

# Clínica de costos: efectos de congestión en rendimientos productivos\*

**José Luis Infante**

jinfante@ing.unlp.edu.ar

Profesor e investigador de la Universidad Nacional de La Plata  
Argentina

## Resumen

La competitividad industrial depende de los costos de producción y éstos de los rendimientos que aportan los factores involucrados a la función de producción. La literatura clásica indica que dichos factores al ser incrementados pueden producir mermas en los rendimientos cuestión que requiere especial atención. Nuevos estudios revelan que no necesariamente las variaciones en los factores productivos generan rendimientos marginales decrecientes siendo posible la activación de rendimientos marginales crecientes. Este trabajo observa bajo una visión clínica las causas que producen rendimientos decrecientes o crecientes, las analiza desde un marco teórico y ejemplifica con aplicaciones prácticas.

**Palabras clave:** Rendimientos Decrecientes, Congestión, Clínicas de Proyectos

## Abstract

Industrial competitiveness depends on production costs and these costs depend on the performance of the factors involved in the production function. Classic literature indicates that those factors can produce reductions in the performances when increased. This requires special attention. New studies show that no necessarily these variations in the productive factors produce decreasing

---

\* Artículo derivado de las reflexiones realizadas en la Línea de Investigación *Factores de estrés en la industria de la construcción* y de la Cátedra *Economía para ingenieros*, de la Universidad Nacional de La Plata.

Recibido: 5-12-2013 - Versión final aceptada: 20-12-2013

marginal performances, and that the activation of increasing marginal performances is possible. This paper studies the causes that produce decreasing or increasing performances under a clinic vision, and then they are analyzed from a theoretical frame and exemplified with practical implementations.

**Key words:** Decreasing Performance, Congestion, Clinic of Projects.

## **Motivación**

Desde David Ricardo [1815] en adelante, el mundo de la producción ha reconocido la existencia de rendimientos marginales decrecientes a escala. Sin embargo, avances científicos y tecnológicos posteriores han evidenciado efectos en rendimientos que podrían desafiar lo propuesto por Ricardo y tantos otros economistas posteriores. Sucede que, en la función productiva,<sup>1</sup> la inteligencia aplicada por el productor tiene un principio insoslayable que es aquel que busca la continua reducción de costos sin afectar la calidad del producto propuesta al mercado [Krajewski, 2002]. Luego, mecanismos de observación, sistémica o no, analizan las operaciones a los efectos de detectar fallas o, si se quiere, métodos más virtuosos, ya sea por economía de tiempos, menor propensión al error o a siniestros, etc., pero que de una manera u otra suponen la disminución eficiente de costos. Detectada la oportunidad de cambio, los procesos de ingeniería de valor, innovación en general, reingenierías, u otra sistémica de aplicación, permiten el diseño, dimensionado y estandarización de la nueva operación productiva para luego capacitar al personal interviniente a los efectos de su aplicación definitiva. Todas estas actividades, que implican incrementos de costos de gestión, se verán viabilizadas si los ahorros productivos son superiores en valor actual a los costos antedichos. De otro modo, los costos de relevamiento de información adicional a la genérica de control,

---

<sup>1</sup> Se establece función productiva para distinguir de correspondencia productiva. Esta diferencia terminológica hace referencia a la misma diferencia que existe en términos matemáticos pero con una fundamentación precisa. Recuérdese que una función matemática implica un valor de la imagen para cada valor del dominio, mientras que una correspondencia puede reconocer la existencia de más de uno de ellos. En términos productivos, se diferencia la función de la correspondencia en que la primera activa fenómenos de aseguramiento de la calidad.

los tiempos de gabinete, los procesos de estandarización y el diseño y aplicación de la capacitación, constituyen una verdadera inversión que debe ser rentable. No es de suponer que los costos de gestión del cambio<sup>2</sup> sean superiores a los ahorros que provoca ya que sería una medida ineficiente [Chiavenato, 2005]. Habiéndose dado cumplimiento a los procedimientos antedichos, será eficiente toda decisión de gestión de cambio para mejora en las operaciones productivas en la medida que el costo de gestión e implementación de la misma sea inferior al ahorro producido. En un extremo teórico, ello será cierto hasta la medida de agregación de costos donde el ahorro marginal es igual al costo marginal<sup>3</sup>. Si sucede lo antedicho, el diseño y dimensionado de la intervención supone un cambio tecnológico donde la esperanza cierta del administrador es que el rendimiento total de los factores productivos utilizados opere de tal forma que los costos disminuyan. La creencia de David Ricardo es que la búsqueda de mayor volumen de producción lleva al productor a afectar mayor cantidad de factores de producción siendo que, en algún estado marginal, los costos unitarios se incrementan. Obsérvese que si ello sucede a partir de un cambio productivo, la estimación ex ante de viabilidad donde los ahorros son superiores a los costos, puede transformarse *ex post* en inviabilidad. Esta patología proveniente de un fenómeno de falla informativa<sup>4</sup> es explicada por Ricardo indicando que en la inteligencia del productor se encuentra la suposición no fundada de que puede incrementar un factor de producción sin incrementar los otros necesarios para la mejora en el costo, y ello hasta puede encontrarse razonablemente justificado por experiencias similares donde se ha podido incrementar sólo un factor de producción para aumentar el volumen alcanzando costos inferiores. Por ejemplo, si fuera el caso que el proceso productivo depende de los factores de producción Tierra [T], Capital [K] y

---

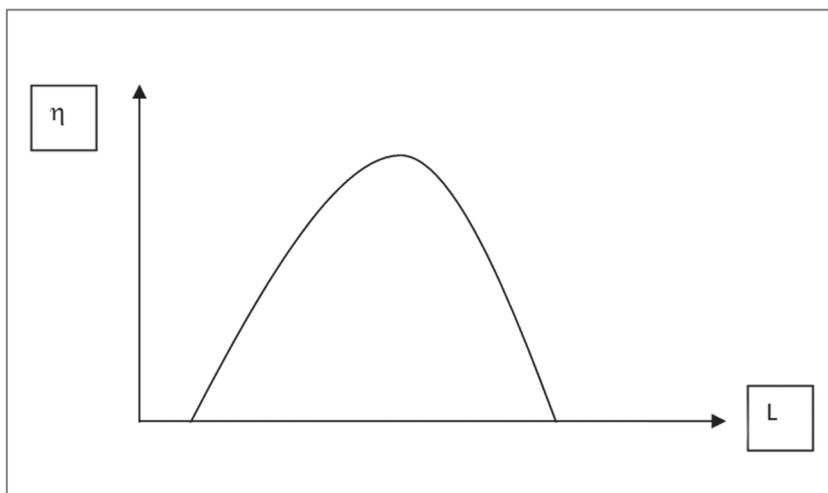
<sup>2</sup> Nombre que se utiliza a los efectos de explicar la motivación a los cambios industriales.

