

Modelos teóricos entorno al valor subjetivo del tiempo

JOSÉ MARÍA GRISOLIA SANTOS

RESUMEN

El valor del tiempo juega un papel destacado en los proyectos de infraestructuras. La necesidad de establecer un modelo teórico que condujese a su obtención, ha motivado a varias generaciones de economistas. En este trabajo se revisan los modelos más importantes, partiendo del modelo de Becker, el primero en advertir que la teoría microeconómica tradicional al no tener en cuenta ni el tiempo ni el espacio, resulta poco realista. Las aplicaciones del valor subjetivo del tiempo son de extrema importancia, especialmente en la estimación de la demanda de transporte y el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura de transporte.

ABSTRACT

Theoretical models on the subjective value of time

Value of time plays an important role in Transport Appraisal. The development of an adequate theoretical model to calculate this value has been the main concern of many economists in the field of Transport Economics in the last decades. This work revises the main models, starting from the model developed by Becker, which was the first economist that included this issue in the traditional microeconomic theory. The applications of this value are very important, specially in the estimation of transport demand and the appraisal of new transport infrastructure projects.

INTRODUCCIÓN

El cálculo del valor subjetivo del tiempo (en adelante VST) juega un papel esencial para la evaluación de proyectos de inversión pública. Tradicionalmente, la distinción básica ha con-

sistido en dividir el tiempo en dos categorías: tiempo de trabajo y tiempo de ocio. Las bases teóricas del valor económico del tiempo han sido ampliamente estudiadas en las tres últimas décadas. Los trabajos realizados consideran que el modelo clásico del comportamiento del consumidor no puede explicar el caso

del transporte ya que no incluye ni el tiempo ni el espacio.

La literatura al respecto parte del reconocimiento que el tiempo es un recurso esencial del que todos los individuos están dotados en la misma cantidad (24 horas). El consumidor podrá transferir libremente su tiempo de unas

actividades a otras. Un supuesto importante de estos modelos es que las distintas asignaciones de tiempo a diferentes actividades tienen distinto valor que puede ser medido en dinero. Así pues, el individuo podría aumentar sus horas de trabajo a cambio del pago de cierto salario, o tomar un medio de transporte más lento y aumentar el tiempo dedicado al viaje si ahorra de esta forma determinada cantidad de dinero, etc.,... Esto es, el tiempo tiene un valor monetario y los modelos microeconómicos que a continuación se presentan tratan de dar respuesta al problema de cómo encontrarlo. El método generalmente aceptado para estimar el VST consiste en calcular la RMS entre el tiempo y coste de viaje a partir de modelos desagregados de elección discreta basados en la teoría de la utilidad aleatoria. La interpretación dada para el valor obtenido es la disposición a pagar para reducir el tiempo de viaje en una unidad.

Una suposición básica de la teoría es que los individuos eligen la asignación de tiempo que maximiza su utilidad personal, sujeta al hecho de que el tiempo, a diferencia del dinero, no puede ser almacenado y, necesariamente, debe ser transferido a otras actividades.

REVISIÓN TEÓRICA DE LOS MODELOS DE ASIGNACIÓN TEMPORAL

El primer trabajo importante en este campo fue el presentado por Becker (1965) que propone un modelo basado en la in-



corporación de tiempo donde la utilidad depende del consumo de mercancías finales (Z_i). Estos bienes finales no pueden comprarse y su producción requiere la adquisición de otros bienes, tales son el tiempo, T_i y los ingredientes X_i .

$$Z_i = F_i(X_i, T_i)$$

Donde T_{9i} es un vector que se refiere a diferentes momentos de tiempo. Los individuos son simultáneamente consumidores y productores y combinan el tiempo y los bienes de mercado a través de una función de producción familiar cuyo producto es Z_i . Así, tenemos que el modelo planteado analíticamente tiene la siguiente forma:

$$\text{Max } U = U(Z_1, \dots, Z_n) = U(f_1, \dots, f_n) = U(X_1, \dots, X_n; T_1, \dots, T_n) \quad (1)$$

$$\text{s.a.: } \sum_i P_i X_i = I_f + Ww \quad (2)$$

$$\sum_i T_i = T_c = T - W \quad (3)$$

donde I_f corresponde al ingreso patrimonial o fijo, W es el tiempo dedicado a trabajar, w el salario-hora, T_c el vector de tiempo necesario para obtener Z_i , y T el tiempo total disponible. Becker señala que el tiempo puede convertirse en bienes usando menos tiempo de consumo y más de trabajo. Así tenemos que:

$$T_i = t_i Z_i \quad (4)$$

$$X_i = b_i Z_i \quad (5)$$

donde t_i y b_i constituyen los requerimientos de tiempo e ingredientes para fabricar una unidad de Z_i . Sustituyendo en (4) se llega fácilmente a

