

## **Monopolios naturales y tecnología**

Elvio Accinelli\*  
Leonardo Tenorio\*\*

Fecha de recepción: 09 III 2011

Fecha de aceptación: 13 II 2012

### **Resumen**

El objetivo de este trabajo es considerar la posibilidad de que, en el largo plazo, un monopolio natural se mantenga como tal debido al resultado del aumento de su productividad ocasionado por el cambio tecnológico. Paralelamente, se discutirá sobre la pertinencia de implementar políticas tendientes a incentivar la competencia y la libre entrada en ramas en las que existen monopolios naturales, que permanecen como tales, gracias al desarrollo tecnológico que han alcanzado.

**Palabras clave:** Monopolios naturales de largo plazo; Cambio tecnológico e innovación; Competencia.

**Clasificación JEL:** L12.

### **Abstract**

This paper aims to consider the possibility that a natural monopoly is maintained as such in the long run as a result of increased productivity caused by technological change. In parallel, we will discuss the relevance of implementing policies to encourage competition and free entry, in branches where natural monopolies remain as a result of technological development.

**Keywords:** Natural monopolies long-term; technological change and innovation; competition.

**JEL Classification:** L12.

---

\*Facultad de Economía de la UASLP. Av. Pintores s/n, Fraccionamiento Burócratas del Estado, CP 78263, San Luis Potosí, S.L.P. México. Correo electrónico: [elvio.accinelli@eco.uaslp.com](mailto:elvio.accinelli@eco.uaslp.com)

\*\*Facultad de Economía, UNAM. Av. Miramontes 2960, int. 20, Los Girasoles II, Coyoacán, México, D. F. Correo electrónico: [leonardotenorio@hotmail.com](mailto:leonardotenorio@hotmail.com)  
Agradecemos los valiosos comentarios y sugerencias de dos lectores anónimos.

### **Introducción**

En general, el estudio de la teoría macroeconómica, según el marco temporal, se realiza a partir de tres grandes modelos: el de corto, mediano y largo plazo. Más allá de las discusiones acerca de cuán corto es el corto plazo y cuán largo es el largo plazo, se está de acuerdo en considerar que en el largo plazo la oferta agregada solo dependerá de la mejora tecnológica, mientras que los niveles de inflación y la demanda agregada serán lo único plausible de cambio. Por otra parte, se está de acuerdo también en que –en el corto plazo– la utilización parcial de la capacidad de la economía es lo que justificará la participación de la política económica. No obstante, cualquiera que sea el análisis, se supone que la capacidad productiva está dada, y la utilización total de la capacidad en el largo plazo es lo que hace que la oferta no cambie, a menos que la tecnología lo permita. De ahí que, en el largo plazo, la atención esté centrada en las modificaciones de la capacidad productiva de la firma.

Es precisamente la modificación de esta capacidad productiva, la que puede determinar cambios importantes en el comportamiento de la economía en el largo plazo. Y es a este punto hacia el que se dirige la atención en este trabajo, el cual está enfocado al estudio de los llamados monopolios naturales, esto es, a aquellos monopolios que logran subsistir como tales, sin trabas legales de ningún tipo a la libre entrada; situación que es resultado de una particular combinación de las funciones de costos y demanda, misma que ubica a la oferta monopolista en la parte de la función de producción, con costos medios decrecientes.

Se analiza cómo la posibilidad latente de la pérdida del privilegio de que el monopolio natural goza, hace que fenómenos que se consideran propios del largo plazo se hagan visibles en el corto o mediano plazo. La premura por mantener dicho privilegio se convertirá en un incentivo para mejorar la tecnología productiva y, consecuentemente, la oferta de la firma. Es de esperar que una firma que actúa como monopolio natural deje de mantener esta cualidad si la demanda de su producto se modifica con el tiempo. No obstante, esto puede no suceder si a la par se producen cambios en la capacidad productiva de la firma, y si esto es así, la pregunta que surge es: ¿en qué medida es benéfico, desde el punto de vista del consumidor, favorecer a la competencia en ramas en que existen monopolios naturales sustentables como tales? La respuesta está, en que existen bienes que serán producidos solamente si la firma lo hace como monopolio natural. Evidencia de la existencia de monopolios, que favorecen la innovación y el crecimiento, la podemos encontrar en Aghion y Griffith (2005), con el caso

de Microsoft o como en su momento lo fue con IBM<sup>1</sup>, mientras que la competencia inhibe el crecimiento de la productividad al reducir los beneficios esperados. Ciertamente, esta no es una afirmación de carácter general, lejos de serlo, como se verá, solo tiene valor bajo determinadas hipótesis.