<sup>3</sup> Los costos de gestión e implementación suman los costos de observación de los procesos vigentes, los costos de análisis, los costos de capacitación y coach; mientras que los ahorros son los costos del proceso u operación productiva previa a la mejora menos los costos una vez aplicada la mejora y posterior al período de aprendizaje.

<sup>4</sup> Si no hubiese falla informativa, el productor no aplicaría la innovación o cambio en la operación productiva.

Trabajo [L], el rendimiento  $\eta$  proviene del cociente entre la cantidad producida y la cantidad de factores aplicados. La actividad propia de diseño y dimensionado ingenieril de procesos de producción implica siempre un estado económico donde los factores aplicados son los mínimos necesarios para la producción buscada. Claro que ello es cierto en etapa de diseño, gabinete, simulación, siendo que una vez realizado el start up y materializada la producción, efectos no advertidos por fallas informativas permiten detectar abundancias, o caídas tecnológicas sobreestimadas, cuya eficientización permite mejoras de costo<sup>5</sup>. Por dicha razón, es posible que sobredimensionamientos por problemas informativos permitan la absorción de algún factor de producción que se activa incrementalmente sin producir conflictos productivos y sobrecostos. En esta línea de análisis, y como es común encontrar en empresas, si el productor quisiese aumentar su volumen productivo a partir del incremento del factor L sin incrementar K y T el comportamiento podría ser (Gráfico 1)

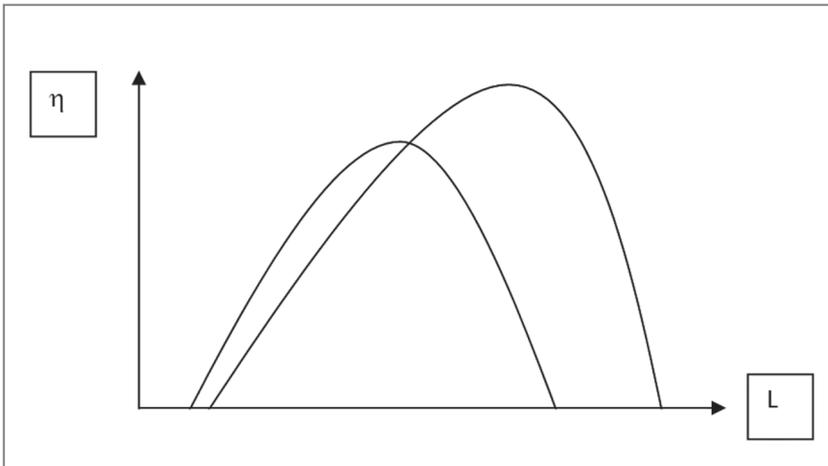
**Gráfica 1**



<sup>5</sup> Actividad ingenieril denominada ingeniería de valor.

Cómo se observa, existe una capacidad de absorción de L por parte de K y T que facilita mejores rendimientos, entonces, menores costos, hasta un punto donde dicha capacidad se agota. La intención en diseño siempre es que los factores aplicados sean en cantidad aquellos que operan el máximo rendimiento. Sin embargo, y como se ha dicho, problemas de información tienden a sobredimensionar disponibilidades que sólo son detectadas una vez materializada la producción. Los incrementos de un factor de producción pueden ser absorbidos por los otros factores sobredimensionados hasta un punto donde ello no es más posible. En este momento, la ingeniería de valor, o reingeniería en general, procura la mejora sucediendo un cambio tecnológico, en consecuencia un cambio en la curva, sucediendo algo similar a la gráfica 2.

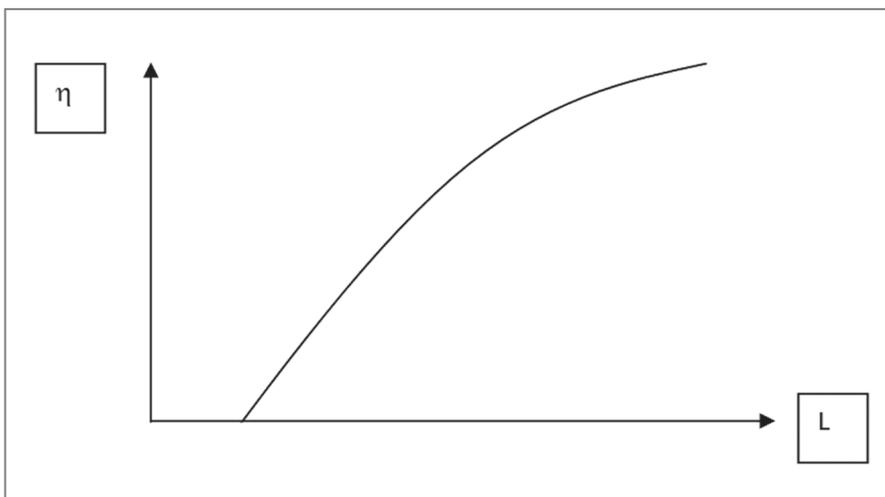
Gráfica 2



La modificación tecnológica implica un cambio de curva siendo que el óptimo alcanzado en la curva original no lo es en la curva siguiente permitiéndose una mayor absorción de L dados los cambios que han producido nuevos sobredimensionamientos. Sin embargo, siempre existe un volumen de L donde los rendimientos pueden empezar a caer y los costos subir.

Ahora bien, ¿podría existir algún arreglo productivo<sup>6</sup> que encuentre un comportamiento como el que se describe en la Gráfica 3.

**Gráfica 3**



David Ricardo no lo detecta, pero los cambios tecnológicos y los avances académicos y de investigación con afectación al mundo productivo dicen que sí denominando al fenómeno Rendimientos Marginales Crecientes [Romer, 1987]. Obsérvese con detenimiento que las gráficas 1, 2 presentan un mismo tipo de fenómeno productivo con una mejora proveniente de un cambio tecnológico, pero siempre con la suposición de que mayores incrementos de un factor de producción, a constancia de los demás, auguran costos crecientes. La gráfica 3 es claramente distinta, no permite suponer que en algún momento el incremento de un factor de producción a constancia de los demás producen costos crecientes. De otra manera, en la primer tecnología [gráficas 1 y 2], es de esperar que se produzcan costos crecientes. Ello no sucede en la

<sup>6</sup> Asignaciones de K, L y T a operaciones productivas a los efectos de obtener una función productiva.

gráfica 3. Porqué ello puede suceder y qué factores técnicos lo explican trata el presente trabajo.