$$\sum (p_i b_i + t_i w) Z_i = I_f + T w \quad (6)$$

que puede ser interpretado de la siguiente forma: $(p_i b_i + t_i w)$ es el precio generalizado de los bienes finales Z_i . El primer término representa el precio en términos de ingredientes, siendo p_i el precio de éstos y b_i los requerimientos necesarios por unidad de Z_i ; el segundo es el precio en términos de tiempo, siendo t_i el tiempo necesario por unidad de *output* también y w constituiría una aproximación del precio de ese tiempo. La idea básica de este planteamiento es que una reasignación de tiempo implica una simultánea reasignación de bienes y utilidades.

Pollak y Wachter (1975) analizaron el modelo de Becker encontrando que, salvo en casos excepcionales, esta teoría no proporciona un modelo de asignación de tiempo satisfactorio. Argumentan que la aplicación para la producción en el hogar requiere fuertes supuestos como

la presencia de retornos constantes de escala y la ausencia de producción conjunta. Por tanto, si estos supuestos no se satisfacen, los bienes finales dependerán de los patrones de consumo de los hogares.

Las utilidades que involucran el tiempo como un *input* son un problema especial ya que el tiempo adquiere un doble papel: como un recurso directo que proporciona utilidad, y como un *input* para la provisión de utilidades. Esto indica que existe algún tipo de producción conjunta y sugiere que los precios no actúan independientemente de las cantidades de bienes finales consumidas (ya que éstas afectarán al tiempo y, por ende, al precio). De este modo, cuando la producción conjunta existe o cuando no se dan retornos constantes de escala, estos autores proponen que la demanda de bienes Z_i sea analizada en términos de precios de mercado X_i .

Por otra parte, el supuesto de Becker de que el tiempo puede ser convertido en utilidades es sólo sostenible en un contexto en el que las horas de trabajo son elegidas libremente por los individuos.

En 1966, Lancaster presentó un estudio que aporta un importante cambio en la teoría del comportamiento del consumidor. Lancaster sugiere que el consumidor, en realidad, busca determinadas cualidades de los bienes. El conjunto de cualidades finales se denomina Z (vector de características deseables) y sólo podrá alcanzarse a través de la compra de los bienes X . Existe, en consecuencia, una transformación de los bienes en sus cualidades finales: de X en

Z y viceversa. Así presentado el modelo quedaría:

$$\text{Max. } U(Z) \quad (7)$$

$$\text{s.a.: } F(X, Z) \geq 0 \\ \sum_i P_i X_i \leq I$$

La segunda restricción donde I representa el ingreso, es de gasto y, la primera, es una restricción de tipo tecnológico, en el sentido de que las cualidades finales proceden de los bienes.

Es posible transformar este problema en otro, resolviendo primero:

$$\text{Max. } U(Z) \quad (8)$$

$$\text{s.a.: } F(X, Z)$$

de donde se obtiene el vector de cualidades discretas deseable y posible $Z^*(X)$, que, si es reemplazado en U implica que $U(Z^*(X)) = U(X)$. A continuación, si se resuelve

$$\text{Max. } U(X) \quad (9)$$

$$\text{s.a.: } \sum_i P_i X_i \leq I$$

lo cual es exactamente igual al modelo clásico. Sin embargo, la gran aportación de Lancaster es que permite describir un listado discreto de opciones a través de sus cualidades.

Suponiendo que, en la teoría del consumidor, hay un bien discreto que tiene asegurada su compra; por ejemplo, el transporte, se plantearía el siguiente modelo: 1°

X : vector de bienes continuos.
 M : Conjunto de alternativas.
 Q_j : Vector de características de la alternativa j .
 C_j : Precio de j .

$$\begin{aligned} \text{Max. } & U(X; Q_j) & (10) \\ \text{s.a.: } & \sum_i P_i X_i + C_j \leq I \end{aligned}$$

Pero si C_j y Q_j son conocidos la restricción queda $3P_i X_i \# I! C_j$. Se obtiene así el óptimo $X_i^* = X_i^* [P, I! C_j, Q_j]$. Es una demanda de mercado condicionada al bien j : la demanda condicional. Al ser reemplazada en U , permite obtener $U[X^*(P, I! C_j, Q_j)] = V(P, I! C_j, Q_j) = V_j$ que es la utilidad indirecta condicional en j .

A continuación, el sujeto elegirá el j tal que $V_j > V_i \forall i, j \in M$. Esta comparación es posible porque $j \in M$ es discreto y finito.

