

PLANEAMIENTO DEL TRANSPORTE Y DESARROLLO  
RURAL URBANO.

Héctor J.C. Grupe (\*)

---

(\*) Universidad Nacional de Córdoba.

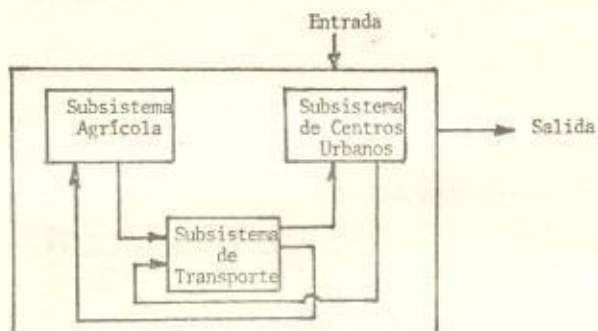
## PLANEAMIENTO DEL TRANSPORTE Y DESARROLLO RURAL URBANO

### Un enfoque de Análisis de Sistemas

#### Resumen

Una región rural puede ser definida según tres subsistemas que se interrelacionan: 1) Agrícola o rural; 2) Centros Urbanos; 3) Transporte.

Estos sistemas actúan de la siguiente manera:



Dado que la región rural pertenece a cierto territorio nacional, su sistema no constituye más que parte de un sistema más general, reconocible a nivel regional o nacional. Siendo que el sistema no es cerrado, las entradas y salidas son flujos de bienes corrientes (consumo e inversión), bienes intermedios y también como las corrientes humanas (migraciones internas), comunicaciones, informaciones, capital, etc.

El nivel de las entradas y salidas lo determinan las demandas regionales pero también la relación entre los centros urbanos teniendo las mismas o distintas jerarquías.

## PLANEAMIENTO DEL TRANSPORTE Y DESARROLLO RURAL URBANO

### Un enfoque de Análisis de Sistemas

El desarrollo de regiones o micro-regiones agrícolas o agropecuarias constituye una temática de interés creciente a nivel latino-americano en la cual convergen los esfuerzos de varios organismos internacionales, asesores y financieros.

La bibliografía relacionada con estos "proyectos" está constituida por aportes parciales al conocimiento y solución de problemas específicos correspondientes a los mismos, sin que se verifique la existencia de un núcleo central de ideas que posibilite una adecuada integración de esos aportes parciales.

La Economía Espacial o Regional, en su estado actual de evolución, provee un cuerpo conceptual que requiere grandes esfuerzos de adaptación para llegar a obtener esquemas que permitan arribar, en forma clara, a una comprensión total del ordenamiento rural-urbano en aquellas regiones o micro-regiones, de las relaciones área rural-núcleos urbanos, núcleos urbanos entre sí y rol del sistema de transporte en las relaciones antes mencionadas.

Ese es el motivo por el cual este trabajo presenta un esquema analítico que se aparta de los convencionales en Economía Espacial o Regional, recurriendo a principios y métodos del Análisis de Sistemas.

El desarrollo considera, en forma implícita, un Sistema Rural-Urbano constituido por tres sub sistemas: 1) Subsistema Agrícola o Agropecuario; 2) Subsistema de Centros Urbanos y 3) Subsistema de Transporte. Su estructura analítica está planteada utilizando como base un modelo concebido para determinar y cuantificar los resultados obtenidos a partir de la modificación de una situación actual. (Cuadro Anexo).

1.- Sistema Rural-Urbano. Supóngase, a efectos del análisis siguiente, una región rural-urbana con niveles intermedios de desarrollo y movilidad en la cual se encuentra localizado un conjunto de centros urbanos de distintas jerarquías, vinculados entre sí, con el área rural y con el resto del país, por una cierta red de transporte.

Supóngase, además, que el área rural ha sido dividida en un cierto número de zonas, establecidas tomando en consideración elementos de homogeneidad ecológica, productiva y poblacional y la accesibilidad de las mismas en relación a los centros urbanos a través de la red de transporte.

