Análisis de funciones de producció

T

EECMA

* Egresado de la Escuela Superior de Economía del I.P.N., está doctorado por la Universidad Estatal de Ames, Iowa. Tiene a su cargo la Asesoría de la Subdirección General del Banco de México, S. A.

- BAYES, FUNCIONES DE PRODUCCIÓN
- FUNCIONES DE PRODUCCION AGRICOLA
- AGRICULTURA, FUNCIONES DE PRODUCCI

Antecedentes

A mediados del siglo pasado Von Liebig[1] planteaba que los suelos que contenían todos los nutrientes necesarios para que creciera una planta, a excepción de uno, estaban vedados a todos aquellos productos agrícolas para los cuales ese nutriente faltante era indispensable.

Tal aseveración ha tenido muchas y variadas interpretaciones a través del tiempo, probablemente la más destacada es la que vincula al nombre del autor con la *Ley de lo mínimo.* Esta ley postula que los rendimientos en la producción agrícola son proporcionales a la cantidad de nutrientes que el suelo posee, y que, cuando todos estos nutrientes se encuentran en las cantidades suficientes el aumentar la cantidad de uno o más no producirá ningún aumento en el rendimiento.

Los acontecimientos recientes, especialmente en el campo de la investigación sobre especies mejoradas y nuevas variedades ,han venido a refutar acremente a la *Ley de lo mínimo.* Sin embargo, cabe señalar que es con Von Liebig con quien se marca el inicio del estudio formal de las relaciones fundamentales entre los nutrientes del suelo y los rendimientos en la producción. Desde entonces a la fecha, ha sido preocupación de los científicos en suelos el conocimiento de la constitución funcional de las relaciones técnicas de producción.

Es el análisis y la discusión entre agrónomos sobre las funciones de producción, lo que atrae la atención del economista interesado en la cosa agrícola, y no a la inversa como en repetidas ocasiones se pretende. Sin embargo, la aportación del economista agrícola en la investigación e implementación de formas matemáticas explicativas de relaciones causales ha sido substancial. Inclusive, éste ha llegado a un nivel de complejidad en el análisis teórico que en repetidas ocasiones parece divorciarse por completo de la realidad.

A partir de Knut Wicksell[2] (quien es posiblemente el primer economista que sugiere una forma algebráica para las funciones de producción agrícola) el análisis de funciones de producción contínuas (por tanto diferenciables) para fenómenos físicos en la agricultura aumenta rápidamente su incidencia en las revistas especializadas. La razón del interés en estimar funciones de producción agrícolas se debe en gran parte a que éstas proveen conocimiento científico básico en la explicación de un todo más amplio. Cabe mencionar, sin embargo, que a medida que este interés crece entre los economistas, los agrónomos comienzan a manifestar en forma también creciente su insatisfacción hacia las expresiones algebráicas puras que tienden a divorciar el fenómeno causal puro, de interés para el economista, de la realidad del medio natural en que el fenómeno se presenta. La agricultura se encuentra rodeada por condiciones de incertidumbre, las funciones de producción contínuas sucumben ante tal realidad, inclusive aquellas estimaciones que contemplan márgenes de error para cada punto de la curva de insumo producto.

La predicción de un nivel de producción, resultado de un nivel determinado de insumos, y la toma de decisiones basada en esta predicción, son dos de los problemas más complejos encarados por la planeación agrícola. Existe una gran cantidad de investigación económica sobre la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre, sin embargo, los modelos teóricos destinados a estimar funciones de producción se encuentran aún ajenos a los avances recientes en este campo teórico. El presente ejercicio tiene por objeto incorporar a nivel teórico un modelo bayesiano para la toma de decisiones en el uso de funciones de producción agrícolas.

La función de producción

La teoría de la producción descansa indiscutiblemente sobre consideraciones de tipo tecnológico. Se contiene información acerca de un determinado número de insumos susceptibles de ser transformados en un producto determinado, la cuestión es saber en qué proporción dicha transformación es factible. La respuesta depende del avance tecnológico o estado actual de la tecnología asequible. La función de producción es una relación técnica que nos dice cuál es la cantidad máxima de producto capaz de ser producida por todos y cada uno de los conjuntos especi-

[1] Liebig, Justus von. *Die grundsätze der agricultur-chemie mit rücksicht anf die in England angestellten untersuchungen.* Friedrich Viewing und Sohn. Braunschweig 1855. (Cita de Earl O. Heady, John L. Dillon. *Agricultural Production Functions.* Iowa State University Press, Ames, Iowa 1972, p. 10).

[2] Wicksell, Knut. *Den Kritska punkten i lagen för Jordbrukets altagande produktivitet.* Ekonomisk Tidskrift. 1916 pp. 285-292. (Ibid., p. 15).