La posibilidad de que el monopolio natural mantenga su situación de privilegio, a cambio de una mejora permanente de su tecnología, se transforma en un acicate importante para la inversión en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías. De esta forma, tanto la competencia como el monopolio pueden ser, en diferentes etapas, promotores del crecimiento de la productividad y el bienestar asociado a ellos. En estas circunstancias, parece ser más sensato pensar que el papel de los organismos reguladores debe ser el de asegurar la competitividad de la rama de producción, más que asegurar la competencia dentro de la rama (evidencia empírica que sustenta esta afirmación puede encontrarse en Aghion y Griffith, 2005).

Cuando el monopolio deja de ser natural, la libre competencia y la libre entrada ejercerán su función, evitando la pérdida de bienestar social de la industria a la que el monopolio, que solo puede sobrevivir como tal por la imposición de trabas legales, puede conducir. No obstante, si el monopolio es capaz de mantener su cualidad de natural a lo largo del tiempo, estará en condiciones de generar mayor bienestar social que si se comportara como en la libre competencia, que supone precios igual a costos marginales, asegurando de esta forma la mejora en la eficiencia productiva y el consecuente aumento de la oferta en el corto plazo. Se destaca que en condiciones de monopolio natural, la curva de costos medios está por encima de las de costos marginales, por lo que fijar el precio por el costo marginal, en esas condiciones, implica que la firma deba retirarse del mercado por lo que consecuentemente el bien deja de producirse, afectando directamente el bienestar de los consumidores demandantes de este.

Dado que es normal suponer que la demanda por un determinado producto aumenta con el tiempo, la cualidad de monopolio natural tiende a desaparecer. No obstante, aumentando su productividad, como se verá más adelante, la firma puede mantenerse como monopolista natural, dando lugar a la vez a un aumento del bienestar de la sociedad. A los monopolios capaces de generar este aumento de la productividad, se les conoce como monopolios naturales sostenibles. Resultados similares a los aquí presentados se obtienen en Aghion y Griffith (2005), en donde se muestra que una firma establecida puede sobrevivir como monopolista a un proceso de apertura, si está suficientemente cerca de la frontera tecnológica. A diferencia de lo allí

---

<sup>1</sup> Para el caso de Microsoft, véase Gates (1996) y para el de IBM, Armentano (1999).

planteado, en este análisis, no se suponen trabas legales a la entrada que impidan la competencia; la no entrada en el marco en que se desarrolla el presente modelo, es un fenómeno natural, lo que aproxima en algún sentido al planteamiento de Boldrin y Levine (2008), dado que estos monopolios considerarán a la innovación como una muy eficiente barrera a la entrada *per se*. Pero, tanto en Aghion y Griffith (2005) como en el presente artículo se señala la posibilidad de escapar a las presiones competitivas, mediante un fuerte impulso a la innovación.

Este trabajo se organiza como a continuación se expone. En la siguiente sección, sección 1, se desarrolla el concepto de monopolio natural. En la sección 2, se introduce un modelo de crecimiento tecnológico. En la sección 3, se discute sobre algunas formas posibles para el crecimiento poblacional. La sección 4, que contiene las principales aportaciones del trabajo, se divide a su vez en tres subsecciones: la 4.1, donde se plantea la posibilidad de permanencia del monopolio natural a pesar de cambios en la estructura del mercado con factor tecnológico exógeno; la 4.2, en la que se revisa el caso de un monopolio natural con factor tecnológico endógeno y la 4.3, donde se presenta un ejemplo numérico y una gráfica como complemento de los resultados encontrados en las subsecciones anteriores. Finalmente, se ofrecen algunas conclusiones.

## **1. Monopolio natural**

El acuerdo general existente entre los economistas acerca de que es la libre competencia la que fomenta el crecimiento y la productividad, lleva a los responsables de la política económica a buscar y desarrollar medidas tendientes a incentivar la competencia y promover la apertura de los mercados. Los argumentos en favor de la libre entrada, como determinante de la competitividad y la innovación, pueden verse en Tirole (1988) y Berg (1988), así como en la más reciente literatura del crecimiento endógeno, por ejemplo: Romer (1998), Aghion y Howitt (1992) y Grossman y Helpman (1993). No obstante, si bien este es el punto de vista que clásicamente sostiene la teoría económica desde Adam Smith, no es el que fundamentan muchos emprendedores industriales, quienes centran su atención en el desincentivo que para la inversión en investigación tales políticas pueden suponer, por ejemplo, Schumpeter (1942), Armentano (1999), entre otros. La firma establecida en un mercado competitivo, ante la amenaza permanente de las competidoras, difícilmente opta por promover la investigación en tecnología, si esta supone altos costos no recuperables en un breve plazo. Contrariamente, fenómenos tales como la imitación, o incluso la disminución en la calidad del producto ofrecido, para disminuir costos y competir mejor, suelen ser opciones más rentables en el corto plazo.

