos en la misma isocuanta, observa que la relación marginal de sustitución técnica es igual a 0,04 ( $-\Delta K/\Delta L = -(-10)/260 = 0,04$ ).

La RMST indica al gerente el carácter de la disyuntiva entre aumentar el trabajo y reducir la utilización de maquinaria agrícola. Como el valor de la RMST es significativamente inferior a 1, el gerente sabe que cuando el salario de un trabajador agrícola es igual al coste de utilizar una máquina, debe utili-

<sup>6</sup> La función de producción de alimentos en la que se basa este ejemplo viene dada por la ecuación  $q = 100(K^{0,8}L^{0,2})$ , donde  $q$  es el nivel de producción en *bushels* de alimentos al año,  $K$  es la cantidad de máquinas utilizadas al año y  $L$  es el número de horas de trabajo al año.



**FIGURA 6.8** Isocuanta que describe la producción de trigo

Un nivel de producción de trigo de 13.800 *bushels* al año puede obtenerse con diferentes combinaciones de trabajo y capital. El proceso de producción más intensivo en capital se encuentra en el punto A y el más intensivo en trabajo en el B. La relación marginal de sustitución técnica entre A y B es  $10/260 = 0,04$ .

zar más capital (en su nivel actual de producción, necesita 260 unidades de trabajo para sustituir 10 de capital). En realidad, sabe que a menos que el trabajo sea significativamente menos caro que el uso de una máquina, su proceso de producción debe volverse más intensivo en capital.

La decisión relativa a la cantidad de trabajadores agrícolas que deben contratarse y de máquinas que deben utilizarse no puede tomarse totalmente hasta que no se analicen los costes de producción en el siguiente capítulo. Sin embargo, este ejemplo muestra que la información sobre las isocuantas de producción y la relación marginal de sustitución técnica puede ayudar a un gerente. También sugiere por qué la mayoría de las explotaciones agrarias de Estados Unidos y Canadá, donde el trabajo es relativamente caro, producen en un nivel en el que la RMST es relativamente alta (con una elevada relación capital-trabajo), mientras que las de los países en vías de desarrollo en los que el trabajo es barato tienen una RMST más baja (y una relación capital-trabajo menor)<sup>7</sup>. La combinación exacta de trabajo y capital que se utilice depende de los precios de los factores, tema que analizamos en el Capítulo 7.

<sup>7</sup> Con la función de producción de la nota 6, no es difícil mostrar (utilizando el cálculo) que la relación marginal de sustitución técnica es  $RMST = (PM_L/PM_K) = (1/4)(K/L)$ . Por tanto, la RMST disminuye a medida que es menor la relación capital-trabajo. Para un interesante estudio de la producción agrícola en Israel, véase Richard E. Just, David Zilberman y Eithan Hochman, «Estimation of Multicrop Production Functions», *American Journal of Agricultural Economics*, 65, 1983, páginas 770-780.



## 6.4 LOS RENDIMIENTOS DE ESCALA

Nuestro análisis de la sustitución de factores en el proceso de producción nos ha mostrado qué ocurre cuando una empresa sustituye un factor por otro y mantiene constante la producción. Sin embargo, a largo plazo, periodo en el que todos los factores son variables, la empresa también debe preguntarse cuál es la mejor manera de aumentar la producción. Una forma de aumentarla es modificar la *escala* de operaciones incrementando *todos los factores de producción en la misma proporción*. Si se necesita un agricultor con una cosechadora y un acre de tierra para producir 100 *bushels* de trigo, ¿qué ocurrirá con la producción si utilizamos dos agricultores con dos máquinas y dos acres de tierra? La producción aumentará con casi toda seguridad, pero ¿se duplicará, se duplicará con creces o no llegará a duplicarse? Los **rendimientos de escala** es la tasa a la que aumenta la producción cuando se incrementan los factores proporcionalmente. Examinaremos tres casos distintos: rendimientos crecientes de escala, constantes y decrecientes.

