

*Cambios en la productividad total de
los factores de producción en Puerto Rico*

Angel L. Ruíz Mercado
Ensayos y Monografías
Núm. 21
marzo 1981

Cambios en la productividad total de los factores de producción en Puerto Rico

Angel L. Ruíz Mercado*

Introducción

La gran mayoría de las economías del mundo occidental han venido sufriendo de altas tasas de desempleo e inflación. Muchas han venido, también, registrando bajas en la producción por unidad de insumo, o lo que comúnmente llamamos productividad. Los economistas que sustentan la teoría de la oferta piensan que un refortalecimiento de la producción por hora-hombre trabajada conduciría a neutralizar o a reducir la tasa de inflación, dado que la producción por hombre esta directamente relacionada con los costos laborales por unidad y, por tanto, influye sobre los precios. No solo creen estos economistas que incrementos en la productividad ayudan a mitigar la inflación, compensando los aumentos en el precio de los factores productivos, sino que, también, acrecentan la capacidad de la producción doméstica para competir en los mercados internacionales y contribuyen al cambio de la estructura industrial de la economía.

Usualmente se define la productividad como la relación (ratio) que existe entre la producción y los insumos o factores de la producción. La producción puede ser definida como la producción final (producto nacional bruto o valor añadido bruto) o producción en el sentido que se use en los Censos de Manufactura o en la matriz de insumo-producto (o sea, la suma de los insumos intermedios más el valor añadido).

*. Catedrático Asociado del Departamento de Economía, Colegio de Ciencias Sociales, Universidad de Puerto Rico, Río Piedras.

Los índices de productividad pueden dividirse en dos categorías, parciales o totales. Los índices parciales se refieren a la producción por unidad de un factor determinado bien sea el factor mano de obra (Q/L) o el factor capital (Q/K). El índice de productividad total o “multifactor” (usualmente conocido como “residual” o índice de progreso tecnológico) se refiere a la producción por unidad del factor trabajo y del factor capital combinados.

A pesar de que el concepto de productividad se ha discutido ampliamente, todavía existe gran confusión alrededor del mismo. Algunas personas usan el término como sinónimo de producción. Lo correcto es medir la productividad como una relación entre la producción y los recursos productivos empleados. Otros interpretan el término como producción por hora-hombre. Sin embargo, la productividad puede referirse a la relación entre la producción y cualquiera de los factores productivos, sean estos humanos o no humanos. Aún cuando se defina el concepto como producción por hora-hombre, hay que tener sumo cuidado con la interpretación que se da a los cambios en productividad, pues estos pueden deberse a sustitución de mano de obra por capital y no a aumentos en la eficiencia del recurso humano. Por otro lado, la productividad total de los factores no debe ser interpretada como progreso tecnológico. Si bien es cierto que esta refleja los cambios que ocurren en la tecnología empotrada (embodied) en procesos productivos tendientes a reducir costos y en los bienes a nivel de productor, parte del progreso tecnológico surge en forma de nuevos y mejores bienes a nivel del consumidor final. Estos últimos afectan la producción y las medidas de productividad sólo en forma parcial e indirecta. Por último, cabe observar que el *nivel* de productividad en un período específico no tiene gran importancia analítica. La importancia surge cuando se llevan a cabo comparaciones intertemporales o

interesaciales, es decir, comparaciones de los niveles de productividad de unidades productoras similares en diferentes periodos de tiempo o en diferentes partes.

El propósito principal de este trabajo es estimar para Puerto Rico algunas de las medidas de productividad arriba mencionadas. Dada las limitaciones de datos y los problemas conceptuales envueltos en la medición de algunas variables¹, los resultados se deben interpretar con cautela y tomarse como una primera aproximación a la medición de la productividad de Puerto Rico.

Fuente de los datos y metodología

Fuente de los datos

Los datos de horas-hombres fueron estimados para los años de 1974 a 1979 por la División de Análisis Económico e Informes del Area de Análisis y Asesoramiento Económico de la Junta de Planificación. Para años anteriores, estos se tomaron de un estudio previo (Zalacaín: 1979). Los datos de producto bruto interno y otras estadísticas relacionadas, fueron elaborados a base de información obtenida de las publicaciones **Ingreso Producto** y del **Informe Económico al Gobernador** publicadas por la agencia mencionada. Los de acervo de capital en Puerto Rico usados en este trabajo se obtuvieron de un estudio reciente sobre la economía de Puerto Rico (US Dept of Commerce: 1979).