Mientras que la inversión en investigación puede resultar una opción más convincente a una empresa monopolista que solo ve amenazados sus beneficios futuros, por un cambio en la demanda de su producto que suponga un retraso en la capacidad relativa de su oferta, en particular, por el crecimiento natural de la demanda que el crecimiento de la población supone.

Para delimitar el análisis planteado en este trabajo, a continuación se propone una definición de monopolio natural, que sigue de cerca a la considerada en Segura (1993), concepto en torno del cual girará todo el estudio.

Se llama monopolio natural a una situación particular en una rama de la producción que se caracteriza por una combinación específica de las funciones de costos y demanda, y que permite que un bien determinado sea producido por una única firma sin la existencia de trabas legales de ningún tipo para la libre entrada y la obtención de beneficios<sup>2</sup>; lo que representa una situación coyuntural que puede desarticularse fácilmente por factores exógenos, en particular, por modificaciones en la demanda del producto<sup>3</sup>.

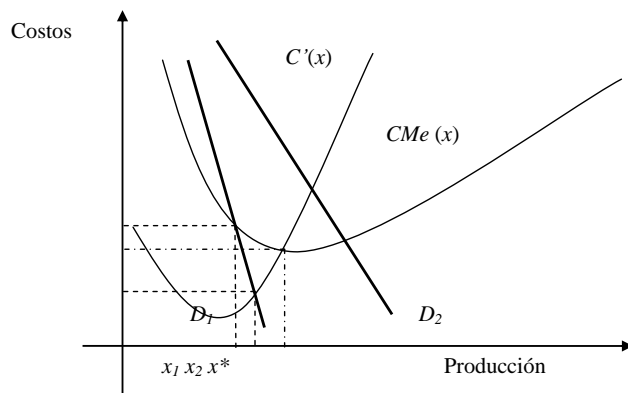
La situación más común, a la que llamaremos caso clásico, que garantiza la existencia de un monopolio natural, es aquella en donde la demanda agregada corta a las funciones de costo medio total y costo marginal en un punto en el que la función de costos medios es decreciente, el cual se ubica a la izquierda del punto  $x^*$  (ver gráfica 1) y donde dichas funciones de costos se cortan. Para el caso de estricta convexidad de la función de costos totales, dicho punto corresponde, además, al mínimo de esta función.

---

<sup>2</sup> Cabe mencionar que Reksulak, Shughart y Tollison (2008) desarrollaron, a partir de las condiciones de maximización de un monopolio tradicional, un modelo de monopolio progresista, es decir, que se comporta de tal forma que logra disminuir sus costos y, a la par, baja sus precios, teniendo como conclusión que no obstante esto, el bienestar social se restringe, situación que no puede ampliarse al caso que aquí se desarrolla, dado que no es compatible con las condiciones de existencia del monopolio natural.

<sup>3</sup> Versiones semejantes del concepto de monopolio natural pueden ser encontradas en Berg (1988) y Mosca (2006).

Gráfica 1



Fuente: elaboración propia.

Una segunda situación, que permite que el monopolio natural pueda ser más estable con respecto al primer caso y que se caracteriza por una estructura de costos y demanda, bajo la cual, producir en el segmento delimitado entre la oferta monopolista  $x^m$  y la competitiva  $x^c$  será más eficiente hacerlo con una única firma que con más de una, y a la que llamaremos caso no clásico, corresponde a la existencia de costos subaditivos; esto es, costos que verifican, al menos en un cierto intervalo  $[\underline{x}, \bar{x}]$ , la desigualdad:

$$c(x) \leq \sum_{j=1}^n c(x_j), \quad \sum_{j=1}^n x_j = x \quad \forall x \in [\underline{x}, \bar{x}] \quad (1)$$

siendo  $\underline{x} \leq x^m \leq x^c \leq \bar{x}$

Un sencillo ejemplo de esta posibilidad lo representa una tecnología a la que corresponde una función de costos, de la forma:

$$c(x_j) = a + bx_j^2 \quad (a, b > 0) \quad (2)$$

como puede observarse, según la cantidad  $x$  a producirse, puede resultar más beneficioso hacerlo con una sola firma que con dos. Baste, para convencerse de ello, comparar  $c(x)$  contra  $c(x_j) + c(x - x_j)$ . Se obtendrá que es preferible usar una sola firma si:

$$x < \left(\frac{2a}{b}\right)^{1/2}$$

La evolución tecnológica que permita mantener esta desigualdad a lo largo del tiempo, hará del monopolio natural una forma sostenible y eficiente de producir. No obstante, la generalización que este supuesto implica sobre el caso clásico en el que se asume que un monopolio puede ser natural solamente si opera en la región de costos medios decrecientes, no se considerará ahora, pues el interés de este trabajo se centrará en mostrar que la regulación, realizada por un planificador benevolente, debe concentrarse en asegurar la eficiencia más que en la libre competencia. Por otra parte, este caso conlleva una nueva restricción sobre el volumen a producir, esto es, que debe corresponder a la región en la que la subaditividad de los costos se manifiesta.