- **rendimientos de escala**

Tasa a la que aumenta la producción cuando se incrementan los factores proporcionalmente.

- **rendimientos crecientes de escala**

Situación en la que la producción se duplica con creces cuando se duplican todos los factores.

**Rendimientos crecientes de escala** Si la producción se duplica con creces cuando se duplican los factores, hay **rendimientos crecientes de escala**. La presencia de rendimientos crecientes de escala podría deberse a que el aumento de la escala de operaciones permite a los directivos y a los trabajadores especializarse en sus tareas y utilizar fábricas y equipos mayores y más complejos. La cadena de montaje de automóviles es un famoso ejemplo de rendimientos crecientes.

La presencia de rendimientos crecientes de escala es una importante cuestión desde el punto de vista de la política económica. Si hay rendimientos crecientes, es económicamente más ventajoso tener una única y gran empresa (cuyo coste es relativamente bajo) que la existencia de muchas y pequeñas (cuyo coste es relativamente alto). Como esta gran empresa puede controlar el precio que fija, es posible que sea necesario regularla. Por ejemplo, la existencia de rendimientos crecientes en el suministro de electricidad es una de las razones por las que las compañías eléctricas son grandes y están reguladas.

**Rendimientos constantes de escala** La segunda posibilidad con respecto a la escala de producción es que la producción se duplique cuando se duplican los factores. En este caso, decimos que hay **rendimientos constantes de escala**. Cuando hay rendimientos constantes de escala, la escala de operaciones de la empresa no afecta a la productividad de sus factores: es fácil reproducir una planta que utilice un determinado proceso de producción, a fin de que dos plantas produzcan el doble. Por ejemplo, una gran agencia de viajes podría prestar el mismo servicio por cliente y utilizar la misma relación capital (espacio de oficina)/trabajo (agentes de viajes) que una pequeña agencia de viajes que atendiera a menos clientes.

**Rendimientos decrecientes de escala** Por último, la producción puede no llegar a duplicarse cuando se duplican todos los factores. Este caso de **rendimientos decrecientes de escala** se aplica a algunas empresas que realizan operaciones en gran escala. A la larga, las dificultades para organizar y gestionar la producción a gran escala pueden reducir tanto la productividad del trabajo como la del capital. La comunicación entre los trabajadores y los directivos puede ser difícil de controlar y el centro de trabajo puede volverse más impersonal. Por tanto, es probable que el caso de los rendimientos decrecientes esté relacionado con los

- **rendimientos constantes de escala**

Situación en la que la producción se duplica cuando se duplican todos los factores.

- **rendimientos decrecientes de escala**

Situación en la que la producción no llega a duplicarse cuando se duplican todos los factores.



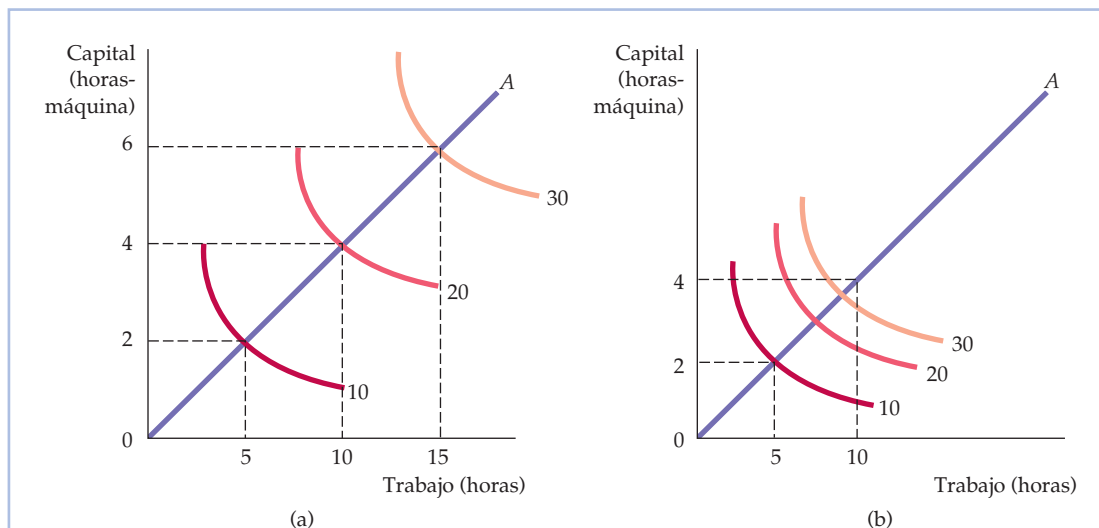
problemas de las tareas de coordinación y de mantenimiento de una vía útil de comunicación entre la dirección y los trabajadores.