Por Héctor E. González Méndez*

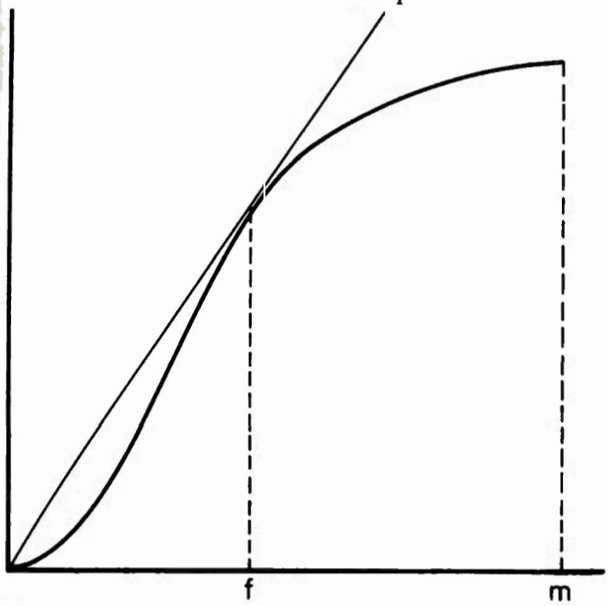
Una aplicación del modelo bayesiano de decisión

ficados de insumos (o factores de la producción) y esta relación se define dado el estado actual del conocimiento tecnológico.[3]

La función de producción como una relación física entre un insumo y un producto puede ser gráficamente representada como en la *figura 1*. Existen muchas y muy variadas posibilidades algebráicas y gráficas para representar una función de producción, la que aquí aparece es tal vez la más popular para fines académicos. La curva contiene una primera parte con rendimientos crecientes de la escala (el producto aumenta más que proporcionalmente respecto a los aumentos en el insumo), le sigue una segunda fase de rendimientos decrecientes de la escala (el producto aumenta menos que proporcionalmente a los aumentos del insumo) y por último una fase de rendimientos totales decrecientes.

Es claro que cualquier punto de la función continua de producción puede ser interpretado para fines prácticos como una predicción, ni perfecta, ni tampoco totalmente imperfecta, sobre un evento

FIGURA 1. La función de producción.



El rango de factibilidad empírica de la función teórica de producción.

[3] Samuelson, Paul A. *Economics Ninth Edition*, Inc. Graw Hill p. 535.

esperado. Las condiciones climáticas, fundamentalmente, evitan que la relación causal se presente en forma perfecta. Sin embargo, siempre es loable definir un rango dentro del cual la probabilidad de que se localice el nivel de producción para un nivel dado de insumo es máxima. Este rango de acción de la relación causal puede ser tan amplio como se desee, puede ir de una frontera inferior igual a cero (producción igual a cero) hasta una frontera superior que describa una relación singular insumo-producto sólo observada en condiciones excepcionales de laboratorio. La práctica cotidiana entre aquéllos que viven del producto del campo impone límites tanto al optimismo como al pesimismo; ubicando a la frontera inferior de factibilidad de la función de producción por encima de cero (aunque cero-producto es siempre un evento plausible) y a la frontera superior a un nivel alto alguna vez observado. Para fines prácticos, la frontera superior se encuentra más íntimamente ligada a los puntos definidos por la función técnica de producción, ésto es, en la mayoría de los casos los resultados de la relación continua entre insumo y producto de un centro agrícola de investigación es vista por el agricultor como la frontera superior misma. Las condiciones bajo las cuales el agrónomo determina los puntos de la relación entre niveles de insumo y sus consecuentes niveles de productos son, en términos generales, las óptimas; de tal manera que la relación estimada por la regresión de los niveles de producción y niveles de insumo, y que define a la función de producción, es vista como un nivel *ideal* de rendimiento para el agricultor común que se enfrenta al medio en condiciones normales.

Proponemos que la incidencia de la relación causal insumo-producto empírica puede mantener una relación probabilística con la función teórica de producción del tipo de la distribución de Poisson. Por lo tanto, los puntos de la curva de la función de producción representan las medidas de las distribuciones correspondientes a todos los valores posibles de x (el insumo). Bajo este supuesto, la relación que nosotros tratamos de definir es como sigue:

$q = f(X)$; la función de producción. (1)

Donde los valores q de la función de producción para cada nivel de insumo representan el valor esperado (medio) de la distribución de Poisson, ésto es:

$$E\ (q/X) = \mu(q/X) \qquad (2)$$

y

$$P\ (q/X) = \frac{e^{-\mu}\ \mu q}{q!} \qquad (3)$$

El rango de factibilidad empírica de la función teórica de producción se define por el área bajo la curva de probabilidad a un nivel de confianza de 95.0%. La *figura 2* es una representación hipotética de lo que aquí se argumenta.