## **Ordenamiento del trabajo**

En primer lugar de realizará una presentación temática donde se desarrollan los factores intuitivos que llevan a la conjetura en análisis y la hipótesis de comportamiento que se pretende evidenciar. Paso siguiente se realizará el análisis de los antecedentes y conocimientos que existen sobre la temática a tratar detallando los factores inherentes a dichos trabajos que proveen un relevante aporte a esta labor. A continuación se procederá con la formulación de los modelos de comportamiento que reflejan el problema propuesto con la finalidad de individualizar y evidenciar los estados de las variables explicativas que validen o no la hipótesis de trabajo. Luego, y a los efectos de que se cuente con evidencias empíricas en relación con los estados reconocidos, se ensaya el cálculo de costos para un determinado tipo de producto pero con diferentes tecnologías de proceso con la finalidad de reproducir en la práctica los hallazgos teóricos provenientes de los modelos formulados. Subyace en este trabajo la suposición de que si un fenómeno es reproducido y evidenciado en su comportamiento en casos concretos, su existencia es real y puede ser objeto de análisis y de permanencia en otros procesos de producción.

## **Introducción temática**

La lógica competitiva indica que los administradores de la producción deben ser observantes de las tecnologías que aplican toda vez que las mismas implican un nivel de costo directo e indirecto como costo total el que, sumado a los impuestos y beneficios industriales, determinan el pricing o precio teórico con el que la empresa ofertará en el mercado. Bajo este punto de vista, si el precio alcanzado es superior al precio competitivo, las posibilidades de venta disminuirían, situación estratégicamente no conveniente. Es en este punto donde el mencionado administrador entenderá que su función productiva requiere un nivel de costos que el mercado no convalida, con lo que deberá producir revisiones, reingenierías, innovaciones, es decir, cambios en las

tecnologías de proceso y/u operaciones que permitan materializar la tecnología del producto asociada al producto imaginario competitivo del mercado a un nivel de costo cuyo precio relacionado se encuentre en el rango del precio competitivo del mercado.

Toda función de producción implica predeterminar las tecnologías de aplicación. Aquellas asociadas al proceso y operaciones requieren el abastecimiento de factores de producción, entre ellos, las personas, de ahora en más hH [horas Hombre], y los equipos y máquinas, de ahora en más hE [horas Equipo]. Diferentes tecnologías de procesos y operaciones permiten materializar razonablemente una misma tecnología de producto, por ejemplo, una silla que requiere una estructura metálica y asientos de madera será indistinta en sus funciones si el proceso de producción primero materializa la estructura metálica o los respaldos de madera [Solanas, 1992; Jacobs, 2000; Kajewski, 2002]. Con ello, la selección tecnológica no es un tema menor y no responde sólo a una disponibilidad en el mercado para su adquisición o implementación sino que, adicionalmente, debe aportar factores competitivos los cuáles no son otros que materializar un costo de producción cuyo precio dependiente no supere al del mercado. Es en esta línea de pensamiento que el comportamiento de los factores de producción en relación con el rendimiento es relevante. Como ya se ha comentado, desde los tiempos de David Ricardo, y por mérito del mencionado economista, es sabido con validación práctica que la necesidad de incrementar el nivel productivo de una función de producción con tecnologías aplicadas e invariantes, requiere el uso de un nivel creciente de factores de producción pudiendo tal acto producir incrementos de costos por baja en los rendimientos de los factores involucrados [Ricardo, 1815]. Este efecto, denominado Rendimientos Marginales Decrecientes, produce Costos Crecientes a escala, en consecuencia, debe ser observado por el administrador de la producción para su minimización o anulación. En mérito a las explicaciones que a lo largo de los tiempos se han ensayado para identificar factores patógenos que devienen en la disminución de los rendimientos, la mayoría de éstas fundamentan dicho comportamiento en la capacidad individual del factor productivo que se agrega con más el contexto condicionante donde deberá realizar su labor. Por ejemplo, si sucediese que en un determinado terreno se debe incrementar las hH

con nuevo personal, es claro que la asignación eficiente indica que las nuevas personas que se agregan tienen un nivel de rendimiento individual inferior o igual al de aquellos que están trabajando. Ello es así toda vez que es de suponer que las primeras personas que se afectan son las de superior capacidad productiva, quedando fuera las menos productivas a no ser que su afectación sea imprescindible. Sin embargo, y suponiendo que todas las personas, aquellas ya afectadas y las no afectadas, tienen igual nivel de capacitación y productividad, las nuevas agregadas lo harán en un espacio de labor menor que las anteriores dado que sólo se incrementa las hH y no los espacios disponibles. Con ello, es de esperar que los rendimientos disminuyan. Análisis como el expuesto resulta de procedimientos técnicos denominados estudios clínicos, en este caso, sobre costos. Las clínicas resultan ampliamente favorables para la detección de factores patógenos que pueden incidir en efectos no buscados [Infante, 2012]. En el caso que trata este trabajo, los análisis se realizan sobre costos y por ello la clínica es de costos. En los ejemplos mencionados, existen efectos clínicos distintivos, una suerte de congestión que aplica sobre los rendimientos. Los factores de producción no pueden desarrollar su máxima capacidad, o la disponibilidad de éstos no opera con productividad, siendo que en uno y otro caso se observaría un efecto de congestión. Claro que la congestión no siempre está presente o, estándolo, sus efectos son subsidiados o minimizados por otros factores de producción. Ello puede observarse cuando el incremento de producción depende de hE incrementales. Volviendo a las explicaciones desarrolladas en el apartado sobre motivación del trabajo, y los gráficos 1, 2 y 3, se ha fundamentado que el diseñador de la tecnología aplica sus conocimientos y los servicios que pueden asistir los software de aplicación a establecer la mínima necesidad de factores de producción que pueden proveer un determinado nivel de volumen de productos al mercado. Es buena práctica profesional que el contexto requerido sea el económico. Sin embargo, factores provenientes a fallas informativas llevan al diseñador a adoptar coeficientes de seguridad y algunos estados sobredimensionados de las variables que explican los aportes de los factores de producción al proceso productivo. Es común que otros factores adicionales provoquen ineficiencias sin que el diseñador tecnológico pueda hacer algo al respecto. Este fenómeno es muy claro y concreto en la disponibilidad de las tecnologías equipo intensi-