Haciendo una aproximación lineal de V_j se obtiene:

$$V_j(P, I - C_j, Q_j) = a + \sum_i g P_i + b(I - C_j) + \sum_h d_h Q_{jh} \quad (11)$$

Sin embargo, al establecer comparaciones entre los diferentes modos, no todos los términos de esta ecuación sobreviven:

$$V_j = -bC_j + \sum_h d_h Q_{jh} \quad (12)$$

La cual es la función de utilidad indirecta condicionada al modo j , o, para el caso particular del transporte, la función de utilidad modal.

Obsérvese que la decisión del modo no depende del ingreso (como sí lo haría si la aproximación no fuera lineal). Esto implica que, para el caso de una función de utilidad indirecta lineal, no existe el efecto renta en la elección de modo de transporte; esto es, el nivel

de renta no tiene ninguna influencia en esta decisión. Este es el gran defecto de la aproximación lineal.

De Serpa en 1971 propuso un modelo en el cual se salvan algunos de los defectos del modelo de Becker, considerando que, tanto el tiempo de consumo como la cantidad consumida afectan a la utilidad. Esto permite que el uso del tiempo sea visto de forma diferente, dependiendo de las actividades a las cuales se dedica. A diferencia del modelo clásico, en la función de utilidad-función objetivo del problema se incluye el tiempo de diferentes actividades i y, por otro lado, el tiempo dedicado a trabajar. De este modo, el individuo toma dos tipos de decisiones: en primer lugar determina la cantidad óptima a consumir, en segundo lugar, elige el tiempo de trabajo y el dedicado a otros quehaceres distintos del trabajo que maximizan su utilidad. Para ello tendrá en cuenta cuatro restricciones:

$$\begin{aligned} \text{Max. } & U(X, t_i, t_w) & (13) \\ \text{s.a.:} & \end{aligned}$$

$$t_w W + Y \geq PX \dots \dots (l) \quad (14)$$

$$T \geq t_w + \sum_i t_i \dots \dots (m) \quad (15)$$

$$t_i \geq t_i^0 \dots \dots (j) \quad (16)$$

$$t_w \geq t_w^0 \dots \dots (f) \quad (17)$$

(14) Restricción de recursos monetarios: t_w es el tiempo de trabajo; t_i es un vector que define la cantidad de tiempo empleado en distintas actividades; PX expresa el gasto en consumo de bienes, donde p es el vector de precios de los productos; Y indica el ingreso de tipo patrimonial, independiente del trabajo. Es obvio que el primer miembro señala el total

de ingresos obtenidos por el consumidor que, forzosamente ha de ser igual o mayor que el gasto en bienes y servicios.

(15) Restricción de tiempo: T expresa el total de tiempo disponible que no puede exceder de la suma total de los tiempos dedicados a cada actividad i más el tiempo de trabajo.

(16) Serpa considera además que cada actividad precisa de un tiempo mínimo de consumo t_i^0 . Es por ello que existirán entonces dos tipos de actividades: aquellas en las que el consumidor gasta más tiempo del mínimo imprescindible, que serán las de ocio; y aquellas otras en las que, en realidad, se ve obligado a gastar más tiempo del que desearía. En este segundo caso consumirá siempre el tiempo mínimo necesario. Dicho de otra forma: para las primeras, actividades agradables o de ocio la restricción (16) no es activa, en el sentido de que siempre se dispondrá de más tiempo del indispensable; para las segundas en cambio, el individuo se situará en el límite y la restricción será activa, esto es, se transformará en una igualdad. Consecuencia de esto es que, en el caso del ocio, la variable dual asociada a esta restricción será nula.

Serpa establece a continuación un supuesto muy fuerte que tendrá consecuencias definitivas en los resultados finales: el individuo tiene libertad para elegir libremente la cantidad de tiempo dedicada al trabajo. Por tanto, el consumidor distribuirá su tiempo entre trabajo y ocio de tal modo que el valor marginal de una unidad dedicada a ambas actividades sea la misma. Si además se considera que el sa-

lario hora w es fijo, el resultado será que el valor subjetivo del tiempo es el salario. No obstante, esta suposición de flexibilidad infinita en la elección del tiempo de trabajo es poco realista, por lo que Serpa impone, a continuación la restricción (17) que se refiere a que no es posible trabajar menos de una cantidad mínima de horas t_w^0 .

l indica la UMa del ingreso: cuánto valora el consumidor una unidad adicional de salario: m es la utilidad marginal del tiempo; w_i señala las utilidades marginales que se obtiene reduciendo el requerimiento de tiempo de la actividad i -ésima. Obsérvese que, en efecto, puesto que nadie quiere reducir el tiempo de la actividad ocio por debajo del mínimo necesario, en este caso y_i es cero, tal y como se explicó. Por último, f es la utilidad marginal obtenida si se reduce en una unidad el número de horas de trabajo.