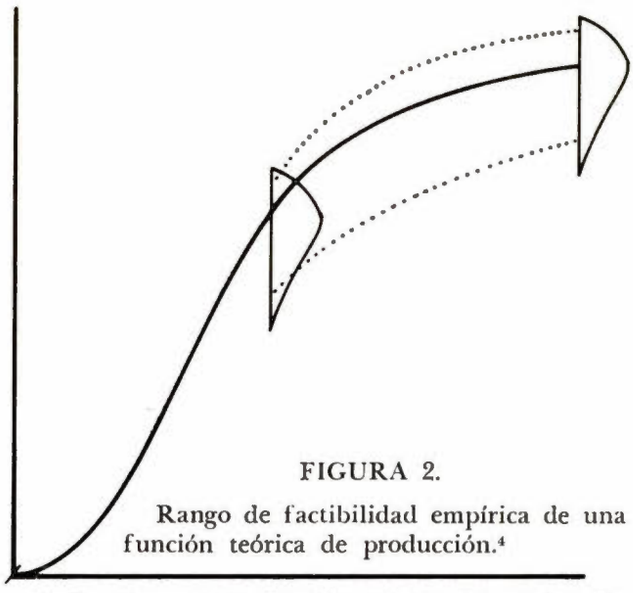


FIGURA 2.

Rango de factibilidad empírica de una función teórica de producción.[4]

En la *figura 2* la función teórica de producción es la línea continua, mientras que las líneas punteadas representan el rango de factibilidad empírica de la producción.

Resta por analizar el comportamiento de la producción dentro del rango de la factibilidad empírica tomando en consideración tanto la experiencia del agricultor en el campo de lo práctico, como la información estadística sobre producción en ciclos agrícolas anteriores o en lugares distintos con características similares. El análisis Bayesiano de probabilidad parece proveer los medios necesarios para determinar el nivel esperado de producción tomando en cuenta, tanto la información histórica disponible sobre rendimientos observados en la práctica, como la información que se desprende de encuestas de opinión sobre rendimientos entre agricultores o especialistas en la materia. Es la posibilidad de la estadística bayesiana de combinar información teórica con información empírica la que la hace un instrumento ideal en la implementación de las funciones de producción en la toma cotidiana de decisiones de producción. El concepto de incertidumbre toma un significado completamente diferente cuando uno pasa de la estadística clásica a la estadística bayesiana. La incertidumbre ha sido generalmente utilizada para describir una situación en la cual el resultado de una acción determinada no es perfectamente predecible debido a la existencia, ya sea de parámetros cuyos valores son desconocidos, ya debido a un término —siempre presente— aleatorio de error. El método tradicional para analizar la incertidumbre ha sido el suponer una distribución probabilística para el término de error, mas no para los valores desconocidos de los parámetros. En el método bayesiano todos los elementos sujetos a incertidumbre pueden ser representados por distribuciones probabilísticas. Consideramos que con la ayuda de estadística bayesiana es posible tabular, previo a los trabajos de siembra, todos los niveles de producción esperados que reflejen aspectos objetivos y subjetivos, técnicos y empíricos propios de una situación agrícola específica.

El metodo bayesiano para la toma de decisiones *

Las características distintivas de la estadística bayesiana son:

a) La interpretación personal de la probabilidad. Es legítimo cuantificar *apreciaciones* sobre incertidumbre en términos numéricos subjetivamente determinados;
b) El uso de datos de series cronológicas como sistema rector de expectativas. Es factible incorporar en el análisis de predicción las experiencias acumuladas en series cronológicas.

Existen un sinnúmero de elementos en la Teoría Bayesiana, sin embargo, nos hemos de concentrar sólo en aquéllos que son indispensables a nuestro problema y que son:

1. La función objetivo del análisis. Se tratará de maximizar el rendimiento esperado por unidad de insumo.
2. El marco en que se desarrolla el problema. Se trata de identificar el campo de acción de la variable dependiente. En nuestro caso ésta se limita al rango de factibilidad empírica para cada nivel de insumo de la función de producción.
3. Cursos alternativos de acción. Un curso de acción es la especificación de una medida a tomar que es factible. En nuestro caso los cursos de acción serán los distintos niveles de insumo aplicados en el proceso de producción, dentro del área económica de la producción, comúnmente conocida como la fase II en la Teoría de la Producción.[5]
4. Método de selección de la acción. La solución del problema está en seleccionar el mejor curso de acción congruente con el objetivo buscado. El marco en el que se desarrolla el problema asume que se tiene un conocimiento limitado del re-

[4] La representación gráfica no corresponde en rigor a la distribución de *Poison*, ya que esta es discreta. Sin embargo, resulta conveniente a los fines que se persiguen.

* El análisis de esta sección está basada en el trabajo de P.E. Green y D.S. Tull, *Research for marketing decision*. Englenwood Cliffs, New Jersey Prentice Hall Inc. 1966.