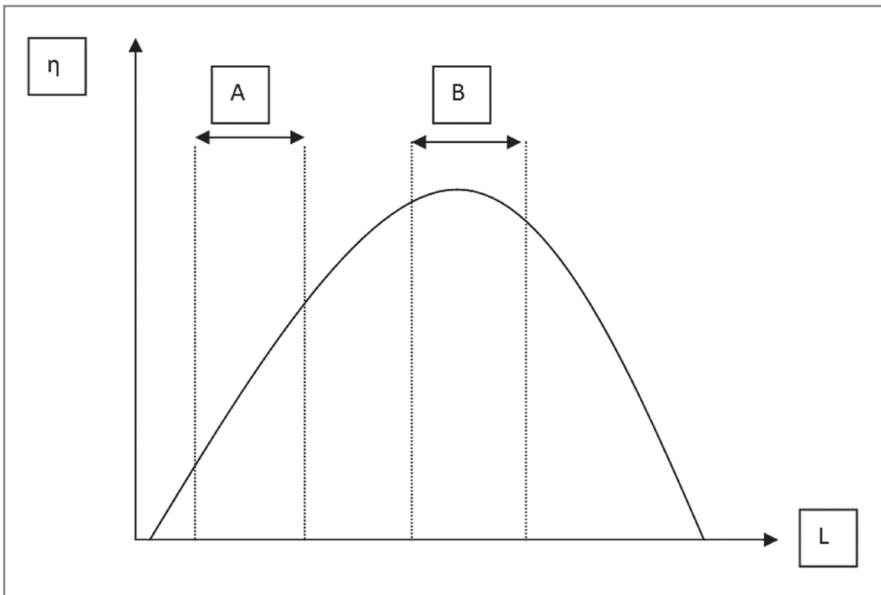
vas y también en los espacios disponibles toda vez que es de suponer que la firma querrá expandir su llegada al mercado incrementando su volumen de producción. La disponibilidad de dicho equipamiento y los espacios en plantas industriales responden a procesos de inversión cuyo retorno es provocado en un plazo de vida económica de dicha tecnología<sup>7</sup>. Ahora bien, dichas tecnologías al ser diseñadas para comportamientos futuros, normalmente se encuentran moduladas en su activación o subocupadas. Por su parte, la aplicación de mano de obra responde a otro tipo de inversión, la que se denomina capital de trabajo, la cual se financia con el giro de la empresa y tiene la inmediatez de la necesidad, siempre en la medida en que dicha mano de obra se encuentre con capacidades productivas. Por tanto, el incremento del factor  $L$  es claramente más rápido que el incremento de  $K$  y/o  $T$ , y por ello es normalmente el factor que permite los ajustes en eficiencia. En los inicios de los procesos, las tecnologías entonces podrán absorber sin mayor problema crecientes cantidades de  $L$ , que en la aplicación que se está haciendo en este trabajo, sería  $hH$ . Con lo expuesto, la palabra absorber implica que el incremento de  $hH$  podrá ser abastecido por los sobredimensionamientos que normalmente tienen las tecnologías equipo intensivas [ $K$ ] y los espacios en las plantas industriales [ $T$ ], hasta una instancia donde dichas tecnologías comienzan a no contar con puestos de trabajo adicionales, ventanas de atención, o simplemente se suple el mantenimiento o se canibalizan los equipamientos a los efectos de asistir a los sucesivos incrementos de  $hH$ . Esta realidad permite explicar el estado de congestión, más allá del diferencial de capacitación de las personas que se agregan en  $hH$  a las labores productivas. En definitiva, si no media una innovación tecnológica o una ampliación que permita disponer de  $\Delta hE > 0$ , la congestión se hará presente produciendo mermas o desaceleración del rendimiento, cuestión conocida como Rendimientos Marginales Decrecientes. Este tipo de argumentación es lo que lleva a que los gráficos 1 y 2 muestren un pico máximo de rendimiento denominado crisis para luego decrecer. Ahora bien, si estos

---

<sup>7</sup> La vida económica es igual o menor a la vida útil siendo el factor que la diferencia la desventaja competitiva que sufre la tecnología por la existencia en el mercado de otras más eficientes, por una parte; o decisiones empresariales para novación de negocios que requiere la desinversión, por otra.

argumentos suceden en las funciones de producción, ¿cómo podría explicarse el gráfico 3? Ocurre en estos casos que la intervención del factor  $hH$  no es relevante y la capacidad de producción es muy alta para el volumen de producción que se entrega al mercado. Obsérvese caso explícito en el Gráfico 4.

Gráfica 4



Si la tecnología de aplicación para el producto propuesto al mercado al volumen que dicho mercado absorbe tiene un comportamiento como el caso “A”, los efectos de congestión no se verán evidenciados. Mientras que si fuese el caso “B”, la congestión actuaría y el fenómeno sería de rendimientos decrecientes. ¿Qué cambia en un caso o el otro? El diseño tecnológico conocido para el producto demandado requiere un volumen de producción muy superior al que el mercado demanda, en consecuencia, el incremento de los factores de producción congestionantes no producen efectos de congestión. Si fuese el caso que el mercado se amplía geométricamente, una tecnología bajo rendimientos

marginales crecientes podría transformarse en una tecnología que opere con rendimientos decrecientes. Lo que diferencia uno de otro caso es la capacidad de absorción del factor de producción incremental en consonancia con el incremento del volumen de producción que se lleva al mercado.

A continuación se realizará un detalle de los antecedentes y arte del conocimiento, luego se formalizará el problema en estudio para luego ejemplificar con un caso en una función de producción de productos alimenticios.

### **Antecedentes técnicos**

La problemática asociada a los rendimientos marginales tiene abundante literatura. Ha sido estudiada por la mayoría de los economistas más reconocidos y sigue hoy en día manteniendo una controversia ineludible, ésta es, la naturaleza de los rendimientos productivos. La historia reconoce en David Ricardo el primero en tratar el problema cuando estudiaba los rendimientos del sector primario. Su trabajo puede encontrarse en múltiples estudios científicos y manuales de economía recomendándose mayormente Ricardo [1815]. En ese trabajo, como ya se ha mencionado, los rendimientos marginales son decrecientes por efectos del incremento del factor trabajo en espacios geográficos limitados. Este tipo de análisis fue tomado prácticamente sin discusión por parte de la visión clásica y neoclásica de la economía. Desde este análisis, la literatura marginalista desde León Walras en [Walras, 1896] con sus equilibrios económicos generales, y Alfred Marshall en ([Marshall, 1931], con sus equilibrios económicos parciales, reconocen que los productores ofrecen sus productos a precios relacionados con los costos que dependen de tecnologías conocidas pero bajo rendimientos marginal constante o decreciente, siendo que los costos podrían ser crecientes ante cambios en las tecnologías, spillover, u otros aspectos similares. Este tipo de análisis puede encontrarse en Solow [1970], Lucas [1988].