1. La gran mayoría de los economistas están conscientes de las dificultades inherentes en la medición del acervo de capital. Véase, por ejemplo, los artículos de J. Hicks' T. Barna y P. Samuelson en el libro editado por F.A. Lutz y D.C. Hague (1965). The Theory of Capital, Macmillan y St. Martin Press, Londres y Nueva York.

Metodología

Para estimar los Índices parciales de productividad se procedió a estimar el producto promedio o por unidad de la mano de obra (Q/L) y del capital (Q/X). Se usó el año de 1954 como año base. Estos Índices parciales deben considerarse primeras aproximaciones a un índice más abarcador de eficiencia. Los mismos están generalmente sujetos a sesgos hacia arriba. Estos sesgos no solo resultan de la omisión del otro factor, sino que, en el caso del índice de producción por hombre, esto no toma en consideración otros elementos muy importantes, lo que provoca que en algunas ocasiones tiendan a producirse distorsiones de la realidad. El aumento de la producción por hora-hombre puede deberse en parte a la influencia de factores, tales como aumentos en el insumo de capital, incrementos en destrezas o intensidad de utilización del factor mano de obra, mejoras en la capacidad empresarial e introducción de nuevas tecnologías de producción.

El análisis de la productividad total permite tomar en cuenta estos factores, así como, también, distinguir cuanto del aumento en el producto bruto interno se ha debido a aumentos en el insumo capital y de mano de obra o a un residual, del cual puede formar parte la tecnología.

Generalmente, se han utilizado dos métodos para estimar la productividad total. Uno es de carácter contabilístico y el otro de carácter econométrico. Cada uno de estos métodos tiene sus ventajas y, también, sus limitaciones. El método contabilístico ha tenido sus mejores exponentes en E. Denison (1962), D.N. Jorgenson (1969) y Z. Griliches (1969). Este método permite un mayor grado de refinamiento en la desagregación de los insumos que el método econométrico y pondera los insumos de factores de acuerdo a la distribución

funcional del ingreso, es decir, supone que el ingreso marginal de los factores se comporta de acuerdo a su contribución marginal. Ello plantea la limitación de que cuando las condiciones del mercado se apartan de la competencia perfecta, dicho supuesto se aparta de la realidad (Robinson: 1953, Thurow: 1968, Weidenteld and Nicholson: 1970).

El método econométrico consiste en estimar la función de producción por medio de regresiones múltiples que permiten cuantificar directamente la contribución de los diferentes factores al incremento del producto. El nivel de desegregación de factores permitido es mucho menor que cuando se usa el método contabilístico y tiene la limitación de que cuando se introduce cualquier cambio, por pequeño que sea, en la especificación de la ecuación, en el método de estimación o en el período a analizar, los resultados obtenidos varían. También, cuando se incluyen más de dos factores en la función, los supuestos necesarios de establecer sobre las elasticidades parciales de sustitución son muy limitantes y pueden apartarse de la realidad (McFadden: 1963). El método, no obstante, permite estimar los parámetros de forma más técnica y ofrece posibilidades para integrar la estimación de la función de producción a un modelo más complejo, en el cual se reflejen otras relaciones funcionales (Arrow: 1962; Chenery, Minhas Solow and Douglas : 1948).

En el presente trabajo se usó primordialmente el método econométrico, utilizando el modelo desarrollado por Solow (Solow and Salter: 1960), aunque también se ha empleado el método contabilístico desarrollado por Denison para estimar los factores contribuyentes al cambio en el producto bruto interno. La productividad total se expresa generalmente como sigue:

$$A = \frac{Q}{aL + bK} \quad (1)$$

donde A es la productividad total, L es el insumo laboral, K es el insumo de capital, a y b son factores de ponderación y Q es el producto bruto interno. El modelo utilizado en este trabajo para estimar la productividad total parte de una función de producción del tipo: donde las variables K, y Q se definen como se indica arriba y T es el cambio tecnológico o residual. La especificación del modelo se presenta en un apéndice a este trabajo para beneficio de aquellos lectores interesados.

$$Q = F(K,L,T) \quad (1)$$

Análisis de los resultados obtenidos

A. Productividad parcial, productividad total e índice de cambio tecnológico (residual)

La tabla 1 muestra los datos necesarios para estimar la productividad parcial y el cómputo de la misma. La tabla 2 resume los cambios en la productividad parcial del capital y la mano de obra para tres períodos diferentes.