## 2. El cambio tecnológico

Comúnmente se encuentra en la bibliografía que el cambio tecnológico es un proceso creciente, que redundará en aumento de la eficiencia de la tecnología que ya se emplea; particularmente debido a la incorporación de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC) en conjunto con la globalización (Castells, 2000; Boisier, 2001; OECD, 2000 y 2001; entre otros<sup>4</sup>), lo que puede redundar en dos tipos de cambio tecnológico que dependen de si dicho cambio es generado dentro o fuera del sistema.

Supóngase, considerando en primer lugar el caso exógeno, que la tecnología existente en un momento  $t$  pueda representarse por una función  $T: \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}$  derivable y creciente, con respecto a  $t$ , y que actúa directamente sobre los costos de producción de forma que:  $c_v(x, t) = T^{-1}(t)c(x)$ , siendo  $c_v(x, t)$  el costo variable asociado a producir  $x$  unidades de un determinado producto en el instante,  $t$ . Mientras que  $c(x)$  es una función convexa que solo depende de la cantidad a producir. Supóngase, además, que la evolución tecnológica está representada por la ecuación diferencial:

$$\dot{T} = \alpha T \tag{3}$$

---

<sup>4</sup> Es claro que Schumpeter (1942), con su “destrucción creativa”, logró explicar cómo el cambio tecnológico era un proceso cotidiano que permitía innovar e incorporar productos y procesos más eficientes, en el amplio sentido de la palabra, pero es ahora con la sociedad del conocimiento que el proceso de cambio tecnológico e innovación se dinamiza de forma tan acelerada, que es difícil compararlo con épocas anteriores.

es decir, el incremento en la tecnología disponible, en un momento determinado, depende de la acumulación tecnológica existente. De esta forma:

$$T(t) = T(t_0)e^{t-t_0} \quad (4)$$

siendo  $T(t_0)$  la tecnología disponible en el momento inicial  $t = t_0$ .

Por otro lado, considerando el caso endógeno, a partir de los trabajos de Arrow (1962) y Ramanathan (1982), en este estudio se introduce un tipo de avance tecnológico que es capaz de incorporarse a los procesos productivos, a través de la experiencia pasada, como sería si este dependiera del producto acumulado en el tiempo, situación que Arrow definió como “aprendizaje por ejecución”, un tipo de cambio tecnológico inducido, el que enseguida se representa como:

$$\frac{\dot{T}}{T} = \beta \frac{\dot{X}}{X} - \mu \quad (5)$$

Donde el factor tecnológico depende del producto acumulado en el pasado, que al diferenciarlo logarítmicamente permite arribar a la expresión:

$$T(x, t) = x^\beta e^{-\mu t} \quad (6)$$

Que a su vez representa al factor tecnológico inducido en el capital acumulado en el pasado. Nótese que si  $\beta = 0$ , la tecnología será nuevamente del tipo exógeno; mientras que cuando  $\beta \neq 0$ , se estará ante un factor tecnológico endógeno.

Referencias bibliográficas acordes con los tipos de tecnología pueden encontrarse en: Cimoli y Della Giusta (1998) y Berumen (2006), quienes entienden el cambio tecnológico como un proceso de aprendizaje acumulativo y endógeno creciente.

### 3. El crecimiento de la población en el largo plazo

El aumento poblacional puede considerarse una causa natural para el incremento de la demanda de un determinado producto y, consecuentemente, una poderosa razón para modificar las condiciones que legitiman el monopolio natural; situación que, solo existe ante una determinada relación entre tecnología, oferta y demanda. Por tal motivo, en este estudio son



consideradas algunas características viables del crecimiento de la población que impactarán en las características del mercado.

Por lo general, en economía, se trabaja con modelos de crecimiento en los que la tasa de crecimiento poblacional es constante, los modelos de Ramsey (1928) y Solow (1956) son paradigmáticos en este sentido. No obstante, es mucho más intuitivo trabajar con modelos de crecimiento en los que la tasa de población es variable, específicamente decreciente, debido a que esta representa un tipo de comportamiento poblacional más acorde con el de la realidad (Accinelli y Brida, 2007a). En este trabajo, se considera que la población crece de acuerdo con la siguiente ley:

En cada momento  $t$ , el número de individuos está determinado por  $L(t)$ , tal que:

(a)  $L(0) = L_0 > 0, \dot{L}(t) > 0, \forall t \geq 0$  y  $\lim_{t \rightarrow \infty} L(t) = L_\infty < \infty$ , es decir, la población es estrictamente creciente y acotada.

(b) Sea  $n(t)$  la tasa de crecimiento poblacional, esto es  $n(t) = \frac{\dot{L}(t)}{L(t)}$ , entonces  $n(t) < 0, \forall t \geq 0$  y, además,  $\lim_{t \rightarrow \infty} n(t) = 0$ . Es decir, la tasa de crecimiento poblacional decrece estrictamente a cero.