Las condiciones de primer grado del problema son las siguientes:

Aplicando el típico lagrangiano se obtienen las siguientes condiciones de optimalidad:

$$\frac{\partial U}{\partial X_i} - \lambda P_i = 0 \quad (18)$$

$$\frac{\partial U}{\partial X_i} - \lambda P_i = 0 \quad (19)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t_w} + \lambda w - m + j = 0 \quad (20)$$

De (19) se tiene que:

$$y_i = m - \frac{\partial U}{\partial t_i} \quad (21)$$

Para el caso de actividades desagradables como el transporte, la interpretación de (21) es la siguiente: cuando se libera una unidad de tiempo de transporte se obtiene, por una parte, una cantidad de tiempo que tiene valor en sí misma puesto que puede invertirse en otras actividades. Esta idea queda representada por m que es la utilidad marginal del tiempo. Además de esto, y, sin necesidad de transferir tiempo, el viaje es una actividad desagradable; por eso la satisfacción-utilidad que proporciona es negativa: $\frac{\partial U}{\partial t_i} < 0$. En definitiva, el segundo término de (21) expresa la desutilidad que el individuo podría evitar al no tener que usar esa unidad de tiempo viajando. Es por ello que su contribución a la utilidad marginal del tiempo es positiva.

Recuérdese que la RMS es un cociente de utilidades marginales. Para el caso que nos ocupa, el cociente y_i / l (22) corresponde a la tasa marginal de sustitución entre tiempo gastado en la actividad i y dinero, y, por lo tanto, representa la propensión del individuo a pagar por disminuir en una unidad de tiempo la actividad i . Éste es el valor del tiempo de esa actividad; ¿Cuál es su expresión?

$$VT_{viaje} = \frac{y_i}{l} = \frac{m}{l} - \frac{\partial U / \partial t_i}{l} \quad (23)$$

Para el caso de actividades recreacionales o de ocio, es fácil advertir que su valor es cero, pues nadie está dispuesto a pagar dinero por disminuir su tiempo de ocio. En el supuesto de quehaceres no recreacionales se tiene que, de (21) y usando (22):

Así, el primer miembro de (23) es lo que el consumidor está dispuesto a pagar por disminuir en una unidad el tiempo de viaje, pero esta cifra podría descomponerse en dos: el primer término del segundo miembro de (23) refleja el valor del tiempo como recurso que siempre será el mismo e igual al cociente μ / l ; el segundo término expresa el valor monetario de evitar el desagrado del viaje, y está asociado a las condiciones de éste. Por ello, la contribución de este elemento al VT viaje será tanto menor cuanto más cómodo, seguro, etc.,... sea el modo de transporte elegido.

El valor del tiempo como recurso es, como se ha apuntado, μ / l , es decir, el cociente entre la utilidad marginal del tiempo y la utilidad marginal del dinero; este sería el valor del tiempo de ocio. Es inmediato demostrar que será inferior al valor del tiempo de viaje, ya que (23) $> \mu / l$.

Por otra parte en determinadas condiciones el VST será igual al salario. Si se considera que el individuo elige con libertad absoluta su tiempo de trabajo y que éste no forma parte de la definición de la función de utilidad resultaría que:

La variable dual de (17), $j=0$; puesto que esta restricción no se daría.
 $-\frac{\partial U}{\partial t_w} = 0$

Teniendo en cuenta esto la restricción (16) tomaría la forma $l w + m = 0$. De donde $VST = m / l = w$.

Hay fuertes diferencias entre la teoría de Becker y la de De Serpa. La primera se aferra al concepto de precios sombra

o coste de oportunidad para el tiempo de viaje, que es uniforme en todas las actividades y circunstancias (dado que el tiempo es considerado como infinitamente divisible y homogéneo). Por el contrario, el trabajo de De Serpa postula la teoría de la asignación del tiempo como una elección discreta.

En 1972, Evans propuso un modelo en el cual la única argumentación de la función de utilidad es la asignación de tiempo a las diferentes actividades. El consumidor elige la mejor combinación de actividades sujeto a las restricciones monetaria y de tiempo. La función de utilidad para el individuo es expresada como sigue:

$$U = U(T_i) \quad (24)$$

donde T_i denota el número de unidades de tiempo que el individuo emplea en la actividad i . Las restricciones en este caso son:

$$T = \sum_i T_i \dots \dots \{m\} \quad (25)$$

$$\sum_i r_i t_i = 0 \dots \dots \{I\} \quad (26)$$

donde el coste por hora r puede ser positivo si el individuo paga por esa actividad o negativa si recibe dinero (por ejemplo, en el trabajo); y, naturalmente, será igual a cero si la actividad es libre. Si maximizamos la función sujeta a las restricciones obtenemos:

$$U_i = m + I r_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (27)$$

Así pues, el tiempo empleado en cada actividad depende tanto de la utilidad derivada de ésta, como del precio que el individuo paga/recibe. Resolvien-

do (27) para μ se puede observar que si el individuo asigna el tiempo de forma óptima entre las diferentes actividades, un pequeño incremento del tiempo empleado en una actividad junto con decremento equivalente en el tiempo empleado en otra le dejarían igual. Sin embargo, la evidencia empírica sostiene que una reducción en el tiempo de viaje constituye una mejora para el individuo, contrariamente a lo que la teoría establece.