Los datos demuestran que la producción por unidad de capital (Q/K) aumento durante el período de 1948 al 1963. En este último año alcanzo su punto más alto. En otras palabras, la productividad parcial del capital aumentó a un ritmo de 1.06 por ciento anual, en promedio, durante el mencionado período. El recíproco de la productividad promedio del capital disminuyo de 2.74 a 2.34 de 1943 a 1963, lo que implica que hubo una disminución en la cantidad de capital utilizado por unidad de producción.

A partir de 1963 la productividad promedio del capital disminuye. De 1963 a 1973 el ritmo promedio anual de cambio fue de -1.6 por ciento, bajando aún más durante el período de 1973 a 1979. Esta tendencia coincide cronológicamente con la intensificación de la promoción de industrias más intensivas en capital.

La disminución en la productividad promedio del capital puede estar sobreestimada si no se ha estado haciendo máximo uso de la capacidad instalada. Durante la década de 1970 al 1980, especialmente a partir de 1974, las altas tasas de desempleo del recurso humano parecen indicar que la economía de Puerto Rico opero muy por debajo de su capacidad. Dado que no existen medidas de utilización de capacidad en Puerto Rico, no se puede determinar con exactitud los cambios en la eficiencia del capital, especialmente a partir de 1963. Sin embargo, como se demuestra más adelante, haciendo uso del índice de capacidad instalada de los Estados Unidos para ajustar los datos de Puerto Rico, los resultados obtenidos no se alteran fundamentalmente.

Las tablas 1 y 2 también, muestran un alto ritmo de crecimiento en la productividad parcial de la mano de obra (Q/L) durante el período de 1948 a 1963 y una desaceleración de la misma a partir de 1963. Aunque no se ha experimentado una disminución en los niveles absolutos de la productividad parcial del factor trabajo, se puede observar una disminución en el ritmo anual promedio de cambio, de 6.4 por ciento durante el período de 1948-1963 a 2.1 por ciento durante el período de 1973 a 1979. Las tendencias, tanto en la productividad parcial de la mano de obra como en la del capital, sugieren que a partir de mediados de la década de 1960-1970 se ha producido una reducción en la eficiencia productiva de la economía.

Tabla 1

Producto Bruto Interno, Horas Hombres, Acervo de Capital y Relaciones de Producto Bruto Interno a Capital y Mano de Obra: Puerto Rico
(Años Fiscales)

Año	Producto Bruto Interno (Q)	Acervo de Capital (K)	Promedio de Horas-Hombres	Razón de (Q/K)	Razón de (Q/L)
1948	695.6	1,904.8	671.4	.3650	1.0365
1949	779.7	1,993.7	637.8	.3906	1.2225
1950	844.1	2,076.8	683.8	.4065	1.2344
1951	875.0	2,165.0	717.5	.4049	1.2195
1952	925.6	2,270.3	679.6	.4082	1.3620
1953	966.6	2,379.6	643.2	.4065	1.5028
1954	1,006.4	2,497.6	606.7	.4032	1.6588
1955	1,058.3	2,639.7	624.1	.4016	1.6957
1956	1,134.0	2,783.9	681.2	.4082	1.6647
1957	1,190.8	2,952.6	680.8	.4032	1.7491
1958	1,225.2	3,133.3	677.2	.3906	1.8092
1959	1,335.2	3,324.2	685.4	.4016	1.9481
1960	1,431.9	3,552.4	690.5	.4032	2.0737
1961	1,568.5	3,786.3	750.7	.4149	2.0894
1962	1,686.6	4,063.6	713.9	.4149	2.3625
1963	1,862.0	4,359.3	709.6	.4274	2.6240
1964	1,994.4	4,713.5	780.8	.4237	2.5543
1965	2,175.5	5,151.7	817.0	.4219	2.6628
1966	2,329.1	5,593.9	930.3	.4167	2.5036
1967	2,475.4	6,133.6	901.0	.4032	2.7474
1968	2,593.0	6,695.4	932.9	.3876	2.7795
1969	2,691.6	7,306.8	1,001.3	.3690	2.6881
1970	3,067.8	8,051.8	1,019.3	.3817	3.0097
1971	3,277.0	8,861.8	1,034.6	.3704	3.1674
1972	3,501.3	9,692.4	1,074.8	.3509	3.2576
1973	3,789.9	10,390.8	1,121.2	.3650	3.3802
1974	3,787.2	11,013.0	1,089.5	.3436	3.4761
1975	3,691.1	11,605.2	1,098.5	.3185	3.3601
1976	3,838.0	12,085.0	1,034.2	.3175	3.7111
1977	4,076.2	12,444.2	1,038.9	.3279	3.9236
1978	4,294.4	12,800.7	1,161.8	.3356	3.6742
1979	4,564.6	13,162.4	1,194.0	.3468	3.8229