## Descripción de los rendimientos de escala

Los rendimientos de escala no tienen por qué ser uniformes en todos los niveles posibles de producción. Por ejemplo, en los niveles de producción más bajos, la empresa podría tener rendimientos crecientes de escala, pero constantes y finalmente decrecientes en niveles de producción más altos.

La presencia o la ausencia de rendimientos de escala se muestra gráficamente en las dos partes de la Figura 6.9. La línea recta  $OA$  que parte del origen en cada panel describe un proceso de producción en el que se utiliza trabajo y capital como factores de producción para obtener diversos niveles de producción en una relación de 5 horas de trabajo por 2 horas de máquina. En la Figura 6.9(a), la función de producción de la empresa muestra rendimientos constantes de escala. Cuando se utilizan 5 horas de trabajo y 2 de máquina, se obtiene una producción de 10 unidades. Cuando se duplican ambos factores, la producción se duplica, pasando de 10 a 20 unidades, y cuando se triplican los factores, la producción se triplica, pasando de 10 a 30 unidades. En otras palabras, se necesita el doble de ambos factores para producir 20 unidades y el triple para producir 30.

En la Figura 6.9(b), la función de producción de la empresa muestra rendimientos crecientes de escala. Ahora las isocuantas están cada vez más próximas unas de otras a medida que nos alejamos del origen a lo largo de  $OA$ . Como consecuencia, se necesita *menos* del doble de ambos factores para aumentar la produc-



**FIGURA 6.9** Los rendimientos de escala

Cuando el proceso de producción de una empresa muestra rendimientos constantes de escala, como se observa en el movimiento a lo largo del rayo  $OA$  de la parte (a), las isocuantas guardan la misma distancia entre sí a medida que se incrementa la producción proporcionalmente. Sin embargo, cuando hay rendimientos crecientes de escala como en (b), las isocuantas están cada vez más cerca unas de otras a medida que se incrementan los factores a lo largo del rayo.



ción de 10 unidades a 20 y mucho menos del triple para producir 30 unidades. Ocurriría lo contrario si la función de producción mostrara rendimientos decrecientes de escala (no representada aquí). Cuando hay rendimientos decrecientes, las isocuantas están cada vez más lejos unas de otras a medida que se elevan proporcionalmente los niveles de producción.

Los rendimientos de escala varían considerablemente de unas empresas e industrias a otras. Manteniéndose todo lo demás constante, cuanto mayores son los rendimientos de escala, mayores son probablemente las empresas de la industria. La industria manufacturera muestra una tendencia mayor a tener rendimientos crecientes de escala que el sector servicios debido a que exige mayores inversiones en equipo de capital. Los servicios son más intensivos en trabajo y normalmente pueden suministrarse con la misma eficiencia en pequeñas cantidades que en gran escala.

#### EJEMPLO 6.4 Los rendimientos de escala en la industria de alfombras



La industria de alfombras de Estados Unidos gira en torno a la ciudad de Dalton, situada al norte de Georgia. Esta industria, que en la primera mitad del siglo XX, era relativamente pequeña y estaba formada por muchas pequeñas empresas, creció rápidamente hasta convertirse en una gran industria formada por un gran número de empresas de todos los tamaños. Por ejem-

plo, el Cuadro 6.5 muestra los cinco mayores fabricantes de alfombras, clasificados en función de su facturación en millones de dólares en 2005 <sup>8</sup>.