La gran innovación de Train y McFadden (1978) consiste en incorporar el transporte como un bien de elección discreta; diferenciándose así del resto de los bienes que se suponen continuos. La función de utilidad tiene dos variables: L que representa el tiempo de ocio y G que es el gasto en consumo de un bien generalizado X .

$$Max U(G, L) \quad (28)$$

s.a.:

$$G = Y + w t_w - r_i \quad (29)$$

$$L = T - t_w - t_i \quad (30)$$



La restricción (29) indica que el gasto total en el bien generalizado x debe ser igual al ingreso total menos el dinero invertido en transporte. El ingreso total se descompone, como siempre, en patrimonial y laboral. La restricción (30) es de tiempo e indica que el tiempo de ocio se obtiene tras restar al tiempo disponible T las horas de trabajo y el tiempo en transporte.

En este contexto, las variables de decisión son t_w y el modo de transporte (definido por los pares de valores r_j, t_j). De este modo, la situación se resuelve secuencialmente:

- 11) El sujeto optimiza el nivel de consumo de x ; lo que significa determinar un número óptimo de horas trabajadas. Se supone que esta decisión para un modo de transporte dado; lo que quiere decir, para todo i .
- 21) Dado t_w óptimo, el individuo selecciona el modo de transporte que maximiza su utilidad. Así, el medio de transporte elegido será aquel para el que $U_i > U_j$. Esta idea conecta de inmediato con los modelos de elección discreta. A partir de la forma funcional supuesta de Cobb-Douglas pueden obtenerse los celebres modelos *logit* y *probit* en virtud de cual sea la función de distribución de la variable aleatoria de la función de utilidad.

En el primer nivel sólo hay una variable de decisión que es t_w . Así, tomando la función objetivo y derivando respecto al tiempo de trabajo:

$$\frac{\partial U_i}{\partial G_i} \frac{\partial G_i}{\partial t_w} + \frac{\partial U_i}{\partial L_i} \frac{\partial L_i}{\partial t_w} = 0 \quad (31)$$

Sin embargo, de (29) y (30) se sabe que $\frac{\partial G_i}{\partial t_w} = w$ y $\frac{\partial L_i}{\partial t_w} = -1$. Luego entonces,

$$\frac{\partial U_i}{\partial G_i} w - \frac{\partial U_i}{\partial L_i} = 0 \quad (32)$$

de donde,

$w = (\frac{\partial U_i}{\partial L_i} / \frac{\partial U_i}{\partial G_i}) = VST$, ya que, como es sabido, el numerador indica la utilidad marginal del tiempo y el denominador la del dinero. Se observa así cómo Train y McFadden llegan a la misma conclusión básica que De Serpa. Y ello es así gracias a que parten de un supuesto básico fundamental, y es que el consumidor elige libremente cómo distribuir su tiempo; esto es, que el tiempo de trabajo es exógeno.

A continuación, Train y McFadden ofrecen una solución al problema de la especificación de una función de utilidad usando la conocida forma Cobb-Douglas:

$$U = aG^{1-b}L^b \quad (33)$$

Donde a y b son parámetros que indican la mayor o menor preferencia por el ocio respecto del consumo. Así $b=1$ señalará la mayor preferencia posible por el ocio. El paso siguiente consistirá en completar este plan-

teamiento con las restricciones (1) y (2) y resolver usando el procedimiento secuencial descrito. Así se obtiene, en primer lugar, el número óptimo de horas a trabajar y, una vez sustituido el resultado en la función de utilidad, la función indirecta de utilidad que tendrá la forma que se ofrece a continuación:

$$V_i = K - c(w^{-b}r_i - w^{1-b}t_i) \quad (34)$$

Aquí, K y c son constantes. Pero esta función indirecta de utilidad no es el resultado final buscado. Siguiendo a Jara Díaz (1987) se procederá de la siguiente forma: puesto que el consumidor elegirá el modo j tal que $V_j > V_i$ para todo i ; se eliminan los términos irrelevantes en la comparación y se obtiene la función de utilidad modal. Obsérvese que esta función está expresada en términos de la tarifa y el tiempo de viaje asociados a cada modo.