* Producto bruto interno y acervo de capital en millones de dólares ,de 1954 y horas-hombres en millones

Fuente: Junta de Planificación, Area de Análisis y Asesoramiento Económico y Economic Study of Puerto Rico.

Tabla 2

Tasas Promedios de Crecimiento Anual en el Producto Bruto Interno Privado y Público
y la Productividad Parcial de los Factores, Capital y Mano de Obra
(1954 = 100)

Período	Producto Bruto Interno	Relación Producto Capital	Relación Producto Mano de Obra
1948 - 1963	6.78	1.06	6.39
1963 - 1973	7.36	-1.57	2.56
1973 - 1979	3.15	-0.83	2.07

Fuente: Tabla 1.

B. Productividad total de los factores

Los datos antes analizados sólo miden la productividad promedio de cada factor de producción, tomados individualmente. La productividad puede, también, medirse de forma total, es decir, determinando la productividad del capital y la mano de obra en conjunto y el residual, usualmente llamado cambio tecnológico. La tabla 3 muestra la distribución funcional del ingreso, es decir, la participación de los propietarios y en forma implícita, la de los empleados en el ingreso neto interno. Estos datos son necesarios para determinar la ponderación a dar a los insumos capital y mano de obra al estimar la productividad total. La tabla 4 presenta los índices de productividad total y de "cambio tecnológico" estimados. La tabla 5 muestra los mismos datos, pero esta vez ajustados por el índice de utilización de capacidad de los Estados Unidos². Por último las tablas mencionadas se resumen en tres períodos en las tablas 6 y 7. Un análisis de la información contenida en estas tablas revela lo siguiente. El promedio del índice de productividad total de los factores disminuyó de

2. Dado que en Puerto Rico no contamos con un índice de utilización de capacidad, se ha usado el de los Estados Unidos como primera aproximación. De esta forma se puede establecer si el ajuste del acervo de capital cambia o no los resultados en forma significativa.

0.044 durante el período de 1949-1963 a 0.015 durante 1973-1979. El ajuste hecho a base del índice de utilización de capacidad no implicó gran cambio en el índice. En ambos casos, la productividad total disminuye a partir de mediados de la década de 1960 al 1970.

Esa reducción se confirma al analizar el índice de cambio tecnológico (presentado en las últimas columnas de las tablas 4 y 5 y en la tabla 7). Este refleja una fuerte reducción en la tasa de crecimiento de la productividad total de los factores a partir de mediados de los años sesenta. Durante el período de 1949 al 1963, el índice de cambio tecnológico aumentó a un ritmo anual medio de 3.3 por ciento; este ritmo se redujo sustancialmente en los períodos de 1963-1973 y 1973-1979. A pesar de las complejidades que envuelve la estimación de la productividad total, estos resultados dan una idea bastante clara de la tendencia declinante que muestra la productividad a nivel agregado en Puerto Rico.