Actualmente, hay tres fabricantes relativamente grandes (Shaw, Mohawk y Beaulieu), así como algunos productores más pequeños. También hay muchos minoristas, distribuidores al por mayor, grupos compradores y cadenas nacionales de venta de alfombras al por menor. La industria ha crecido rápidamente por varias razones. La demanda de consumo de alfombras de lana, nylon y polipropileno para usos comerciales y residenciales se ha disparado. Además, algunas innovaciones como la introducción de máquinas mayores, más rápi-

**CUADRO 6.5** La industria de alfombras de Estados Unidos

Ventas de alfombras, 2005 (millones de dólares al año)	
1. Shaw	4.346
2. Mohawk	3.779
3. Beaulieu	1.115
4. Interface	421
5. Royalty	298

<sup>8</sup> *Floor Focus*, mayo, 2005.





das y más eficientes para fabricar alfombras han reducido los costes y han aumentado extraordinariamente la producción. Las innovaciones y la competencia, unidas al aumento de la producción, han reducido los precios reales de las alfombras.

¿En qué medida puede atribuirse el crecimiento de la industria de alfombras a la presencia de rendimientos de escala? La elaboración de factores de producción clave (como hilos resistentes a las manchas) y la distribución de alfombras a los minoristas y los consumidores han mejorado, desde luego, considerablemente. Pero ¿y la producción de alfombras? La producción es intensiva en capital: las fábricas requieren elevadas inversiones en rápidas máquinas que convierten distintos tipos de hilos en alfombras, así como en máquinas que colocan los refuerzos en las alfombras, las cortan en las dimensiones adecuadas y las empaquetan, las etiquetan y las distribuyen.

En conjunto, el capital físico (incluidos la planta y el equipo) explica alrededor del 77 por ciento de los costes de un fabricante representativo, mientras que el trabajo explica el 23 por ciento restante. Los grandes fabricantes de alfombras han aumentado con el paso del tiempo su escala de operaciones instalando máquinas para fabricar alfombras mayores y más eficientes en fábricas más grandes. Al mismo tiempo, el uso de trabajo en estas fábricas también ha aumentado significativamente. ¿Cuál ha sido el resultado? Los aumentos proporcionales de los factores han provocado un aumento más que proporcional de la producción de estas fábricas más grandes. Por ejemplo, la duplicación del capital y del trabajo podría provocar un aumento de la producción del 110 por ciento. Sin embargo, esta pauta no ha sido uniforme en toda la industria. La mayoría de los fabricantes más pequeños han observado que los pequeños cambios de la escala de operaciones afectan poco o nada a la producción, es decir, los pequeños aumentos proporcionales de los factores solo han aumentado la producción proporcionalmente.

Podemos decir, pues, que la industria de alfombras es un sector en el que hay rendimientos constantes de escala en las fábricas relativamente pequeñas, pero rendimientos crecientes en las más grandes. Sin embargo, estos rendimientos crecientes son limitados y es de esperar que si se ampliaran aún más las fábricas, acabaría habiendo rendimientos decrecientes de escala.

## RESUMEN

1. Una *función de producción* describe el nivel máximo de producción que puede obtener una empresa con cada combinación específica de factores.
2. A corto plazo, uno o más factores del proceso de producción son fijos. A largo plazo, todos pueden ser variables.
3. Es útil describir la producción con un factor variable, el trabajo, por medio del *producto medio del trabajo* (que mide la producción por unidad de trabajo) y del *producto marginal del trabajo* (que mide la producción adicional que genera un aumento del trabajo en una unidad).
4. Según la *ley de los rendimientos marginales decrecientes*, cuando uno o más factores son fijos, es probable que un factor variable (normalmente el trabajo) tenga un producto marginal que acabe disminuyendo a medida que se incrementa la cantidad del factor.
5. Una *isocuanta* es una curva que muestra todas las combinaciones de factores que generan un determinado nivel de producción. La función de producción de una empresa puede representarse por medio de una serie de isocuantas correspondientes a diferentes niveles de producción.
6. Las isocuantas siempre tienen pendiente negativa, ya que el producto marginal de todos los factores es posi-



tivo. La forma de cada isocuanta puede describirse por medio de la relación marginal de sustitución técnica en cada punto de la isocuanta. La *relación marginal de sustitución técnica del capital por trabajo* (RMST) es la cantidad en que puede reducirse el capital cuando se utiliza una unidad más de trabajo, de tal manera que la producción permanece constante.