[5] C. E. Ferguson, *Microeconomic Theory*: Third Edition Richard D. Irwin, Inc. Homewood, Illinois. page 150.

sultado de una acción, ésto es, para cada nivel de insumo existe una gama de posibles niveles de producto, a los cuales se les adjudica una probabilidad determinada. Es aquí donde hemos de introducir tres elementos de probabilidades, los cuales permiten determinar el nivel esperado de producción.

a) *La distribución de probabilidad apriorística.* Esta distribución se desprende del juicio apriorístico sobre las condiciones actuales para el ciclo de producción sobre el cual se está por decidir el nivel de insumo. Llamamos $P(\theta_{ji})$ a la probabilidad apriorística del nivel de producción j vinculado a el nivel de insumo i. Esto es, existe una probabilidad apriorística para cada nivel de producción dentro del rango de factibilidad empírica de la función teórica de producción y para cada nivel de insumo o curso de acción.

b) *La distribución de probabilidad condicional.* Esta distribución está basada en el análisis de datos, es la frecuencia relativa que se desprende de comparar predicciones y resultados sobre rendimientos en procesos similares o de años anteriores. Esto es, la frecuencia relativa con que la predicción Z_k (cuando k es un nivel determinado de producción) se observó cuando θ_j ocurrió al nivel de insumo i se define algebraicamente como $P(Z_k/\theta_j)_i$ y se denomina como la probabilidad condicional del evento Z_k dado el evento θ_j.

c) *La distribución de probabilidad posterior.* Esta distribución es el resultado de combinar toda la información apriorística con toda la información condicional. La probabilidad posterior se define algebraicamente como $P(\theta_j/Z_k)_i$ y nos indica la probabilidad de observar el nivel de producción θ_j en el i-ésimo nivel de insumo, dado que se conoce la predicción Z_k acerca del nivel esperado para el ciclo agrícola en cuestión. La probabilidad posterior $P(\theta_j/Z_k)_i$ se obtiene mediante el uso del teorema de Bayes como se presenta más adelante.

La única restricción que se impone al modelo es que las probabilidades apriorística, condicional y posterior, no sean negativas y sumen uno (1.0) en cada caso.

Desarrollo del modelo

Supongamos una función teórica de producción, digamos entre el uso de fertilizante y los rendimientos por hectárea de maíz, la cual puede quedar debidamente representada por la ecuación (1). La aplicación del insumo se cuenta en unidades discretas que ván de cero a infinito. Sin embargo, nosotros solamente estamos interesados por aquellos niveles de insumo ubicados dentro de la región económica de la función de producción. Esto significa que los cursos de acción (a_i) de que dispone el agricultor corresponden a los volúmenes crecientes de insumo aplicables (kilogramos, por ejemplo) y que van de un volumen de producción donde el producto promedio alcanza un máximo al nivel de producción donde el producto marginal se iguala a cero (de f a m en la *figura 1*).

Estados de la naturaleza

Mencionamos anteriormente que el resultado final de una acción determinada depende en gran medida de eventos cuya ocurrencia está fuera del control de quien toma la acción. La presencia o ausencia de un sinnúmero de eventos aleatorios de este tipo en la producción agrícola nos conducen a considerar un conjunto de niveles de producción para cada nivel de insumo. A estos niveles de producción probables se les llama *estados de la naturaleza* y el grado de conceptualización acerca de ellos es crucial a la solución del problema de decisión. El intervalo de la distribución de Poisson que engloba 95.0% de los eventos (niveles de producción) probables se fracciona en n intervalos discretos, todos igualmente probables, mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos de la distribución de probabilidad de Poisson comprendida entre las fronteras superiores e inferior del rango de factibilidad empírica. Cada fracción resultante es un *estado de la naturaleza* o evento igualmente probable, denominado algebraicamente como θ_{ii} donde i = f,f + 1,f + 2,. . ., m y j = 1, 2,. . .n. En otras palabras θ_{ji} es el j-ésimo estado de la naturaleza para el í-ésimo nivel de insumo.

$$P(\theta) = \sum_{j=1}^{n} P(\theta_{ji}) = .95 \; \forall_i$$

Para $P(\theta) = P(q_{ai} \geq q_i \geq q_{bi})$

$$y \quad P(\theta_{ji}) = \frac{.95}{n} \; \forall_j$$

donde q_{ai} y q_{bi} son las fronteras superior e inferior respectivamente del rango de factibilidad empírica de X_i. Los valores fuera de este rango son improbables estadísticamente hablando y por tanto se excluyen de los estados de la naturaleza que considera la producción.

Matriz de producto

La decisión del agricultor por optar por un nivel X_i de insumo se llamó acción a_i. Se asumió que el agricultor conoce a ciencia cierta los niveles de insumo entre los cuales puede optar, que van de k a m. Por otra parte, se identificó el rango de factibilidad de los estados de la naturaleza para todos y cada uno de los niveles de insumo entre los cuales el agricultor puede optar.

Para cada par (acción), *estado de la naturaleza,* es necesario identificar el consecuente nivel de producto. El valor medio de cada intervalo de proba-

bilidad o *estado de la naturaleza* se define como el nivel de producto esperado q_{ij}, ésto es, el producto del j-ésimo estado de la naturaleza, dado el i-ésimo nivel de insumo empleado. Los *productos esperados* de todas las posibles combinaciones entre acciones a_i y *estados de la naturaleza* θ_j proporcionan un conjunto de posibilidades mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivas. El conjunto así definido se llama *Matriz de producto*. Los elementos de la Matriz son niveles de producción esperados. La *tabla 1* presenta un ejemplo de la *Matriz de producto*.