A continuación, se ofrecerá el ejemplo de un monopolio natural que se sostiene como tal en el largo plazo.

#### **4. Permanencia del caso clásico**

En este ejemplo, la firma establecida para mantenerse en el mercado deberá vender su producto a un precio superior al costo marginal. En caso de que la firma se viera obligada a vender de acuerdo con la regla de competencia perfecta, deberá salir del mercado en el largo plazo, o bien, deberá recibir algún subsidio como lo propuso por primera vez Hotelling (1938). En estas condiciones, una firma entrante, que decida entrar, deberá ofrecer su producto por encima del costo medio, por lo que la demanda será cero o alternativamente deberá vender por debajo del costo medio, lo que implicará pérdidas para la firma. Esta situación inhibe la entrada de cualquier firma competidora.

Por otra parte, es posible que la firma establecida venda su producto por un valor superior al costo medio, si es el caso de que entrar suponga altos costos fijos, lo que impide el ingreso al mercado de la competidora en forma

inmediata, más aún sabiendo que la establecida, si fuera necesario, podrá bajar sus costos hasta el costo medio para impedir su entrada.

No obstante, la estabilidad de esta situación en el largo plazo no puede afirmarse, pues una modificación en la demanda lleva a que desaparezca la situación que define el monopolio natural. En este sentido, es normal pensar que con el tiempo la demanda se incrementará (por ejemplo a  $D_2$  en la gráfica 1), basta para justificar esto el incremento de la población. Así, si la función de costos se mantiene fija, la demanda incrementada en un lapso puede llegar a cortar la función de costos a la derecha del punto de corte de las curvas de costo medio de largo plazo y la de costo marginal (a la derecha de  $x^*$ ), con lo cual desaparece, por tanto, la situación de monopolio natural, y se da lugar a la entrada de firmas competidoras. Sin embargo, si la tecnología de la firma establecida se desarrolla y permite bajar los costos, entonces la situación que garantiza el monopolio natural se mantiene en el tiempo. Este intento por mantener su privilegio convertirá a la firma monopolista en un impulsor de la productividad y el crecimiento.

#### *4.1 El monopolio natural sustentable con cambio tecnológico exógeno*

A continuación se presenta un modelo en el que por modificación de factores exógenos (en este caso el incremento de la población), se produce un incremento en la demanda, lo que ocasiona que una firma establecida pueda mantener su condición de monopolista natural. Se denominará a este, “monopolio natural sostenible”. También se analiza la posibilidad de que la firma se mantenga como tal, mediante la mejora de su productividad. Si bien este es un ejemplo sencillo, ilustra la posibilidad de que un monopolio natural se mantenga como tal bajo supuestos ampliamente considerados en la literatura especializada.

El desarrollo tecnológico actúa sobre los costos variables y provoca que estos se reduzcan con el tiempo  $c_v(x, t) = A(t)c(x)$ , siendo  $A(t) = T^{-1}(t)$  una función derivable y tal, que su derivada es  $A'(t) < 0$ . El desarrollo tecnológico puede hacer más eficiente al capital, al capital humano o a ambos; desde el punto de vista del ejemplo a tratar, es indiferente. La función  $c(x)$  es convexa y representa el costo de producir una cantidad  $x$  del producto.

Para fijar ideas, considérese una firma cuya función de costos totales está dada por:

$$c_t(x, t) = ax^2e^{-t} + F \quad (7)$$

Siendo  $a$  una constante positiva, mientras que  $F$  representa los costos fijos. El factor  $A(t) = e^{-t}$  representa la reducción del costo variable  $c(x) = ax^2$  en el tiempo, por acción de la tecnología. Se tiene entonces que, la función de costos medios es:

$$\frac{c_t(x, t)}{x} = axe^{-t} + \frac{F}{x} \quad (8)$$

Mientras que el costo marginal es:

$$c'(x) = 2axe^{-t} \quad (9)$$

El punto de corte de estas dos curvas, corresponde a:

$$x^*(t) = \sqrt{\frac{F}{a}}e^{\frac{1}{2}t} \quad (10)$$

Dado que el monopolio es natural, el monopolista fijará su precio unitario por el costo medio, por lo que se asume que en  $t = t_0$ , se verificará que:

$$p(x, t_0) = \frac{c_t(x, t_0)}{x} = axe^{-t_0} + \frac{F}{x} \quad (11)$$

Supóngase además, que la función de demanda en  $t = t_0$  corresponde a una

recta que pasa por los puntos  $Q_1 = (x_1, ax_1e^{-t_0} + \frac{F}{x_1})$ , siendo  $x_1$  la oferta del

monopolista que iguala a la demanda cuando el precio es igual al costo medio, y  $Q_2 = (x_2, ax_2e^{-t_0})$  siendo  $x_1 < x_2 < x^*(t_0)$ , es decir, un punto sobre la curva de costos marginales, cuya abscisa se ubica entre la oferta del monopolista y el punto de mínimo costo marginal en  $t = t_0$ , la ecuación de esta recta que corresponde a la función de demanda inversa, será:

$$p(x, t_0) = \frac{-ax_1e^{-t_0}}{x_2 - x_1}(x - x_1) + ax_1e^{-t_0} + \frac{F}{x_1} \quad (12)$$