El paso del tiempo y el conocimiento tecnológico pudo haber producido en una gama de economistas un viraje marcado en las razones que fundamentan el crecimiento en las empresas manifestando que existen factores endógenos, y no necesariamente exógenos como lo

reconocían los neoclásicos, para dicha virtud. Es relevante a los fines de este trabajo, que el crecimiento endógeno variadas veces proviene de funciones de producción donde operan los rendimientos marginales crecientes. Así, desde la idea inicial de Schumpeter [1942] y la destrucción creativa, el conocimiento obtiene arreglos en la función de producción que permite mejores rendimientos. Eso es observado por diferentes economistas, entre los que debe citarse a Sraffa [1926], Romer [1986, 1997, 1990], Young [2009], pudiendo leerse un interesante estado comparativo en [Curie, 2013].

Es claro que los avances de los mercados y los crecientes poderes de mercado que adoptan las empresas, facilitan inversiones de capital intensivas que llevan al incremento de las hE en las funciones de producción con conocimientos no comoditizables facilitando entonces que los costos puedan disminuir a escala creciente de producción. Es en este punto donde interesa introducir un factor clínico explicativo del comportamiento de los rendimientos denominado congestión. Dicho término, cuyo significado refiere a obstrucción por aglomeración, lleva a pensar que la acumulación no racional de un factor de producción puede producir mermas en la capacidad productiva. La acumulación mencionada no será racional cuando el factor de producción incrementado no cuenta con el auxilio de los otros factores de producción cuyo servicio es necesario para el nivel de producción buscado. El término congestión se encuentra relacionado con la calificación de bienes económicos puros y no puros. Sucede que los bienes son impuros cuando existe rivalidad en su consumo [Stiglitz, 2000] y ello sucede por efectos de congestión, por ejemplo, una autovía. Un análisis sobre los efectos económicos en una sociedad que produce la congestión puede encontrarse en el trabajo de Eicher y Turnovsky [2000]. La congestión ha sido factor de continuo estudio en el tránsito de vehículos y personas [Majocchi y Zatti, 2008] siendo el impulsor de este tipo de análisis W. Vickrey en Vickrey [1992]. Un modelado matemático para el análisis de la congestión puede encontrarse en Porto [2003].

El trabajo que a continuación se presenta da una aplicación diferente al concepto de congestión procurando fundamentar que los rendimientos marginales decrecientes en las funciones de producción se activan ante presencia de agentes congestionantes.

## **Clínica de costos y factor de congestión**

Sea  $\eta$  el rendimiento productivo,  $q$  la cantidad producida,  $r$  la cantidad de recursos aplicados a la producción de  $q$  y  $\alpha$  el parámetro de congestión.

La expresión matemática del rendimiento será:

$$\eta = \frac{q}{\alpha r} \quad (1)$$

Cuánto más recursos se apliquen para la producción del nivel deseado, el rendimiento será más bajo. El factor de congestión impacta quitándole capacidad productiva a los recursos. Frente a este tipo de problemas, sólo una mejora tecnológica permite incrementar el rendimiento por el uso de mecanismos no congestionables.

Sea  $B$  el beneficio empresarial y  $p$  el precio de venta del producto en un marco competitivo con poder de mercado no abusivo<sup>8</sup>. Siendo que  $p=p(q)$ , el rendimiento productivo también lo será tal que  $\eta=\eta(q)$  y el parámetro de congestión, al activarse en función de los recursos utilizados cumplirá que  $\alpha=\alpha(r)$ .

Los comportamientos en tendencia serán  $\frac{\partial p}{\partial q} < 0$ , y  $\frac{d\alpha}{dr} > 0$ .

En términos matemáticos, el productor deberá elegir el nivel de producción  $q$  que maximiza el beneficio. Si los recursos  $r$  tienen un precio  $p_r$  el costo de producción vendrá dado por  $p_r r$ . Luego el beneficio será:

$$B=pq-p_r r \quad (2)$$

De la expresión (1) resulta que:

$$r = \frac{q}{\alpha \eta} \quad (3)$$

---

<sup>8</sup> Competencia imperfecta.

Reemplazando en (2) resulta que:

$$B = pq - p_r \frac{q}{\alpha\eta} \quad (4)$$

Para elegir el punto de producción de máximo beneficio, se procede aplicando las condiciones de primer orden para la obtención del punto interno crítico. Si bien matemáticamente podrá suponerse que el nivel  $q$  que resulta de las aplicaciones de primer orden será máximo si las condiciones de segundo orden ofrecen valores negativos, dicho paso será evitado toda vez que la expresión en términos matemáticos refleja una condición económica donde el productor nunca opta en sus actividades por un mínimo de ganancias. Es absolutamente lógico que las magnitudes aplicadas resulten de previas acciones empresariales que llevan la discusión a un máximo, nunca un mínimo. Con lo expuesto, se supondrá validadas las condiciones de segundo orden.

Aplicando ahora sí las condiciones de primer orden se obtiene:

$$\frac{\partial B}{\partial q} = 0 = \frac{dp}{dq} q + p - \frac{p_r}{\alpha\eta^2} \left( \left( \frac{1}{\eta} \right) - \frac{\partial \eta}{\partial q} q \right) \quad (5)$$

Operando algebraicamente se llega sencillamente a:

$$\frac{\partial \eta}{\partial q} = \frac{\eta}{q} - \frac{\alpha\eta^2}{p_r} \left( \left( \frac{p}{q} \right) - \frac{\partial p}{\partial q} \right) \quad (6)$$

Con esta última expresión puede observarse el comportamiento del parámetro de congestión frente a fenómenos productivos de rendimientos decrecientes y crecientes. Suponiendo que los rendimientos marginales son decrecientes sucede que:

$$\frac{\partial \eta}{\partial q} < 0$$

En consecuencia:

$$\alpha > p_r / (p - q \frac{\partial p}{\partial q}) \quad (7)$$

Mientras que si:

$$\frac{\partial \eta}{\partial q} > 0$$

Sucede que:

$$\alpha < p_r / (p - q \frac{\partial p}{\partial q}) \quad (8)$$

Las expresiones (7) y (8) claramente reflejan que los procesos productivos que pueden alcanzar rendimientos marginales crecientes requerirán tecnologías eficientes de baja congestión. Por su parte, cuanto más congestión sufra una tecnología, mayores efectos de rendimientos decrecientes sufrirá.