7. El nivel de vida que puede alcanzar un país para sus ciudadanos está estrechamente relacionado con el nivel de productividad del trabajo. Los descensos de la tasa de crecimiento de la productividad registrados en los países desarrollados se deben, en parte, a la falta de crecimiento de la inversión de capital.
8. Las posibilidades de sustitución de unos factores por otros en el proceso de producción van desde una fun-

ción de producción en la que los factores son *perfectamente sustituibles* hasta una función en la que las proporciones de factores que se utilizan son fijas (*una función de producción de proporciones fijas*).

9. En el análisis a largo plazo, tendemos a centrar la atención en la elección de la escala o el volumen de operaciones de la empresa. Los *rendimientos constantes de escala* significan que la duplicación de todos los factores provoca una duplicación del nivel de producción. Hay *rendimientos crecientes de escala* cuando la producción se duplica con creces cuando se duplican los factores, mientras que hay *rendimientos decrecientes de escala* cuando la producción no llega a duplicarse.

## TEMAS DE REPASO

1. ¿Qué es una función de producción? ¿En qué se diferencia la función de producción a largo plazo de la función de producción a corto plazo?
2. ¿Por qué es probable que el producto marginal del trabajo aumente al principio a corto plazo a medida que se contrata una cantidad mayor del factor variable?
3. ¿Por qué el trabajo acaba mostrando rendimientos marginales decrecientes a largo plazo?
4. Usted es un empresario que está tratando de cubrir una vacante de una cadena de montaje. ¿Le preocupa más el producto medio del trabajo o el producto marginal del trabajo de la última persona contratada? Si observa que su producto medio está comenzando a disminuir, ¿debe contratar más trabajadores? ¿Qué implica esta situación sobre el producto marginal de su último trabajador contratado?
5. ¿Qué diferencia hay entre una función de producción y una isocuanta?
6. En una situación de cambios constantes, ¿por qué habría una empresa de mantener *cualquier* factor en una cantidad fija? ¿De qué depende que un factor sea fijo o variable?
7. Las isocuantas pueden ser convexas, lineales o tener forma de L. ¿Qué le dice cada una de estas formas sobre la naturaleza de la función de producción? ¿Qué le dice cada una de estas formas sobre la RMST?
8. ¿Puede tener alguna vez una isocuanta pendiente positiva? Explique su respuesta.
9. Explique el término «relación marginal de sustitución técnica». ¿Qué significa  $RMST = 4$ ?
10. Explique por qué es probable que la relación marginal de sustitución técnica disminuya conforme se sustituye capital por más trabajo?
11. ¿Es posible que un factor de producción tenga rendimientos decrecientes y constantes al mismo tiempo? Analice la respuesta.
12. ¿Puede tener una empresa una función de producción que muestre rendimientos crecientes de escala, constantes y decrecientes a medida que aumenta la producción? Analice la respuesta.
13. Cite un ejemplo de un proceso de producción en el que el corto plazo sea un día o una semana y el largo plazo cualquier periodo superior a una semana.