Tabla 1. MATRIZ DE PRODUCTO

	Estados de la Naturaleza			
Acciones	θ_1	θ_2	θ_3	θ_n
a_1	q_{11}	q_{12}	q_{13}	q_{1n}
a_2	q_{21}	q_{22}	q_{23}	q_{2n}
a_3	q_{31}	q_{32}	q_{33}	q_{3n}
.	.	.	.	.
a_m	q_{m1}	q_{m2}	q_{m3}	q_{mn}

Probabilidades apriorísticas

La importancia que se dé a la selección de probabilidades apriorísticas $P_a(\theta_{ji})$ es crucial a la validez de los resultados. La información apriorística puede originarse de la observación casual o de la introspección de algunas consideraciones teóricas del agricultor. Esto es, el agricultor como unidad de decisión hace uso de su información apriorística (basada en su experiencia y en la de expertos y agencias agrícolas a su alcance) a fin de atribuir probabilidades a los niveles de producción de la *matriz de producto.*

La función de densidad de la probabilidad apriorística se convierte en la distribución de probabilidades asignadas por el agricultor a cada *estado de la naturaleza* para cada nivel de insumo. Resulta importante el hacer notar que la distribución apriorística de un agricultor puede perfectamente diferir de la de otro, aunque ambos confronten circunstancias idénticas; de aquí se desprende el carácter personalizado de las predicciones.

Probabilidad condicional

En la mayoría de los casos las zonas de producción agrícola disponen de servicios meteorológicos con pronósticos de lluvias, humedad, plagas, etc., al principio de cada ciclo agrícola. Estos pronósticos climatológicos se encuentran íntimamente relacionados con los niveles de producción asequibles para cada nivel de insumo. En primer término es necesario identificar el pronóstico climatológico emitido al inicio del ciclo agrícola con los estados de la naturaleza; por ejemplo, un pronóstico de sequía y plaga conllevaría a un pronóstico de producción muy bajo. El problema de la probabilidad condicional es el de encontrar la incidencia de los pronósticos de producción sobre los estados de la naturaleza; ésto es, sobre una muestra de ciclos agrícolas se pretende determinar la frecuencia relativa de pronósticos de estados de la naturaleza sobre estados de la naturaleza que ocurrieron en el pasado o en zonas agrícolas semejantes a la estudiada. En otras palabras, una comparación entre predicciones y sucesos nos proporciona una frecuencia relativa del pronóstico sobre su campo de acción. Por tanto, la probabilidad condicional $P_c(Z_k/\theta_j)_i$ se define como la fracción de veces que la predicción Z_k (k = 1,2,...n) ocurrió en una muestra de ciclos agrícolas en los que se observaron estados de la naturaleza θ_j (j = 1,...n). Si $P_c(Z_k/\theta_j)_i$ es aproximadamente cero cuando k = j y la muestra de ciclos agrícolas es de tamaño adecuado, se debe concluir que los pronósticos Z_k (acerca de los estados de la naturaleza) no son en efecto buenas predicciones de los eventos θ_j; en estos casos la distribución de probabilidades apriorísticas se convierte en la información probabilística más valiosa.

Probabilidad posterior

La probabilidad posterior es el resultado de combinar la probabilidad apriorística con la probabilidad condicional a través del Teorema de Bayes, ésto es, la probabilidad posterior depende de las probabilidades apriorística y condicional exclusivamente y se le define como $P_p(\theta_j/Z_k)_i$ que se interpreta como la probabilidad de que ocurra el estado de la naturaleza θ_j dado que existe una predicción Z_k para el i-ésimo nivel de insumo. La función de densidad de la probabilidad posterior se calcula por la ecuación de Bayes que sigue:

$$P_p(\theta_j/Z_k)_i = \frac{P_a(\theta_{ji})P_c(Z_k/\theta_j)_i}{P_m(Z_{ki})} \quad i = 1,...m$$

$P_m(Z_{ki})$ es la función de densidad de la probabilidad marginal de observar la k-ésima predicción del rango de factibilidad empírica Z (Z = θ) para el i-ésimo nivel de insumo y se obtiene como sigue:

$$P_m(Z_{ki}) = \sum_{j=1}^{n} P_a(\theta_{ji})P_c(Z_k/\theta_j)_i \quad i = 1,...m$$

La función de probabilidad posterior sirve para hacer predicciones acerca de los valores de producción esperados (*estados de la naturaleza*) en el ciclo agrícola próximo, tomando en consideración el punto

de vista del agricultor acerca del porvenir (basado en su experiencia) y del comportamiento pasado de predicciones de producción (basadas en pronósticos de tiempo) respecto a su incidencia con la realidad observada.