## **Modelización de efectos de congestión en recursos laborales**

Supóngase una tecnología mano de obra intensiva. Los rendimientos dependerán mayormente de la capacidad y cantidad de mano de obra aplicada para un límite productivo. Partiendo de un nivel de producción donde la mano de obra disponible alcanza su mejor comportamiento productivo, la intención de incrementar la producción adicionando disponibilidad de mano de obra genera rendimientos marginales decrecientes. Una explicación a dicho comportamiento puede obtenerse a partir de observar el funcionamiento de la elasticidad del recurso aplicado. A los efectos de formalizar lo expuesto y encontrar una fundamentación al caso tratado supóngase que una función de producción depende de recursos de mano de obra  $L$  y de capital  $K$ . Si “ $b$ ” y “ $a$ ” son las elasticidades de los factores de producción mencionados resulta entonces que:

$$q = L^b K^a \quad (9)$$

Dado que se ha supuesto que la tecnología aplicada es mano de obra intensiva, los incrementos  $\Delta q$  dependerán de  $\Delta L$  más que  $\Delta K$ . Por lo expuesto, y a los efectos de distinguir comportamientos es que se supone que  $K^a$  actúa en forma paramétrica, es decir, invariante, cuestión que se refleja bajo el símbolo  $\alpha$ . Con ello, la función de producción queda expresada bajo la forma:

$$q = \alpha L^b \quad (10)$$

Con ello, el rendimiento podrá ser definido bajo la forma:

$$\eta = q/L$$

Reemplazando resulta:

$$\eta = \alpha L^b/L = \alpha L^{b-1}$$

La sospecha técnica es que el factor “b” varía dependiendo de la cantidad de mano de obra aplicada para un nivel de producción “q”. Ello indica que:

$$b = b(q)$$

Si se pretende evaluar el rendimiento marginal, la expresión sería:

$$\frac{\partial \eta}{\partial q} = \alpha(b-1)L^{(b-2)} \frac{\partial b}{\partial q} \quad (11)$$

Si los rendimientos marginales son decrecientes resulta entonces que:

$$\alpha(b-1)L^{(b-2)} \frac{\partial b}{\partial q} < 0 \quad (12)$$

Siendo que  $b$  es la elasticidad, debiera suceder que el diseño productivo implica una inteligencia aplicada a las operaciones de tal suerte que  $b > 1$ . En consecuencia, solo será posible que se cumpla un efecto de rendimiento marginal decreciente si:  $\frac{\partial b}{\partial q} > 0$

Si sucede que “ $b$  decrece” a medida que más producción es requerida, sólo ello es viable si los factores de producción sufren “congestión”.

Con lo expuesto, podría preguntarse entonces qué es lo que puede impedir la congestión. Yendo a la expresión (9), una innovación tecnológica que suple parte del factor  $L$  por el factor  $K$  ya no puede suponer que  $\alpha = K^a$ . En consecuencia, la función del rendimiento dependerá tanto de  $K$  como  $L$ . En ese caso, y a los efectos de poder obtener una medida práctica del rendimiento, puede cambiarse levemente la expresión  $\eta = q/L$  por una que logre compatibilizar la dimensiones tanto de  $L$  como de  $K$  llevando dichas magnitudes a su expresión en pesos. Para ello, se pueden monetizar las cantidades considerando el nivel de ventas “ $pq$ ”, mientras que la monetización de los recursos vendría dada por  $K+sL$  donde “ $s$ ” sería el nivel salarial. En consecuencia resulta que:

$$\eta = pq / (K + sL) \quad (13)$$

Reemplazando “ $q$ ” en función de la expresión (9) resulta:

$$\eta = p(L^b K^a) / (K + sL)$$

Nuevamente se supone que  $b = b(q)$  pero también  $a = a(q)$ , en consecuencia:

$$\frac{\partial \eta}{\partial q} = \left( \frac{p}{K + sL} \right) \left( a K^{a-1} L^b \frac{\partial a}{\partial q} + b K^a L^{b-1} \frac{\partial b}{\partial q} \right)$$

Realizando factorios y operaciones algebraicas pertinentes se llega a la expresión final:

$$\frac{\partial \eta}{\partial q} = \eta \left( \frac{a}{K} \frac{\partial a}{\partial q} + \frac{b}{L} \frac{\partial b}{\partial q} \right) \quad (14)$$

En la expresión “14” puede observarse que, independientemente de que  $\frac{\partial b}{\partial q} < 0$ , puede suceder que  $\frac{\partial \eta}{\partial q} > 0$  si la congestión no opera en el factor de producción capital. Supóngase que exista congestión en la mano de obra, sucederá que el sistema funcionará bajo rendimientos marginales crecientes si en términos de valor absoluto:

$$\frac{a}{K} \frac{\partial a}{\partial q} > \frac{b}{L} \frac{\partial b}{\partial q}$$

Luego:

$$\frac{\partial a}{\partial q} / \frac{\partial b}{\partial q} > \frac{Kb}{aL}$$

Y ello sucede en toda tecnología equipo intensivo ya que las elasticidades de la mano de obra son bajas y la potencia productiva del factor capital es alta. Se observa este tipo de fenómenos en los juegos de consola, servicios de ferrocarril, y otros donde el capital tiene alta influencia.

### Ejemplo de aplicación

Supóngase una empresa que produce alfajores. Observa que los costos suben a escala y pretende encontrar razones dado que ello le quita competitividad. Dichas razones se podrán encontrar a partir de una clínica de costos que los evidencie. Hoy en día, su proceso productivo se realiza a partir de la labor de un cocinero oficial y ayudantes que colocan sobre tapas compradas el dulce, luego empaqueta y embalan para su entrega en el punto de consumo final por medio de un flete. Los costos de producción resultan del producto de los estándares de producción de la matriz insumo producto por el precio del insumo. Los precios de los insumos resultan a partir de los contratos establecidos con los proveedores, los costos de la mano de obra dependen de los contratos gremiales y los costos de los bienes de capital y uso dependen de los costos operativos que suman amortización e interés, reparaciones y seguros.

La fábrica pretende entregar por cada provisión 200 paquetes de alfajores a consumo final pero entiende que puede extenderla a 240 paquetes por entrega ya que, de acuerdo con la información del mercado que recibe, la demanda lo absorbería. El cuadro 1 detalla la matriz de estándares y costos unitarios.