$$(b = 0) \quad V_i = -w t_i - r_i \quad (35)$$

$$(b = 1) \quad V_i = -r_i w^{-1} + t_i \quad (36)$$

En el primer caso, ($b=0$) el sujeto valora el consumo, por lo que querrá gastar lo menos posible en el viaje. Es por ello que el tiempo viene ponderado por el salario. En el segundo caso, la mayor importancia relativa del ocio hace que valore más el tiempo. Esto explica que la tarifa importe menos y vaya ponderada por la inversa del salario. En cualquier caso, el VST como cociente entre los parámetros del tiempo y del costo será el salario, tal y como se demostró para el caso genérico. Es importante enfatizar que, dado que el individuo elige libremente el tiempo dedicado a



trabajar (W), el valor del tiempo de trabajo y del tiempo de ocio coincidirán y serán igual a w .

En 1986, Bates y Roberts, basándose en los trabajos de De Serpa (1986) y Train y Mc Fadden (1978), presentan un modelo más realista que suprime la suposición de que el individuo puede elegir libremente su tiempo de trabajo. Los supuestos de infinita flexibilidad en la elección del tiempo de trabajo son poco realistas en muchos casos, y las restricciones encontradas por el individuo para determinar el valor de t_w afectan de forma importante al valor del tiempo. Esta es la principal razón, dada por estos autores para proponer un modelo donde el tiempo de trabajo es exógeno y, por tanto, no es controlado por el sujeto. Por este motivo, t_w desaparece del planteamiento del problema: el ingreso total es un dato fijo.

$$U(x, q, t, \dots) \quad (36)$$

$$Y = px + \sum_i d_i c_i \dots I \quad (37)$$

$$T = q + \sum_i d_i t_i \dots m \quad (38)$$

$$t_i \geq t_i^0 \dots y \quad (39)$$

donde x es el consumo de un bien generalizado, q es el tiempo disponible después de las necesidades biológicas básicas y del tiempo de trabajo. d es una variable dual que indica que sólo se puede elegir un modo (los modos son excluyentes).

Las condiciones de primer orden para el problema son:

$$L = U(x, q, t_i) + I(Y - px - \sum_i d_i c_i) + m(T - q - \sum_i d_i t_i) + \sum_i y_i d_i (t_i - t_i^0) \quad (40)$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} - Ip = 0 \quad (41)$$

$$\frac{\partial U}{\partial q} - mq = 0 \quad (42)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t_i} - m + \sum_i y_i d_i = 0 \quad (43)$$

Para resolver el problema de la especificación de la función de utilidad, Bates y Roberts hacen una aproximación lineal:

$$U \approx a + \frac{\partial U}{\partial x} x + \frac{\partial U}{\partial q} q + \sum_i \frac{\partial U}{\partial t_i} t_i \quad (44)$$

Después de hacer las sustituciones pertinentes y tras simplificaciones triviales se llega a la siguiente expresión:

$$U = a + I(Y - \sum_i d_i c_i) + mT - \sum_i d_i y_i t_i \quad (45)$$

A continuación, se emplea la técnica, ya conocida, para llegar a la función de utilidad modal. Eliminando los términos irrelevantes en la comparación se obtiene lo siguiente:



$$a + I(Y - c_i) + mT - y_i t_i \quad (46)$$

Y de ésta se llega a:

$$U = -Ic_i - y_i t_i \quad (47)$$

que es la función de utilidad modal en este modelo. Obsérvese que es semejante a la Train y McFadden; no obstante no aparece, como ponderador del costo y el tiempo de viaje, el salario. Ello es debido a que ha sido eliminado del campo de decisión del sujeto el tiempo de trabajo. He aquí una diferencia importante respecto del modelo de Becker y del de Train y Mc Fadden (1978). La expresión (44) corresponde a la parte determinística de la función indirecta de utilidad usada en los modelos de elección discreta (Ortúzar y Willumsem, 1994).

El valor del tiempo de viaje:

$$\frac{y_i}{I} = \frac{m - \frac{\partial U}{\partial t_i}}{I} \quad (48)$$

Nótese que es la misma conclusión a la que llegó De Serpa. También en este caso es fácil advertir que es $VST_{\text{viaje}} > VST$. Además, el valor del tiempo de viaje es distinto para cada modo. La razón es que los coeficientes para el tiempo y el costo están particularizados por modo, tal y como indican los subíndices i . Por otro lado el VST es $m/1$; en esto coinciden también con De Serpa.