Existen varias formas de ordenar los elementos discretos de probabilidad de la distribución de probabilidades posteriores $P_p(\theta_j/Z_k)_i$. Nosotros hemos de optar por mantener k constante, dejando variar i y j. En otras palabras, $P_p(\theta_j/Z_{k=\text{const.}})_i$ combina sólo un intervalo de predicción k con todos los estados de la naturaleza comprendidos por el rango de factibilidad empírica y todos los niveles de insumo de f a m. A este tipo de arreglos les llamamos *Matrices de predicciones posteriores de probabilidad,* ésto es, $\Pi P\ \Pi P\ \Pi P_k$. La tabla siguiente presenta un ejemplo de estas matrices.

TABLA 2. MATRIZ DE PREDICCIONES POSTERIORES DE PROBABILIDAD

$P_p(\theta_j/Z_{k\ \text{const.}})_i$

Estado de la naturaleza	NIVELES DE INSUMO X_f	X_f	X_m
θ_1	$P_p(\theta_1/Z_k)_1$	$P_p(\theta_1/Z_k)_2$	$P_p(\theta_1/Z_k)_m$
θ_2	$P_p(\theta_2/Z_k)_1$	$P_p(\theta_2/Z_k)_2$	$P_p(\theta_2/Z_k)_m$
θ_3	$P_p(\theta_3/Z_k)_1$	$P_p(\theta_3/Z_k)_2$	$P_p(\theta_3/Z_k)_m$
θ_n	$P_p(\theta_n/Z_k)_1$	$P_p(\theta_n/Z_k)_2$	$P_p(\theta_n/Z_k)_m$

Estrategias Bayesianas

Una estraegia Bayesiana es la selección de un curso específico de acción el cual maximiza la media ponderada de los productos de la matriz de producto. Las ponderaciones no son otra cosa que una distribución determinada de probabilidad sobre los estados de la naturaleza. Existen dos tipos de estrategias bayesianas que son *"SIN-DATOS"* y *"CON-DATOS,"* las cuales dependen de las probabilidades apriorística y posterior respectivamente.

1. Bajo el método conocido como *"SIN-DATOS"* el producto esperado de la acción a_i es $q_{exp}(a_i)$ y que se define como sigue:

$$q_{exp}(a_i) = \sum_{j=1}^{n} q_{ij} \cdot P_a(\theta_{ji}) \quad i = f,\ldots,m$$

La estrategia bayesiana *"SIN-DATOS"* consiste en seleccionar el curso de acción a^*_i tal que el producto esperado $q_{exp}(a_i)$ sea el máximo, ésto es:

$$q_{exp}(a^*_i) = \max_i q_{exp}(a_i) \quad i = f,\ldots,m$$

2. Bajo el método conocido como *CON-DATOS* el producto esperado de la acción a_i dada una función posterior de probabilidad y una predicción Z_k es $q_{exp}(a_i/Z_k)$ y se computa como sigue:

$$q_{exp}(a_i/Z_k) = \sum_{j=1}^{n} q_{ij} \quad P_p(\theta_i/Z_k)_i \qquad \begin{array}{l} i = f,\ldots m \\ k = 1,\ldots n \end{array}$$

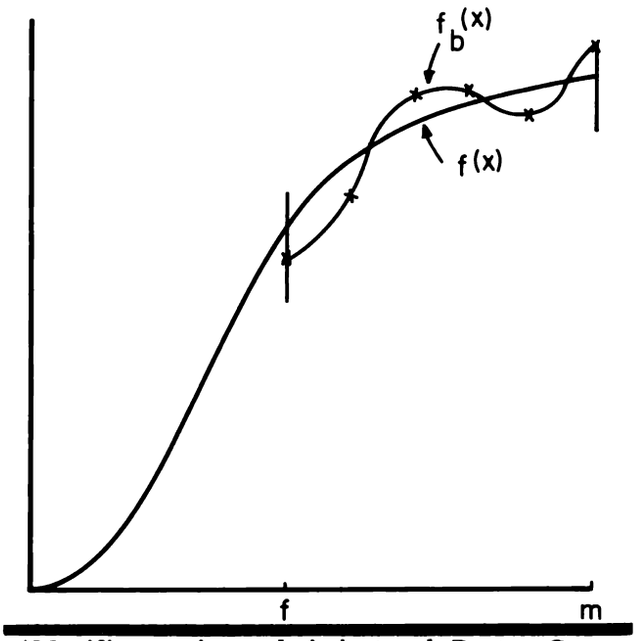
La estrategia bayesiana *"CON-DATOS,"* una vez conocidas las predicciones para el ciclo agrícola venidero, consiste en seleccionar el curso de acción a_i^{**}/Z_k^* (donde Z_k^* es la predicción particular para el ciclo en cuestión). En cada caso, habrá *n* Z_k's por nivel de insumo X, sin embargo, solamente habrá un Z_k^* por nivel de insumo y por ciclo agrícola. Por tanto, existe sólo un a_i^*/Z_k^* por Z_k^* y solo un a_i^{**}/Z_k^* por función de producción. El curso de acción seleccionado debe de maximizar el producto esperado $q_{exp}(a_i^{**}/Z_k^*)$ como sigue:

$$q_{exp}(a_i^{**}/Z_k^*) = \max_i q_{exp}(a_i^*/Z_k^*) \quad i = 1,\ldots m$$

donde las k*'s son los intervalos relevantes respecto al conjunto de predicciones Z_k.