La disminución en el índice del residual o cambio tecnológico puede haberse debido a un conglomerado de fuerzas. Entre otras, se pueden mencionar la desceleración en la inversión en bienes de capital, el deterioro en la calidad del capital humano y la inversión insuficiente en ese recurso, así como la transformación que ha estado ocurriendo en la escala de valores de la sociedad³

3. John W. Kendrick", en su libro Understanding Productivity señala que: "The basic value system of a society, which conditions its institutions and practices, obviously has important bearing on productivity. Attitudes and ambitions of individuals, with regard to increasing their real income and economic status; propensities to save, invest, and incur risks; willingness to adapt to change, all these have a bearing on potential rates of productivity advances" (The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1977, pp. 70).

Tabla 3
Distribución Funcional del Ingreso Neto Interno, Puerto Rico
(En millones de dólares - Años fiscales)

Año	Compensación a Empleados	Ingresos de los Propietarios	Ingreso Neto Interno	Participación del Ingreso de Propietarios en el Ingreso Neto Interno
1948	310.4	209.8	520.2	.4033
1949	336.3	223.9	560.2	.3997
1950	342.0	242.2	584.2	.4146
1951	378.5	280.2	658.7	.4254
1952	428.6	313.4	742.0	.4224
1953	449.4	323.4	772.8	.4185
1954	496.6	339.3	835.9	.4059
1955	516.6	363.8	880.4	.4132
1956	561.2	391.6	952.8	.4110
1957	628.6	392.6	1,021.0	.3845
1958	690.3	409.4	1,099.7	.3723
1959	749.8	479.0	1,228.8	.3898
1960	840.7	526.4	1,367.1	.3850
1961	934.7	608.5	1,543.2	.3943
1962	1,064.0	677.5	1,741.5	.3890
1963	1,195.9	771.5	1,967.4	.3921
1964	1,305.7	826.8	2,132.5	.3877
1965	1,454.9	897.5	2,352.4	.3815
1966	1,606.2	991.4	2,597.6	.3817
1967	1,794.5	1,080.8	2,875.3	.3759
1968	2,009.2	1,171.0	3,180.2	.3682
1969	2,288.6	1,266.4	3,555.0	.3562
1970	2,618.2	1,405.6	4,023.8	.3493
1971	3,005.5	1,567.9	4,573.4	.3428
1972	3,379.9	1,790.3	5,170.2	.3463
1973	3,835.7	2,003.1	5,838.8	.3431
1974	4,185.3	2,366.7	6,552.0	.3612
1975	4,639.5	2,365.7	7,005.2	.3377
1976	4,815.3	2,844.8	7,660.1	.3714
1977	5,159.5	3,261.1	8,420.6	.3873
1978	5,626.2	3,820.4	9,446.6	.4044
1979	6,288.2	4,426.1	10,714.3	.4131

Fuente: Junta de Planificación: Ingreso-Producto, 1978 e Informe Económico al Gobernador, 1979

Tabla 4

Indice de Productividad Total de los Factores y de cambio Tecnológico: Puerto Rico
(Años fiscales)

Año	Participación del capital en el Ingreso Neto interno	Relación Capital-Trabajo (K/L)	Relación Producto Bruto Interno Horas-Hombres (Q/L)	Indice de Productividad Total	Indice de Cambio Tecnológico
1948	4.033	2.84	1.0365	---	---
1949	3.997	3.13	1.2225	.1386	1.0000
1950	4.146	3.04	1.2344	.0217	1.1386
1951	4.254	3.02	1.2195	-.0093	1.1603
1952	4.224	3.34	1.3620	.0721	1.1510
1953	4.185	3.70	1.5028	.0583	1.2231
1954	4.059	4.12	1.6588	.0577	1.2814
1955	4.132	4.23	1.6957	.0112	1.3391
1956	4.110	4.09	1.6647	-.0047	1.3503
1957	3.845	4.34	1.7491	.0272	1.3456
1958	3.723	4.63	1.8092	.0095	1.3728
1959	3.898	4.85	1.9481	.0583	1.3823
1960	3.850	5.14	2.0737	.0415	1.4406
1961	3.943	5.04	2.0894	.0152	1.4821
1962	3.890	5.69	2.3625	.0805	1.4973
1963	3.921	6.14	2.6240	.0797	1.5778
1964	3.877	6.04	2.5543	-.0202	1.6575
1965	3.815	6.31	2.6628	.0254	1.6373
1966	3.817	6.01	2.5036	-.0416	1.6627
1967	3.759	6.81	2.7474	.0473	1.6211
1968	3.682	7.18	2.7795	-.0083	1.6684
1969	3.562	7.30	2.6881	-.0388	1.6601
1970	3.493	7.90	3.0097	.0909	1.6213
1971	3.428	8.57	3.1674	.0233	1.7122
1972	3.463	9.02	3.2576	.0103	1.7355
1973	3.431	9.27	3.3802	.0281	1.7458
1974	3.612	10.11	3.4761	-.0044	1.7739
1975	3.377	10.56	3.3601	-.0484	1.7601
1976	3.714	11.69	3.7111	.0647	1.7117
1977	3.873	11.98	3.9236	.0477	1.7764
1978	4.044	11.018	3.6742	-.0312	1.8241
1979	4.131	11.024	3.8229	.0402	1.7929