Se asume también que en  $t = t_0$  el mercado está en equilibrio, es decir que siendo el precio igual al costo medio, la oferta es igual a la demanda, lo que supone  $x = x_1$  y  $p_0 = p(x_1, t_0)$ . Enseguida, supóngase que la demanda se incrementa con la población que crece de acuerdo con la ley  $L(t)$ , y que siendo  $L(t_0) = L_0$ , es decir, que en el momento  $t = t_0$  la población es  $L_0$ .

Luego, asumiendo que la demanda, representada por la función  $d: R \rightarrow R$  crece linealmente con la población, se tendrá que:  $d(t) = k(L(t_0) + \Delta L(t))$ , siendo  $d(t_0) = kL(t_0) = x_1$ , mientras que  $\Delta L(t) = L(t) - L(t_0)$ .

Si la función de tecnología no cambia con el tiempo, aun en el caso de que inicialmente se dé la situación de que la demanda corte a las curvas de costo medio y marginal en:  $d(t_0) = x_1 < x_2 < x^*$ , con el transcurrir del tiempo, puede suceder que:  $x^* < d(t) < x_2(t)$ , entonces, el mercado dejará de corresponder a un monopolio natural. La situación ahora es tal que la demanda estará ubicada al lado derecho del punto de corte de las curvas de costo marginal y costo medio, situación en la cual el monopolio solamente se mantiene si se imponen leyes que garanticen su permanencia, con lo que deja de ser natural. No obstante, bajo el supuesto de mejora tecnológica, representada por  $e^{-t}$  en la función de costos considerada, el punto de corte de la curva de costos medios y la de costos marginales se desplaza hacia la derecha, de forma tal que en el instante  $t$  se verifica la desigualdad:  $x^*(t_0) < x^*(t)$ , lo que conduce a que la situación de monopolio natural sea sostenible en el tiempo. De esta forma, la mejora tecnológica perpetúa las condiciones que hacen que el monopolio sea natural, y consecuentemente se le observa como una forma óptima de producir. La amenaza permanente de entrantes o, en su ausencia, la oficina de regulación, harán que el precio se mantenga igual al costo medio, mientras esta situación sea sostenible; cuando deje de serlo, se estará ante un escenario donde la maximización del beneficio supone precios igual al costo marginal, lo que permitirá el ingreso de las potenciales entrantes.

La ley que rige la evolución tecnológica, considerada en este trabajo, logra que el monopolio natural sea sostenible en el tiempo, como tal, es decir, sin leyes de exclusividad de ningún tipo y bajo supuestos muy diversos de crecimiento poblacional; por ejemplo, cualquiera que verifique las propiedades indicadas en la sección 3, podrá observar a través de casos particulares, como: Accinelli y Brida (2006), en donde se considera la ecuación de Richards para el crecimiento, o en: Accinelli y Brida (2007b), que considera la ecuación de von Bertalanfy.

#### *4.2 El monopolio natural sustentable con cambio tecnológico endógeno*

Ahora bien, al integrar el cambio tecnológico inducido o de aprendizaje por ejecución, el que está representado por el producto acumulado en el pasado y que se incorpora a la producción a través de la función de costos, se tendrán como resultado algunas variaciones con respecto al caso exógeno.

Cuando se parte de la forma más general de cambio tecnológico inducido, según lo cual:  $T(x, t) = x^\beta e^{-\mu t}$ , al incorporarlo en la función de costos totales, de la misma forma que en el caso exógeno, se obtendrá:

$$c(x, t) = ax^2 x^\beta e^{-\mu t} + F$$

o

$$c(x, t) = ax^{2+\beta} e^{-\mu t} + F, \text{ con } \beta, \mu > 0 \quad (13)$$

Los costos medios serán:

$$\frac{c_t(x, t)}{x} = ax^{1+\beta} e^{-\mu t} + \frac{F}{x} \quad (14)$$

Y los costos marginales:

$$c' = a(2 + \beta)x^{1+\beta} e^{-\mu t} \quad (15)$$

Por lo que, el intervalo de cruce entre estos dos será:

$$\hat{x}^*(t) = \sqrt[2+\beta]{\frac{F}{a(1 + \beta)}} e^{\frac{\mu}{2+\beta}t} \quad (16)$$

Con lo obtenido en  $\hat{x}^*$ , se sabe que  $x^*$  es un caso particular del primero y que en la medida que se cumpla  $\beta > \mu - 2$ , la velocidad a la que los costos se eficientizan o bajan, será mayor.