Para ambas estrategias (*CON-DATOS* o *SIN-DATOS*) el resultado es una modificación de la función continua de producción en una sucesión de valores esperados discretos de producción, entre los cuales sólo uno maximiza el rendiminto (esperado) por unidad de insumo. En la *figura 3* se presenta hipotéticamente lo que hasta aquí se ha argumentado.

Figura 3. LA FUNCION TEORICA DE PRODUCCION Y LA FUNCION EMPIRICA BAYESIANA

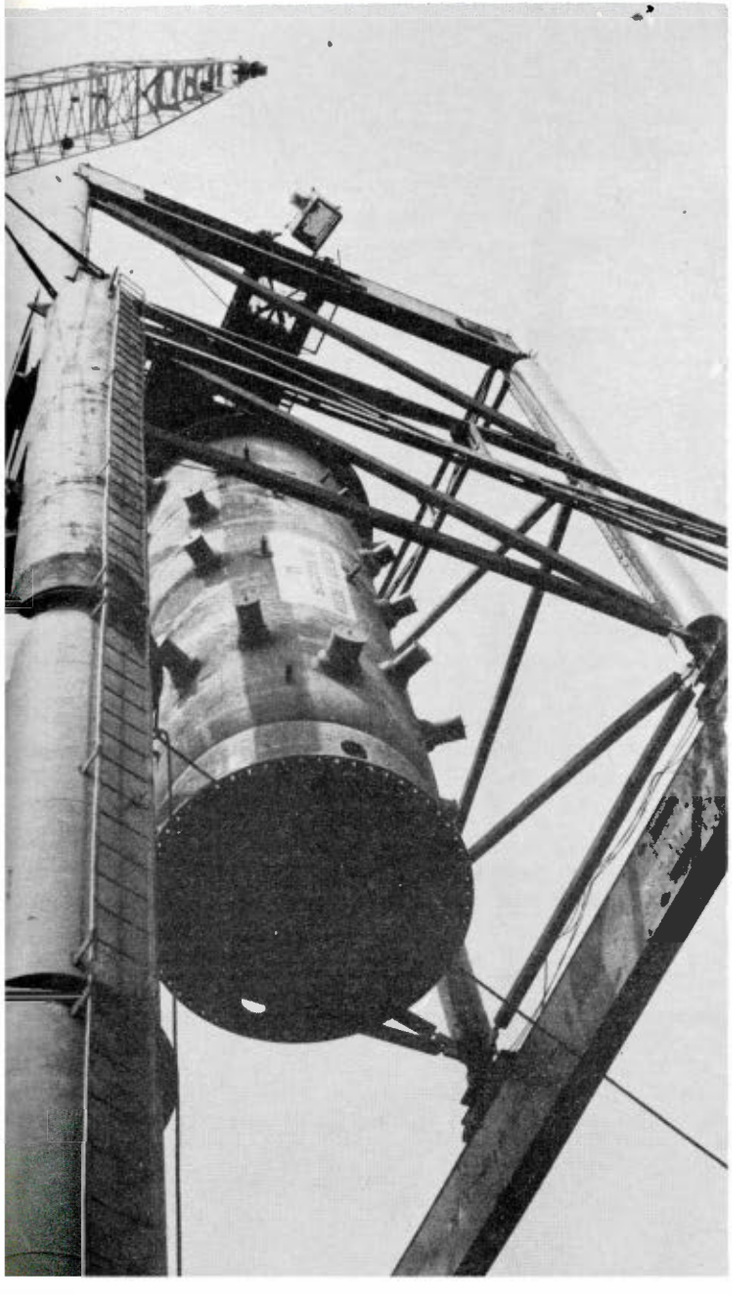


(Manifiesto mi agradecimiento al Doctor George W. Ladd, profesor de Economía de la Universidad del Estado de Iowa, por su interés en el análisis de la estadística bayesiana aplicada. H .E. G. M.).

EN LAGUNA VERDE SE INICIO EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO INDUSTRIAL

Por Rafael Hernández Villalpando*

El Plan Nacional de Desarrollo Industrial fue puesto en marcha al finalizar el mes de mayo cuando la Junta de Gobierno de la Comisión Federal de Electricidad, presidida por el Primer Mandatario de la Nación, licenciado José López Portillo, autorizó la tramitación ante los organismos competentes de una inversión adicional para este año, de 2,100 millones de pesos. Se destinarán a la realización de las obras que garanticen el suministro de energía eléctrica en las instalaciones industriales que prevé el mencionado Plan.