Fuente: Tablas 1 y 3

Tabla 5

Índice de Productividad Total y Cambio Tecnológico Ajustado por el Índice de Utilización de Capacidad en los Estados Unidos (Años fiscales)

Año	Índice de Utilización de Capacidad Estados Unidos	Aservo de Capital Ajustado	Relación Producto Bruto Interno a Capital	Relación Capital Trabajo	Índice de Productividad Total	Índice de Cambio Tecnológico
1948	90.6	1,725.7	.4033	2.57	---	---
1949	90.6	1,806.3	.4317	2.83	.1390	1.0000
1950	90.6	1,881.6	.4486	2.75	.0215	1.1390
1951	94.0	2,035.1	.4300	2.84	-.0260	1.1605
1952	91.3	2,072.8	.4465	3.05	.0856	1.1345
1953	94.2	2,241.6	.4312	3.49	.0530	1.2201
1954	83.5	2,085.5	.4826	3.44	.1096	1.2631
1955	87.0	2,296.5	.4608	3.68	-.0066	1.3727
1956	86.1	2,396.9	.4731	3.52	-.0004	1.3661
1957	83.0	2,450.7	.4859	3.60	.0420	1.3657
1958	75.0	2,350.0	.5214	3.47	.0478	1.4077
1959	81.6	2,712.5	.4922	3.96	.0217	1.4555
1960	80.1	2,845.5	.5032	4.12	.0489	1.4772
1961	77.3	2,926.8	.5359	3.90	.0286	1.5261
1962	81.4	3,307.8	.5099	4.63	.0579	1.5547
1963	83.5	3,640.0	.5115	5.13	.0683	1.6126
1964	85.7	4,039.5	.4937	5.17	-.0296	1.6809
1965	89.5	4,610.8	.4718	5.64	.0078	1.6513
1966	91.1	5,096.0	.4570	5.48	-.0490	1.6591
1967	86.9	5,330.1	.4644	5.92	.0672	1.6101
1968	87.0	5,825.0	.4452	6.24	-.0082	1.6773
1969	86.2	6,298.5	.4273	6.29	-.0357	1.6691
1970	79.2	6,377.0	.4811	6.26	.1213	1.6334
1971	78.0	6,912.2	.4741	6.68	.0294	1.7547
1972	83.1	8,054.4	.4347	7.49	-.0135	1.7841
1973	87.5	9,092.0	.4168	8.11	.0092	1.7706
1974	84.2	9,272.9	.4084	8.51	.0106	1.7798
1975	73.6	8,541.4	.4321	7.78	-.0044	1.7904
1976	80.1	9,680.1	.3965	9.36	.0290	1.7860
1977	82.5	10,266.5	.3970	9.88	.0357	1.8150
1978	84.4	10,803.8	.3975	9.30	-.0398	1.8507
1979	85.5	11,253.9	.4056	9.43	.0347	1.8109

Fuente: Junta de Planificación: Ingreso-Producto, 1978 e Informe Económico al Gobernador, 1979.

Edward Denison (1979)⁴ ha señalado varias causas para la disminución en la productividad total en los Estados Unidos, que puede, también, sean válidas para explicar la tendencia declinante de la productividad en la Isla.

1. Disminución del avance del conocimiento. En los últimos años se ha reducido la asignación de recursos para investigación y desarrollo (research and development), se ha deteriorado la tecnología y ha crecido la brecha entre esta y la aplicación del conocimiento debido al envejecimiento del capital.