#### 4.3 Un ejemplo numérico

Como se puede observar al comparar  $\hat{x}^*$  y  $x^*$ , cuando  $\beta = 0$ , estas se igualan, con lo que el factor tecnológico endógeno se reduce al caso exógeno. Ahora bien, analizando la situación particular en que  $\beta = \mu = 1$  con una función de costos cuadrática, como en el caso exógeno<sup>5</sup>, el caso endógeno resultará en una función de costos totales cúbica, de la que al calcular los costos medios y marginales e igualarlos, es posible arribar al punto de corte que indica el inicio de la parte creciente de los costos marginales:

---

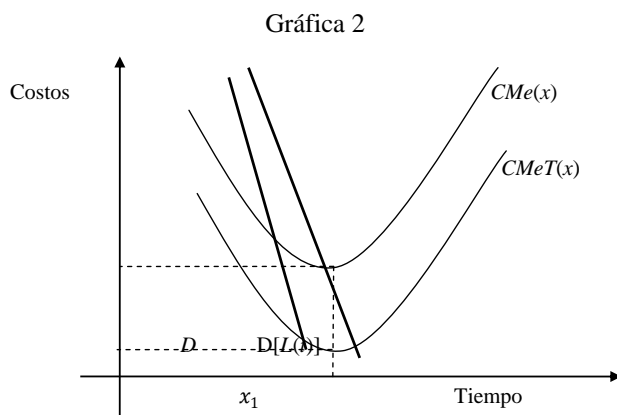
<sup>5</sup> Cabe mencionar que, cuando la función de costos variables es lineal o se cumple que  $\beta = -1$  y  $\mu = 1$ , los resultados que se obtendrán serán equiparables a los del caso del factor tecnológico exógeno.

$$\hat{x}^*(t) = \sqrt[3]{\frac{F}{2a}} e^{\frac{1}{3}t} \quad (17)$$

Al otorgar algunos valores numéricos a los parámetros de  $\hat{x}^*$  y  $x^*$ , para una función de costos cuadrática, por ejemplo:  $F=125$ ;  $a=5$ ;  $\beta=\mu=1$ ; para valores en el tiempo:  $t=1$ , se obtendrán los siguientes resultados:

Tabla 1

Tiempo	$x^*$	$\hat{x}^*$
$t_1$	8.24	3.24



Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la tabla 1 deben ser interpretados como los puntos mínimos de las curvas de costos medios en el tiempo 1. Una vez que la demanda se desplaza debido al crecimiento poblacional ( $D_2[L(t)]$ ), el costo medio de tecnología exógena ( $CMe(x)$ ) se queda del lado derecho de la curva de costos, permitiendo la posibilidad de entrada de empresas competidoras. Con la incorporación de la tecnología endógena, los costos medios ( $CMeT(x)$ ) se reducen y el punto mínimo regresa al área de sostenibilidad del monopolio.

Consecuente con lo anterior, en la medida que los monopolios naturales incorporan un factor tecnológico endógeno, estos obtendrán una mayor capacidad para innovar, la que se podrá traducir en mayores posibilidades para conservar su posición de privilegio<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Lo que es congruente con lo expresado por Gates (1996).

### **Conclusiones**

Las posibilidades de que un monopolio natural se mantenga como tal, aun en casos en los que la demanda, por efectos del crecimiento poblacional, se desplace, muestra la pertinencia de profundizar en la consideración de las circunstancias en las que promover la libre competencia y la libre entrada, es más beneficioso para el crecimiento económico y el bienestar, que la aplicación de medidas regulatorias *per se*. En estos casos, el crecimiento económico será resultado del cambio tecnológico y la innovación. En la teoría económica, el cambio tecnológico en general es asumido como un elemento que actúa en el largo plazo y es determinante de la mejora del bienestar social. En este trabajo, se asume la posibilidad de un cambio tecnológico que redunde en un aumento de la eficiencia, a corto o mediano plazo, que le permite al monopolio natural mantenerse como tal por un mayor tiempo, no obstante variaciones positivas de la demanda.

Cuando la firma logra sostenerse en tal mercado, a partir de la ventaja tecnológica, estará construyendo barreras eficientes y eficaces a la entrada del mercado en el sentido de Posner (1976), lo que supone que las trabas legales serán innecesarias para sostenerse como monopolio puro. Así, será probable que el intento por desarrollar la competencia en estas situaciones, redunde en ineficiencias y afectaciones al bienestar social, o en la desaparición de aquellos mercados incapaces de sostener la regla: precio igual a costo marginal (Bork, 1978).