## EJERCICIOS

1. El menú de la cafetería de José contiene toda una variedad de cafés, pastas y sándwiches. El producto marginal de un trabajador más es el número de clientes a los que puede atender en un determinado periodo de tiempo. José ha venido empleando a un trabajador, pero está considerando la posibilidad de contratar un segundo y un tercero. Explique por qué el producto marginal del segundo trabajador y del tercero podría ser más alto que el del primero. ¿Por qué sería de esperar que el producto marginal de los trabajadores adicionales acabara disminuyendo?
2. Suponga que un fabricante de sillas está produciendo a corto plazo (con la planta y el equipo que tiene). Ha observado los siguientes niveles de producción correspondientes a diferentes cantidades de trabajadores:



Número de trabajadores	Número de sillas
1	10
2	18
3	24
4	28
5	30
6	28
7	25

- Calcule el producto medio y marginal del trabajo correspondientes a esta función de producción.
  - ¿Muestra esta función de producción rendimientos decrecientes de escala del trabajo? Explique su respuesta.
  - Explique intuitivamente qué podría hacer que el producto marginal del trabajo se volviera negativo.
3. Rellene los huecos del cuadro adjunto

Cantidad del factor variable	Producción total	Producto marginal del factor variable	Producto medio del factor variable
0	0	—	—
1	225		
2			300
3		300	
4	1.140		
5		225	
6			225

- El encargado de una campaña política tiene que decidir si recurre más a los anuncios televisivos o al envío de cartas a los votantes potenciales. Describa la función de producción de votos. ¿Cómo podría ayudar la información sobre esta función (como la forma de las isocuantas) al encargado de la campaña a planificar su estrategia?
- Trace una isocuanta representativa para cada uno de los ejemplos siguientes. ¿Qué puede decir sobre la relación marginal de sustitución técnica en cada caso?
  - Una empresa solo puede contratar trabajadores a tiempo completo para producir o alguna combinación de trabajadores a tiempo completo y a tiempo parcial. Por cada trabajador a tiempo completo que deja que se marche, debe contratar un número cada vez mayor de trabajadores temporales para mantener el mismo nivel de producción.

- Una empresa observa que siempre puede cambiar dos unidades de trabajo por una de capital y mantener la producción constante.
  - Una empresa necesita exactamente dos trabajadores a tiempo completo para manejar cada máquina de la fábrica.
- Una empresa tiene un proceso de producción en el que los factores son perfectamente sustituibles a largo plazo. ¿Puede decir si la relación marginal de sustitución técnica es elevada o baja o necesita más información? Analice la respuesta.
  - El producto marginal del trabajo en la producción de chips para computadoras es de 50 chips por hora. La relación marginal de sustitución técnica de las horas de máquina-capital por horas de trabajo es  $1/4$ . ¿Cuál es el producto marginal del capital?
  - ¿Muestran las siguientes funciones de producción rendimientos decrecientes de escala, constantes o crecientes? ¿Qué ocurre con el producto marginal de cada factor cuando se incrementa ese factor y se mantiene constante el otro?
    - $q = 3L + 2K$
    - $q = (2L + 2K)^{1/2}$
    - $q = 3LK^2$
    - $q = L^{1/2}K^{1/2}$
    - $q = 4L^{1/2} + 4K$
  - La función de producción de computadoras personales de DISK, Inc., viene dada por

$$q = 10K^{0.5}L^{0.5}$$

donde  $q$  es el número de computadoras producidas al día,  $K$  representa las horas de uso de la máquina y  $L$ , las horas de trabajo. El competidor de DISK, FLOPPY, Inc., está utilizando la función de producción

$$q = 10K^{0.6}L^{0.4}$$

- Si las dos compañías utilizan las mismas cantidades de capital y trabajo, ¿cuál produce más?
  - Suponga que el capital se limita a 9 horas-máquina, pero la oferta de trabajo es ilimitada. ¿En qué compañía es mayor el producto marginal del trabajo? Explique su respuesta.
10. En el Ejemplo 6.3, el trigo se produce de acuerdo con la función de producción

$$q = 100(K^{0.8}L^{0.2})$$

- Comenzando con una cantidad de capital de 4 y de trabajo de 49, demuestre que el producto marginal del trabajo y el producto marginal del capital son ambos decrecientes.
- ¿Muestra esta función de producción rendimientos crecientes de escala, decrecientes o constantes?