Supóngase, por último, que se dispone de la siguiente información correspondiente a la situación actual:

- 1) Población rural, ocupación rural y pirámides poblacionales para cada zona rural;
- 2) Producción actual, rendimientos por Ha., insumos por unidad de producción (incluyendo mano de obra, agua y tierra), para cada producto agrícola en cada zona rural.
- 3) Características ecológicas de cada zona rural, cultivos posibles y estructura de insumos por unidad de producción correspondiente a los mismos (incluyendo mano de obra, agua y tierra).
- 4) Población, ocupación y pirámide poblacional para cada centro urbano. Estructura productiva de los mismos.
- 5) Relevamiento de la red de transporte correspondiente al sistema y costos generalizados de usuario. Organización institucional del transporte.
- 6) Precios c.i.f. mercado para cada producto agrícola y precios f.o.b. centroide de zona rural para los mismos. Relevamiento del sistema de comercialización.

2.- Modificación de la situación actual. Area rural. La modificación del sistema de transporte, del sistema de comercialización o ambas simultáneamente, puede conducir a nuevos niveles de precios f.o.b. de los productos agrícolas en los centroides de zonas rurales para precios c.i.f. mercado dados. Esos precios f.o.b. han de ser superiores a los previamente existentes y han de determinar beneficios netos de los productores 1/, por unidad de producto, distintos y generalmente mayores que los correspondientes a la situación anterior a la modificación.

Dado el nuevo conjunto de beneficios netos para cada producto en cada centroide de zona debe, evidentemente, modificarse la composición y nivel de producción de cada una de ellas, de acuerdo a su disponibilidad de tierra, mano de obra, agua y capital.

El programa lineal

$$\begin{array}{ll} \text{máx } Z = c \cdot X & \\ \text{sujeto a } & AX \leq b \quad (1) \\ & X \geq 0 \end{array}$$

en el cual

c= Vector de beneficios netos por unidad de producto;

X= Vector de niveles de actividad ( $X = [x_1, x_2, \dots, x_k]^T$ )

cuyas componentes corresponden a los niveles de producción de cada producto agrícola  $t (t = 1, 2, \dots, t)$

b= Vector restricciones, correspondiente a dotaciones de recursos o factores.

A= Matriz de coeficientes de insumos, en términos físicos, por unidad de producción de cada producto agrícola;

---

1/ Beneficios netos = Valor f.o.b. de la producción - (costo de los insumos + costo de la mano de obra).

permite determinar, para cada zona del área rural, los productos agrícolas y niveles de producción que maximizan el beneficio neto y total de la misma.

Como, de acuerdo a lo establecido, para cada producto agrícola se conoce su estructura de insumos en términos físicos, es posible determinar para cada zona, conocida la composición y niveles de la producción, los niveles de ocupación agrícola  $O_{r_i}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ , número de zonas).

La información suministrada por las pirámides poblacionales permite el cálculo de  $r_{r_i}$ , relación entre población total y mano de obra activa en cada zona  $i$ , la cual permite obtener:

$$P_{r_i} = r_{r_i} \cdot O_{r_i}, \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

siendo  $P_{r_i}$  la población total de cada zona  $i$ .

También, conocidos los niveles de producción para cada producto en cada zona agrícola  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), es posible calcular el ingreso bruto correspondiente a cada una de ellas:

$$I_i = \sum_{k=1}^k p_{k_i} \cdot x_{k_i} \quad (3)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

expresión en la cual:

$P_{i1}$  = precios f.o.b. del producto agrícola  
    i en el centroide de la zona rural i.

$X_{i1}$  = Volumen de producción del producto agrícola  
    la i en la zona rural i.

$I_i$  es el ingreso total disponible en cada zona rural para la adquisición de bienes de consumo, de inversión y para utilización intermedia, de modo tal que en cada una de ellas ha de darse un nivel de demanda total  $D_i$  tal que:

$$D_i \leq I_i \quad (i=1,2, \dots, n)$$

Esta demanda total puede ser estimada como un porcentaje del ingreso bruto total, establecido de acuerdo a las características de cada zona rural i.