Partiendo del mismo supuesto de Bates y Roberts en cuanto a considerar como exógena la variable tiempo de trabajo, Jara Díaz et al. (1988) plantean el

siguiente problema del consumidor:

$$\text{Max.: } U = aG^{1-b}L^b \quad (49)$$

$$G + Bc = I \quad (50)$$

$$L + W + Bt_i = T \quad (51)$$

Donde:

- B = Número de viajes
- W = horas trabajadas en el periodo T
- I = Ingreso en el periodo T y el resto son variables de significado ya explicado.

Puesto que el tiempo de trabajo es exógeno no hay que optimizarlo, y para obtener la función indirecta de utilidad se reemplazan las dos restricciones en la función objetivo y se llega a:

$$V_i = K(1 - Bc_i)^{1-b} (T - W - Bt_i)^b \quad (52)$$

Así, el compromiso entre consumo y tiempo libre aparece ahora como uno entre costo y tiempo de viaje. La decisión es entre modos rápidos y caros y aquellos lentos y baratos.

Efectuando una expansión de Taylor de segundo orden de U en G y L en torno a $(I, T-W)$; tras diversas derivaciones y simplificaciones se obtiene la siguiente función de utilidad indirecta condicional:

$$\begin{aligned} & -(1-b) \frac{c_i}{g} - b t_i - \\ & \frac{1}{2} b(1-b) \frac{c_i}{g} PT t_i - \\ & \frac{1}{2} b(1-b) \frac{c_i}{g} PG + \\ & b(1-b) \frac{c_i t_i}{I} \quad (53) \end{aligned}$$

Aquí aparecen nuevos elementos que es necesario definir:

- $PI = c_i / I$ = Proporción del costo de viaje sobre el total de ingresos.
- $PT = t_i / T$ que es la proporción de tiempo de viaje sobre el total de tiempo disponible por el sujeto.
- g = es la tasa de gasto = $I / (T - W)$ que representa el nivel posible de consumo por unidad de tiempo disponible para hacerlo.

Tanto Jara Díaz como Bates y Roberts (1986) consideran que el tiempo de trabajo es exógeno; sin embargo, en el segundo caso no se especifica la forma funcional de la función de utilidad, mientras que en el primero se emplea una Cobb-Douglas, como en Train y Mc Fadden (1978).

La gran aportación del modelo de Jara es introducir elementos nuevos de análisis como PT y PI que aproximan la modelación a la realidad, sobre todo en el caso de los países en desarrollo, en los que la proporción del gasto en transportes sobre el ingreso total representa una parte importante como demuestran Ortúzar y Jara Díaz (1986). Los modelos vistos anteriormente suponen que el efecto renta no está presente en la demanda por transporte, lo que equivale a postular que el gasto en transporte es sólo una pequeña proporción del gasto total. En efecto, se observa que la función de utilidad modal depende de tres tipos de factores: los parámetros de preferencia directa por bienes y tiempo libre (b y g , siendo $g = 1 - b$); la incidencia del gasto en transporte en el presupuesto total (PI) y la incidencia del tiempo de transporte en el tiempo disponible fuera del trabajo (PT).

En primer lugar, se observa que, si tanto PI como PT son despreciables, la importancia de costo y tiempo en la elección modal queda directamente valorada por b y g . En segundo lugar, a mayor PI , mayor peso del costo y menor del tiempo de viaje en la elección modal.

Por último, es preciso recordar que la proporción del ingreso gastada en un bien o servicio es indicativa de la presencia de efecto renta en el consumo. Por lo tanto, la forma general del modelo de tasa de gasto representada por (53) señala que es posible distinguir entre el efecto de considerar el ingreso como variable exógena captado a través de g y el efecto ingreso representado por PI .



CONCLUSIONES

Los modelos que se han presentado constituyen la base de numerosas aplicaciones empíricas. Los supuestos teóricos asumidos acerca de las variables relevantes, la consideración por las cuales son fijos y por las cuales no y la naturaleza de las restricciones que se establecen, son cuestiones que afectan al valor del tiempo obtenido. El supuesto de los primeros modelos de asignación temporal, que considera que el individuo elige el tiempo dedicado al trabajo y que el ratio salario/hora es fijo e independiente del tiempo total trabajo conduce al resultado de igualar el valor del tiempo con el salario. Este supuesto es roto por Bates

y Roberts que introducen un modelo en el que el tiempo de trabajo es una variable exógena; de este modo, el papel del w en la elección modal desaparece.