**Cuadro 1: Matriz Insumo Producto y Costos Unitarios**

Insumos		Estandar		Precio		Costo Unitario por Factor	
		Cantidad	Dimensión	Cantidad	Dimensión	Cantidad	Dimensión
Insumos	Tapas Maizena	12,80	Tapas/paquete	0,12	\$/tapa	1,52	\$/paquete
	Dulce	36,00	grs/paquete	0,02	\$/gramo	0,57	\$/paquete
	Coco	18,00	grs/paquete	0,02	\$/gramo	0,28	\$/paquete
	Bandeja Plástico	1,01	bandeja/paquete	0,12	\$/bandeja	0,12	\$/paquete
	Bolsa Envoltorio	1,10	Bolsa/paquete	0,01	\$/bolsa	0,01	\$/paquete
	Empaque	0,10	empaque/paquete	3,48	\$/empaque	0,35	\$/paquete
Mano de Obra	Trabajadores (2)	1/18	hora/paquete	270,00	\$/hora	15,00	\$/paquete
	Trabajadores (1)	1/16	hora/paquete	210,00	\$/hora	13,13	\$/paquete
Equipamiento	Mesa	1/16	hora/paquete	0,43	\$/hora	0,03	\$/paquete
	Mangas Cocinero	1/8	hora/paquete	0,02	\$/hora	0,00	\$/paquete
	Sellador	1/16	hora/paquete	0,95	\$/hora	0,06	\$/paquete
	Utensillos	1/8	hora/paquete	0,02	\$/hora	0,00	\$/paquete
Limpieza	Artículos	1,00	Global	0,75	\$/paquete	0,75	\$/paquete
Planta	Zona Laboral	1/16	hora/paquete	10,00	\$/hora	0,63	\$/paquete
	Coordinación	-	hora/paquete	6,67	\$/hora	-	\$/paquete
	Depósito	1/16	hora/paquete	8,33	\$/hora	0,52	\$/paquete
Flete				39,5	\$/		

Fuente: Elaboración Propia

La mano de obra se divide en Trabajadores (1) y (2) ya que el cálculo implica la situación (1) que refleja una producción de 200 paquetes y la situación (2) que refleja una producción de 240 paquetes. Difiere uno de otro ya que para la producción cíclica de 200 paquetes un oficial confitero es auxiliado por dos ayudantes mientras que para 240 requiere tres ayudantes. El cuadro 2 detalla los costos de operación para los bienes de capital y uso.

Con los costos ya calculados, la tabla del cuadro 3 expone los costos directos e indirectos para la producción de 200 y 240 paquetes. Asumiendo un nivel de beneficio, un nivel de impuestos indirectos y un precio de mercado, los cuales se detallan en el cuadro, se calcula el factor “b” que refleja la elasticidad de las hH aplicadas en cada caso<sup>9</sup> y el rendimiento.

<sup>9</sup> Para el cálculo de las elasticidades se considera un rango de producción inferior al volumen de cálculo y se calibra la expresión de la función de producción por medio de logaritmos naturales.

**Cuadro 2: Costos del Equipamiento**

Tipo		Requerimiento	Costo Equipo		Vida útil/económica		Amortización	
Denominación	Dimensión	cantidad	Dimensión precio	Valor	Dimensión	Valor	Dimensión	Valor
Mesa	unidades	1	\$	1.500	hs	20.000	\$/hora	0,075
Mangas Cocinero	unidades	1	\$	40	hs	6.000	\$/hora	0,007
Utensillos	unidades	1	\$	75	hs	20.000	\$/hora	0,004
Selladora	unidades	1	\$	2.500	hs	10.000	\$/hora	0,250
Maquinaria	unidades	1	\$	85.000	hs	10.000	\$/hora	8,500

Intereses				Respuestos,		Costo Operativo	
Dimensi	Años	Horas/a	Valor	Dimens	Valor	Dimen	Valor
\$/hora	10	2.000	0,153	\$/hora	0,203	\$/hora	<b>0,430</b>
\$/hora	2	3.000	0,004	\$/hora	0,007	\$/hora	<b>0,018</b>
\$/hora	10	2.000	0,008	\$/hora	0,010	\$/hora	<b>0,022</b>
\$/hora	5	2.000	0,278	\$/hora	0,425	\$/hora	<b>0,953</b>
\$/hora	5	2.000	9,435	\$/hora	14,450	\$/hora	<b>32,385</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar con claridad que la necesidad de incrementar el volumen de producción de 200 paquetes por ciclo a 240 paquetes implica un incremento del costo unitario de 18,16\$ a 20,00\$, por tanto la necesidad de validar en el mercado un incremento de precios de 26,91\$ a 29,64\$ redondeados en 27,00\$ para el caso 1 y 30,00\$ para el caso 2. De buscar razones claramente se observa la relevante incidencia de los costos de hH que se refleja en una caída de “b” para un incremento de producción cómo bien lo reflejaba el estudio teórico formal en la expresión (12). En consecuencia, el rendimiento marginal será decreciente cuestión que valida la estimación de costos toda vez que el rendimiento productivo pasa de un nivel de 1,88 a 1,66.

Si los rendimientos marginales son decrecientes, y la clínica de costos observa que ello se debe al impacto de las hH, podría observarse qué

sucede si se materializa un cambio tecnológico de procesos sustituyendo hH por hE. Ello se observa en el cuadro 4. En este caso, se ha sustituido las hH por una máquina que produce alfajores que requiere sólo el auxilio para set up y control de un asistente.

**Cuadro 3: Cálculo del Costo de Producción, Pricing, Elasticidad de hH y Rendimiento**

		Costo (1)	Costo (2)
		200	240
Insumos	Tapas Maizena	303,36	364,03
	Dulce	113,76	136,51
	Coco	56,88	68,26
	Bandeja Plástico	23,94	28,72
	Bolsa Envoltorio	1,74	2,09
	Empaque	69,52	83,42
Mano de Obra	Trabajadores (2)		3.600,00
	Trabajadores (1)	2.625,00	
Equipamiento	Mesa	5,38	6,45
	Mangas Cocinero	0,44	0,53
	Sellador	11,91	14,29
	Utensillos	0,54	0,65
Limpieza	Artículos	150,00	180,00
Planta	Zona Laboral	125,00	150,00
	Coordinación	-	-
	Depósito	104,17	125,00
Flete		39,50	39,50
<b>Costo Unitario</b>		<b>18,16</b>	<b>20,00</b>
Precio	27\$ (caso 1), 30\$(caso 2)	26,91	29,64
L		2.625,00	3.600,00
K		247,43	296,92
<b>b(L)</b>		<b>1,31</b>	<b>1,28</b>
<b>rendimiento</b>		<b>1,88</b>	<b>1,66</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro 4: Cálculo del Costo de Producción, Pricing,  
Elasticidad de hH y Rendimiento**