Tabla 6

Promedio del Índice de Productividad Total

Período	Sin Ajustar	Ajustado
1949 - 1963	.0438	.0454
1963 - 1973	.0178	.0152
1973 - 1979	.0151	.0107

Fuente: Junta de Planificación: Ingreso-Producto, 1978 e Informe Económico al Gobernador, 1979.

2. Efecto adverso de la reglamentación gubernamental. Las empresas se han visto forzadas a asignar mayores recursos para reducir la contaminación ambiental e implantar otras medidas de seguridad.

3. Disminución del incentivo al trabajo.

4. Disminución de la eficiencia productiva debido a la inflación y a los altos costos energéticos.

4. Edward R. Denison, "Explanations of Declining Productivity Growth", Survey of Current Business, Parte II.

Los datos analizados indican que fue en las primeras etapas del desarrollo que la contribución de la tecnología fue mayor en Puerto Rico.

Tabla 7

Tasa de Crecimiento Anual en el Índice de Cambio Tecnológico

Período	Sin Ajustar	Ajustado
1949 - 1963	3.31	3.47
1963 - 1973	1.02	.94
1973 - 1979	.44	.38

Fuente: Junta de Planificación: Ingreso-Producto, 1978 e Informe Económico al Gobernador, 1979.

Conclusiones más importantes

La medición de la productividad promedio del capital reveló que la misma ha sufrido una fuerte disminución, especialmente a partir de mediados de los años sesenta. Ello implica que ha habido un incremento en el uso del capital por unidad de producción, consistente con el uso de técnicas más intensivas en capital, y, como revela el análisis de productividad total, que la aportación del cambio tecnológico al desarrollo económico de la Isla no ha sido sustancial.

-La productividad parcial de la mano de obra, aunque todavía positiva, ha descelerado sustancialmente su crecimiento.

- El índice de cambio tecnológico estimado indica que ha habido una reducción sustancial en la tasa de crecimiento de la productividad total de los factores a partir de mediados de los años sesenta. Los resultados obtenidos confirman los estimados utilizando índices parciales de productividad.

-La contribución de la productividad total al crecimiento del producto bruto interno se redujo, también, a partir de mediados de los años sesenta. En los primeros años del período estudiado, cuando Puerto Rico tenga un nivel de desarrollo económico mucho menor, la contribución de la productividad total al aumento de la producción era mucho mayor, semejándose a los países más desarrollados.

-Es evidente que en los últimos años ha sido el capital el que ha sostenido el crecimiento del producto bruto interno.

C. Las fuentes de crecimiento del producto bruto interno

Los datos analizados en las secciones anteriores permiten, usando el método contabilístico desarrollado por E. Denison, estimar las fuentes de crecimiento del producto bruto interno de Puerto Rico. La tabla 8 resume el período de 1949-1979 en tres subperíodos. El análisis de ésta revela que durante el período de 1949 a 1963 la contribución de la tecnología al crecimiento del producto bruto fue mayor que la del capital y la mano de obra. De hecho, la contribución del factor trabajo fue sólo 0.31 por ciento. Sin embargo, y contrario a lo que deberá esperarse, después del año de 1963 la contribución del residual tecnológico ha venido disminuyendo, mientras que la del factor capital y mano de obra ha aumentado. Se destaca el fuerte aumento en la contribución porcentual del recurso humano de 1963 a 1973. De 1973 a 1979, el crecimiento del producto bruto interno disminuye porcentualmente al compararse con los dos períodos anteriores. Durante este último período, la contribución de la tecnología y el recurso humano es inferior a la del capital, si bien, la contribución de todos los recursos se reduce en relación al período anterior.

El fuerte crecimiento del producto bruto interno en el período anterior, especialmente de 1963 a 1973, fue principalmente inducido por la contribución del recurso capital, seguido de la mano de obra. La tecnología hizo durante este período una aportación más baja que la de los otros factores.

Tabla 8
Contribución de los Factores de la Producción
al Crecimiento en el Producto Bruto Interno

Período	Contribución de la Tecnología	Contribución del Factor Trabajo	Contribución del Factor Capital	Crecimiento en el Producto Bruto Interno
1949 - 1963	4.70	.31	2.43	7.44
1963 - 1973	1.96	2.97	3.58	8.51
1973 - 1979	1.61	1.14	1.91	4.66

Fuente: Junta de Planificación: Ingreso-Producto, 1978 e Informe Económico al Gobernador, 1979.