Con esta decisión el Gobierno Federal parece dar el primer paso para convertir en realidad el Plan Nacional de Desarrollo Industrial propuesto por la Secretaría del Patrimonio y Fomento Industrial, instrumento de programación que propone el mejor aprovechamiento de los recursos derivados del petróleo para estimular y ordenar el desarrollo industrial del país. Se espera que la realización del Plan Industrial traerá consigo más fuentes de trabajo y, por lo tanto, ingreso para muchos miles de trabajadores.

El acuerdo de la Junta de Gobierno de C.F.E. implica una reactualización del *Programa de Obras de Inversiones del Sector Eléctrico* (*POISE*), para ajustarlo a los supuestos del Plan Industrial, y exige la construcción inmediata de plantas que tendrían una capacidad de un millón 200 mil kilowatts, adicionales a los cinco millones 100 mil kilowatts ya considerados de aquí a 1982.

El licenciado Hugo Cervantes del Río, Director General de la Comisión Federal de Electricidad, explicó que el Plan Nacional de Desarrollo Industrial prevé, a corto plazo —entre 1979 y 1982—, un crecimiento de la demanda de energía eléctrica del 13% en promedio, y del 15.5% a mediano plazo —entre 1982 y 1988—, todo lo cual representa una notable diferencia con relación al estimado del 10.1% del POISE en vigor.

Para cubrir con suficiente energía tanto los cuatro puertos industriales que consigna el Plan (Coatzacoalcos, Salina Cruz, Las Truchas-Lázaro Cárdenas y Tampico) así como las once zonas prioritarias y las franjas fronterizas, se requerirá para 1982 y 1983, una generación adicional de energía eléctrica de cinco mil millones y nueve mil millones de kilowatts-hora, respectivamente, lo que demandará de la C.F.E., para entonces, una capacidad instalada en el país de veinte millones de kilowatts.

Los aumentos para el período 1979-1982 que señala el Plan, según el Director de la C.F.E., pueden ser satisfechos para 1980 reduciendo parte de la reserva considerada en la planeación del Sector y, a partir de 1981, acelerando la construcción de algunas obras e iniciando de inmediato nuevas instalaciones.

Propuso que en el sistema interconectado del sur se comience la construcción de la Quinta Unidad de la termoeléctrica de Tula, así como la Tres y

---

* Jefe del Departamento de Clasificación y Redacción de la Presidencia de la República, realizó estudios económicos y jurídicos de postgrado en Milán, Italia.

"...el Gobierno Federal parece dar el primer paso para convertir en realidad el Plan Nacional de Desarrollo Industrial..."

Cuatro de la de Manzanillo, cada una de las cuales tendrá una capacidad instalada de 300 mil kilowatts, y tender una línea de trasmisión Manzanillo-Guadalajara-Salamanca de 400 KV, para disminuir la carga de Coatzacoalcos y Salina Cruz sobre las hidroeléctricas del sureste y surtir la demanda de Las Truchas-Lázaro Cárdenas con energía procedente del Infiernillo y la Villita, al quedar abastecido el suministro a Jalisco y el Bajío con la energía de Manzanillo y Salamanca.

En el sistema interconectado del norte propuso la instalación de las Unidades Tres y Cuatro, de 150 mil kilowatts cada una, de la Planta Río Bravo, una línea de trasmisión de 400 KV de la Subestación Huinalá a La Laguna y otra de Mazatlán, a La Laguna, para cubrir la región de Tampico y disminuir la trasmisión desde Altamira hacia el norte.

Asimismo, continuó diciendo Cervantes del Río, se requiere adelantar hasta seis meses las fechas señaladas en el POISE para la terminación de las Unidades Uno y Dos de Manzanillo a fin de que entren en servicio en diciembre de 1980 y julio de 1981, y la Tres de Mazatlán, también de 300 mil kilowatts para el 1o. de enero de 1981.

Para atender los requerimientos de energía a partir de 1990, el licenciado Cervantes del Río mencionó que la SEPAFIN ha dado los primeros pasos para la formulación de un Plan de Desarrollo Nucleo-eléctrico, con la participación de la C.F.E. y otras dependencias competentes.

Dijo que hace unos días, invitado por el licenciado José Andrés de Oteyza Fernández, titular de SEPAFIN, estuvo en México el Administrador Delegado de la Comisaría de la Energía Atómica de Francia, señor Michel Pecqueure, para instrumentar el convenio de asistencia recíproca con México, en materia nuclear, el cual fue uno de los puntos del comunicado conjunto expedido en México al término de la visita que le hiciera al Presidente López Portillo, el Presidente de la República Francesa, Valery Giscard d'Estaing.

En síntesis, explicó el funcionario, el nuevo POISE de 1979 a 1988, cuya ampliación debe ser de 47 mil millones de pesos, a precios actuales, ejercerá en lo que resta de este sexenio 19,600 millones de pesos de la siguiente manera: 9 mil millones para las plantas con 1 millón 200 mil kilowatts antes señaladas y que deberán terminarse en 1982, y 10 mil 600 millones para iniciar las que quedarán concluidas entre 1983 y 1988.