El consumo de bienes es la esencia de los modelos de Becker (1965) y De Serpa (1971, 1973). El primero, considera el tiempo como un vector requerido para producir bienes finales; por su parte, De Serpa establece que T es parte de la descripción de x . La originalidad de este autor reside, por otra parte, en ser el primero que establece una restricción de tiempo mínimo para las actividades, de manera que si esa restricción no es activa el valor del tiempo asignado a una actividad no será positivo. Train y McFadden (1978) construyen un nexo entre los pri-

meros modelos de asignación temporal y los modelos de elección modal, Aparece así, por vez primera la utilidad modal como función. La diferencia esencial con Jara Díaz y Bates y Roberts (1986) es que en estos últimos el tiempo de trabajo es exógeno y, por tanto, el VST no coincidirá con el w . En ambos modelos la tasa de gasto ($I/(T-W)$) adquiere un papel importante al figurar en la expresión final de la función de utilidad. En el caso de Jara Díaz, aplicando un desarrollo de Taylor de segundo orden llega a una expresión en la que la proporción del costo y del tiempo de viaje sobre el ingreso y el tiempo disponible figuran en la utilidad modal, adquiriendo así el ingreso un rol destacado.

BIBLIOGRAFÍA

- **BATES, J. y ROBERTS, M. (1986):** *Value of time research: summary of methodology and findings*. 14th PTRC Summer Annual Meeting, University of Sussex, UK; 14-18 July.
- **BECKER, G. (1965):** *A theory of the allocation of time*. The Economic Journal, Núm. 81, págs. 828-846.
- **DE SERPA, A. (1971):** *A theory of the Economics of Time*. The Economic Journal, Vol. 81, págs. 828-846.
- **DE SERPA, A. (1973):** *Micro-economic theory and the valuation of travel time: some clarifications*. Regional Urban Economics, núm. 2, págs. 401-410.
- **EVANS, A. (1972):** *On the Theory of Valuation and Allocation of Time*. Scottish Journal of Political Economy, Feb., págs. 1-17.
- **FERNÁNDEZ, J. (1992):** *El valor subjetivo del tiempo: antecedentes y marco teórico para una investigación empírica*. Documento de trabajo nº 63. Univers. Católica de Chile.
- **GONZÁLEZ, R. (1997):** *The value of time: a theoretical review*. Transport reviews; Vol 17, Núm.3, págs. 245-266.
- **JARA DÍAZ, S. (1990):** *Valor subjetivo del tiempo y utilidad marginal del ingreso en modelos de partición modal*. Apuntes de Ingeniería, núm.39, Santiago de Chile, Universidad de Chile, págs. 41-50.
- **JARA DÍAZ, S. y FARAH, M. (1986):** *Transporte y gasto familiar en sectores de bajos ingresos en Santiago*. Actas del IV Congreso Panamericano de Ingeniería del Transporte.
- **JARA DÍAZ, S. y FARAH, M. (1987):** *Transport demand and user's benefits with fixed income: the goods/leisure trade off revisited*. Transportation Research, 21B (2), págs.165-170.
- **JARA DÍAZ, S. y ORTÚZAR, J. de D. (1986):** *Valor subjetivo del tiempo y rol del ingreso en la especificación de la demanda por transporte*. Apuntes de Ingeniería, núm. 24. Santiago de Chile, Universidad de Chile.

- **JARA DÍAZ, S. y ORTÚZAR, J. (1987):** *Valor subjetivo del tiempo considerando el efecto ingreso en la partición modal*. Actas del V Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte. Santiago de Chile.
- **LANCASTER, K. (1966):** *A New Approach to Consumer Theory*. Journal of Political Economy, Vol. 74, págs. 132-157
- **ORTÚZAR, J. y WILLUMSEM, L. (1994):** *Modelling transport*, Chichester, UK., ed. Wiley
- **POLLACK, R. y M. WACHTER (1975):** *The Relevance of Household Production Function and its implications for the Allocation of Time*. Journal of Political Economy. Vol. 83, nº2, págs. 255-277
- **TRAIN, K. y D. MCFADDEN (1978):** *The Goods/Leisure Trade-Off and disaggregate Work Trip Mode Choice Models*. Transportation Research, Vol. 12, págs. 349-353

BIOGRAFÍA

JOSÉ MARÍA GRISOLIA SANTOS

Licenciado en Ciencias Económicas por la U.N.E.D. (1995). Amplió estudios de Doctorado en la Universidad de Chile y la Universidad Católica de Chile en el segundo semestre de 1996. Actualmente es profesor asociado del Departamento de Análisis Económico Aplicado e imparte su docencia en el área de Teoría Económica, donde realiza su tesis doctoral en el campo

de la demanda de transporte usando modelos de elección discreta.

Dirección:

Departamento de Análisis Económicos Aplicados
Facultad de Ciencia Económica y Empresariales
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Teléfono: 928 45 18 11

Este trabajo ha sido patrocinado por:

PUBLICIDAD ATLANTIS, S.A. y LOPESAN, S.A.