Apéndice

Modelo Matemático Utilizado

El modelo usado en la estimación de la productividad total parte de la relación tecnológica entre la producción y los factores de producción utilizados (la llamada función de producción), la cual se expresa algebraicamente como sigue:

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

donde las variables K, L, y Q se definen como en las ecuaciones anteriores y T significa "cambio tecnológico" o residual.

Un cambio en la producción, dada la misma cantidad de factores de producción, implica un cambio tecnológico u otros factores ajenos al capital o mano de obra. Este cambio desplaza la curva representativa de la función de producción. En la variable T se incluyen aquellos elementos que inducen el mencionado desplazamiento. Los cambios tecnológicos pueden ser neutrales (es decir, ni intensivos en mano de obra ni intensivos en capital) y no-neutrales. En la presente estimación se asume que los cambios tecnológicos son neutrales (la tasa marginal de sustitución entre capital y trabajo se mantiene constante). Por lo tanto, la ecuación 1 se puede expresar como:

$$Q = A(t) f(K, L) \quad (2)$$

donde A(t) es el índice de cambio tecnológico o residual. Este mide el desplazamiento de la función de producción a través del tiempo. El mismo se puede medir diferenciando totalmente la producción con respecto al tiempo y dividiendo por Q, en cuyo caso la ecuación se expresa como:

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \frac{\dot{A}}{A} = A \frac{df}{dk} \frac{\dot{K}}{K} + \frac{df}{dL} \frac{\dot{L}}{L} \quad (3)$$

donde los puntos sobre las letras significan derivadas con respecto al tiempo. Por

ejemplo, $\dot{Q} = dQ/dt$ supone que: $\frac{dQ}{dK} = C/P$

O sea: el producto marginal del capital (la producción que se obtiene por el empleo de una unidad adicional de capital) es igual, en equilibrio, al costo real de los servicios que presta el capital⁵.

Dado este supuesto: $aQ/dk / K/Q = W_K$

donde W_K la participación relativa del capital; en el caso de la mano de obra

$$aQ/dL / L/Q = W_n$$

donde W_n es la participación relativa de la mano de obra.

La ecuación 3 puede transformarse en la siguiente:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta A}{A} + W_K \frac{\Delta K}{K} + W_n \frac{\Delta N}{N} \quad (4)$$

donde las Δ 's son aproximaciones discretas a las derivadas con respecto al tiempo. Esta

es la ecuación básica; la misma permite estimar series históricas para cada término, excepto

$\Delta A/A$ que es el residual usualmente denominado cambio tecnológico.

Si se asume que durante el proceso productivo no hay economías crecientes ni decrecientes

de escala (es decir, los rendimientos de escala son constantes), la función de producción será

5. El costo real de los servicios que rinde el capital generalmente se define como la tasa de interés (o un costo de oportunidad imputado) más la tasa de amortización o costo de remplazo del capital dividido por un índice de deflación.

homogenea de grado 1. La ecuación 4 puede, entonces, simplificarse aún más y expresarse como:

$$\frac{\Delta q}{q} = \frac{\Delta A}{A} + W_k \frac{\Delta k}{k} \quad (5)$$

donde: $q = Q/L$
 $k = K/L$
 $W_k = 1 - W_L$

El residual (o “cambio tecnológico”) se deriva usando la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta q}{q} - W_k \frac{\Delta k}{k} \quad (6)$$

El índice de cambio en el residual se estima con la siguiente ecuación derivada de las anteriores:

$$A(t) = A(t-1) \left[1 + \frac{\Delta(A/A)_{t-1}}{A(t-1)} \right] \quad (7)$$

Usando el método contabilístico pueden estimarse las fuentes de crecimiento del cambio en el producto bruto interno.

El aumento en el producto bruto interno es el resultado de cambios en el capital, mano de obra y un residual, y se expresa como:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta A}{A} + W_k \frac{\Delta K}{K} + W_L \frac{\Delta L}{L} \quad (8)$$