Por lo tanto, se puede concluir que, un planificador central benevolente deberá analizar la estructura de mercado antes de introducir reglas de política económica, las que en casos de ramas en las que existen monopolios naturales sostenibles, deberán tender a desarrollar la competitividad al interior de esta, antes que la propia competencia, a fin de estimular el bienestar social.

Finalmente, cabe señalar que el análisis de una situación en la que es más conveniente producir con una firma que con más de una, generaliza el concepto de monopolio natural, pues no supone costos decrecientes a escala. En este sentido, tal como sucedió con el ejemplo que se introdujo en la sección 1, pueden citarse casos en los que aun a pesar de existir costos crecientes a escala, el costo de producir dentro de determinados límites es menor cuando se realiza con una firma que con más de una, lo que nuevamente alerta sobre el necesario cuidado con que el planificador benevolente deberá analizar los mercados monopolistas.

**Referencias**

- Accinelli, E. and G. Brida (2007a). "Population growth and the Solow-Swan model." *International Journal of Ecological Economics and Statistics*, 8 (S07), 54-63.
- \_\_\_\_\_ (2007b). "The Dynamics of the Ramsey Economic Growth Model with the von Bertalanffy Population Growth Law." *Applied Mathematical Sciences*, 1(1-4), 109-118.
- \_\_\_\_\_ (2006). "Re-formulation of the Ramsey model of optimal economic growth." *WSEAS Transactions on Mathematics*, 5(5), 473-479.
- Aghion, P. and R. Griffith (2005). *Competition and Growth: Reconciling theory and evidence*. London: MIT Press .
- \_\_\_\_\_ and P. Howitt (1992). "A model of Growth through Creative Destruction." *Econometrica* , 60(2), 323-351.
- Armentano, D. (1999). *Antitrust: the case for repeal*. Auburn: Cato Institute.
- Arrow, K. (1962). "The economic implications of learning by doing." *Review of economic studies*, 29(80), 155-173.
- Berg, S. (1988). *Natural monopoly regulation: Principles and Practice*. New York: Cambridge University Press.
- Berumen, S. (2006). "La cuestión del crecimiento económico desde el pensamiento evolucionista." *Panorama Socioeconómico*, 24(33), 86-95.
- Boisier, S. (2001). *Sociedad del conocimiento, conocimiento social y gestión territorial*. (paper).
- Boldrin, M. and D. Levine (2008). *Against intellectual monopoly*. New York: Cambridge University Press.
- Bork, R. H. (1978). *The antitrust paradox: A policy at war with itself*. New York: The Free Press.
- Castells, M. (2000). *La era de la información: economía, sociedad y cultura. Volumen I: La sociedad red*. Madrid: Alianza.
- Cimoli M. y M. Della Giusta (1998). "The Nature of Technological Change and Its Main Implications on National and Local Systems of Innovation." Working Papers ir98029, International Institute for Applied Systems Analysis.
- Gates, B. (1996). *Camino al futuro*. México: McGraw-Hill.
- Grossman, G. and E. Helpman (1993). *Innovation and Growth in the Global Economy*. London: MIT Press.
- Hotelling, H. (1938). "General welfare in relation to problems of taxation and railway and utility rates." *Econometrica*, 6(3), 242-269.



- Mosca, M. (2006). *On the origins of the concept of natural monopoly*. (Università di Lecce Department of Economics Working Paper No. 92/45) From SSRN: <http://ssrn.com/abstract=975461>
- OECD (2000). *The economy beyond the hype. The OECD growth project*. (Meeting of the OECD council at ministerial level), París, Francia.
- OECD (2001). *Science, technology and industry. Outlook 2000*, París: OECD Outlook.
- Posner, R. A. (1976). *Antitrust law: An economic perspective*. Chicago: The University of Chicago press.
- Ramanathan, R. (1982). *Lecture notes in economics and mathematical systems No 205: Introduction to the theory of economic growth*. New York: Springer-Verlag/Berlin Heidelberg.
- Ramsey F. P. (1928). "A mathematical theory of saving." *The Economic Journal*, 38(152), 543-559.
- Reksulak, M., F. Shughart and R. D. Tollison (2008). "Innovation and the opportunity cost of monopoly." *Managerial and Decision Economics*, 29(8), 619-627.
- Romer, P. (1998). "Endogenous Technological Change." *Journal of Political Economy*, 98(5), 71-102.
- Schumpeter, J. A. (1942). The Process of Creative Destruction. In Schumpeter, J. (Ed.), *Capitalism, Socialism and Democracy*, (cap. VII). New York: Harper-Collins.
- Segura, J. (1993). *Teoría de la economía industrial*. Madrid: Civitas.
- Solow, R. (1956). "A contribution to the theory of economic growth." *The Quarterly Journal of Economic*, 70(1), 65-94.
- Tirole, J. (1988). *The Theory of Industrial Organization*. Cambridge, MA/London: MIT Press.