		Estandar		Precio		Costo Unitario por Factor		Costo (1)	Costo (2)
		Cantidad	Dimensión	Cantidad	Dimensión	Cantidad	Dimensión	200	240
Insumos	Tapas Maizena	12,80	Tapas/paquete	0,12	\$/tapa	1,52	\$/paquete	303,36	364,03
	Dulce	36,00	grs/paquete	0,02	\$/gramo	0,57	\$/paquete	113,76	136,51
	Coco	18,00	grs/paquete	0,02	\$/gramo	0,28	\$/paquete	56,88	68,26
	Bandeja Plástico	1,01	bandeja/paquete	0,12	\$/bandeja	0,12	\$/paquete	23,94	28,72
	Bolsa Envoltorio	1,10	Bolsa/paquete	0,01	\$/bolsa	0,01	\$/paquete	1,74	2,09
	Empaque	0,10	empaque/paquete	3,48	\$/empaque	0,35	\$/paquete	69,52	83,42
Mano de Obra	Trabajadores (2)	1/50	hora/paquete	90,00	\$/hora	1,80	\$/paquete		432,00
	Trabajadores (1)	1/50	hora/paquete	90,00	\$/hora	1,80	\$/paquete	360,00	
Equipamiento	Mesa	1/50	hora/paquete	0,43	\$/hora	0,01	\$/paquete	1,72	2,06
	Mangas Cocinero		hora/paquete	-	\$/hora	-	\$/paquete	-	-
	Sellador	1/50	hora/paquete	0,95	\$/hora	0,02	\$/paquete	3,81	4,57
	Utensillos		hora/paquete	-	\$/hora	-	\$/paquete	-	-
Limpieza	Articulos	1,00	Global	0,75	\$/paquete	0,75	\$/paquete	150,00	180,00
Planta	Zona Laboral	1/50	hora/paquete	10,00	\$/hora	0,20	\$/paquete	40,00	48,00
	Maquinaria	1/50	hora/paquete	32,39	\$/hora	0,65	\$/paquete	129,54	155,45
	Depósito	1/50	hora/paquete	8,33	\$/hora	0,17	\$/paquete	33,33	40,00
Flete				118,5	\$/			118,50	
Costo Unitario							7,03	6,93	
Precio					Adoptado	11	10,42	10,27	
L							360,00	432,00	
K							208,40	250,08	
b(L)							4,31	4,31	
rendimiento							9,50	9,50	

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el cuadro anterior, el cambio tecnológico resulta ampliamente favorable ya que los precios bajan abruptamente y los crecimientos de escala de producción no sufren merma en los rendimientos. El factor “b” se mantiene invariante en 4.31 y también el rendimiento en 9.50.

## Conclusiones

El trabajo retoma la amplia discusión sobre la existencia y razón de los rendimientos marginales decrecientes en las funciones productivas. El tema resulta relevante toda vez que los rendimientos definen costos de producción y los precios de comercialización que una empresa pretende alcanzar en el mercado dependen de los costos a los efectos que sea posible alcanzar una posición de rentabilidad. El análisis pormenorizado de los costos permite advertir la presencia de factores que pueden

explicar el comportamiento marginal de los rendimientos. Para ello se aplica análisis clínico en los costos observando efectos de congestión. Las formulaciones matemáticas demuestran que los rendimientos marginales decrecientes producen costos crecientes en tecnologías productivas, donde la afectación de mano de obra es mayor que la afectación del capital y sufre de congestión. Al respecto se indica la presencia de congestión cuando la elasticidad del valor de la mano de obra aplicada en relación con el valor de producción decrece a mayor producción. A los efectos de validar la respuesta del modelo teórico se ejemplifica a partir de dos tecnologías, una mano de obra intensiva y otro equipo intensivo, observándose que los fenómenos de congestión se presentan en funciones de producción mano de obra intensiva produciendo merma de la elasticidad a escala y caída del rendimiento productivo.

## **Bibliografía**

- Chiavenato, I. (2006). *Introducción a la Teoría General de la Administración*, 7ª. Ed. Mc Graw Hill.
- Currie, L. et al (2013). Implicaciones de una Teoría del Crecimiento Endógeno en el Concepto Macroeconómico de Rendimientos Crecientes de A. Young?. *Revista de Economía Institucional*, V.15. N.28, primer semestre 2013, 95:126
- Eicher, T; Turnovsky, S. (2000). Scale, Congestion and Growth. *Económica* 67, 325–346.
- Infante, J.L. (2012). Evaluación Clínica de Proyectos de Inversión y su Participación en las Ganancias Empresariales de los Trabajadores. *Contaduría y Administración*, V.57, N.4, 155–172.
- Jacobs C. A. et al. (2000). *Administración de Producción y Operaciones*. Mc Graw Hill.
- Krajewski L. et al (2002). *Administración de Operaciones Estrategia y Análisis*. Pearson.
- Lucas, R.E. Jr. (1988). On the Mechanics of Economic Development. *Journal Monetary Economic*, 3–42.
- Majocchi, A; Zatti, A. (2008). Land Use, Congestion and Urban Management. *Societa Italiana di Economia Pubblica* (609).

- Marshall, A. (1931). Principios de Economía. *Biblioteca de Cultura Económica* (Traducción de la 8va. Edición Inglesa), España.
- Porto, A. (2004). Disparidades Regionales y Federalismo Fiscal. EDULP.
- Ricardo, D. (1815). Essay on the Influence of a Low Price of Corn on the Profits of Stock. Kessinger Publishing, 2010. 52 p.
- Romer, P. M. (1987). Growth Based in Increasing returns Due to Specialization. *American Economic Review*, 77, pp. 56–62
- Romer, P.M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 1002–1037.
- Romer, P.M.(1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, V.98, N.5, 2a parte, 71:102
- Schumpeter, J. (1942). Capitalismo, Socialismo y Democracia. Orbis: Barcelona, 1983.
- Solanas, R. (1992). Producción. Interoceánicas.
- Solow, R. (1970). Teoría del Crecimiento. Fondo de Cultura Española (edición traducida al español, 1976).
- Sraffa, P. (1926). The Laws of Returns under Competitive Conditions. *Economic Journal*, 36,535:550.
- Stiglitz, J. (2000). La Economía del Sector Público. Bosch. A. (edición en castellano)
- Vickrey, W. (1992). Efficient Congestion Pricing. Columbia University
- Walras, L. (1896). Estudios de Economía Social, Segunda Sección. Vuotto Mirta (compiladora), Economía Social, Presiones Conceptuales y Algunas Experiencias Históricas: 17–36, Ediciones Altamira, 2003.
- Young, A.A. (2009). Rendimientos Crecientes y Progreso Económico. Revista de Economía Institucional, V.II. N.21, segundo semestre 2009, 227:243.