3.- Modificación de la situación actual. Centros Urbanos. Las demandas  $D_i$ , correspondientes a cada zona rural i, se han de distribuir entre  $j$  centros urbanos ( $j=1,2, \dots, m$ ) constituyentes del área rural-urbana y algunos localizados fuera de ella, originando demandas  $D_{ij}$  de cada zona rural i a cada centro urbano  $j$ , demandas que serán función de la accesibilidad de cada zona a cada centro.

En situación de equilibrio debe verificarse que:

$$D_{ij} = S_{ij} \quad (4)$$

donde  $S_{ij}$  simboliza la oferta del centro  $j$  a la zona i.

La relación entre demanda  $D_{ij}$  y accesibilidad entre i y j y la igualdad (4) pueden ser formalizadas en el siguiente modelo:

$$S_{ij} = D_{ij} = A_i \cdot D_i \cdot W_j \cdot f(c_{ij})$$

(5)

$$A_i = \left[ \sum_{j=1}^m W_j \cdot f(c_{ij}) \right]^{-1}$$

Este modelo es de tipo gravitatorio con una sola condición, en el cual  $f(c_{ij})$  incluye el costo generalizado de transporte entre la zona rural  $i$  y el centro urbano  $j$ ,  $D_i$  la demanda total de la zona  $i$  y  $W_j$  el peso asignado a cada centro urbano  $j$ . 1/.

Las ecuaciones (5) permiten generar la siguiente matriz de oferta de los centros urbanos a las distintas zonas rurales en condiciones de equilibrio.

---

1/ La forma general del modelo es:

$$D_{ij} = A_i D_i W_j f(c_{ij})$$

$$\sum_j D_{ij} = D_i$$

forma que es equivalente a la presentada en las ecuaciones (5).

$f(c_{ij})$  es una función continua decreciente de  $c_{ij}$  ( $f'(c_{ij}) < 0$ ), la cual puede adoptar alguna de las formas siguientes:

$$f(c_{ij}) = c_{ij}^{-\alpha} ;$$

$$f(c_{ij}) = e^{-\beta c_{ij}}$$

MATRIZ DE OFERTA DE LOS CENTROS URBANOS A CADA ZONA RURAL.

$i \backslash j$	1	2		j		m	i
1	$S_{11}$	$S_{12}$		$S_{1j}$		$S_{1m}$	$D_1$
2	$S_{21}$	$S_{22}$		$S_{2j}$		$S_{2m}$	$D_2$
i	$S_{i1}$	$S_{i2}$		$S_{ij}$		$S_{im}$	$D_i$
n	$S_{n1}$	$S_{n2}$		$S_{nj}$		$S_{nm}$	$D_n$
i	$S_1$	$S_2$		$S_j$		$S_m$	$D$

$S_1, S_2, \dots, S_m$  constituyen las ofertas totales correspondientes a cada centro urbano  $j$  y tienen como expresión general, de acuerdo a lo establecido en (5), el siguiente modelo:

$$S_j = \sum_{i=1}^n A_i \cdot D_i \cdot W_j \cdot f(c_{ij}) \quad (7)$$

$$A_i = \left[ \begin{array}{c} m \\ \sum_{j=1} W_j \cdot f(c_{ij}) \end{array} \right]^{-1}$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$j = 1, 2, \dots, m$$

Conocido  $\alpha$ , coeficiente medio ocupación/producción, correspondiente a los centros urbanos localizados en el área rural, es posible calcular  $l_j^0$ , empleo urbano determinado por la satisfacción de las demandas  $D_i$  correspondientes a las zonas rurales.

$$l_j^0 = \alpha \cdot S_j = \alpha \sum_{i=1}^n A_i \cdot D_i \cdot W_j \cdot f(c_{ij})$$

$$A_i = \left[ \begin{array}{c} m \\ \sum_{j=1} W_j \cdot f(c_{ij}) \end{array} \right]^{-1} \quad (8)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$j = 1, 2, \dots, (m - k)$$

$k$  = número de centros urbanos localizados fuera del área rural bajo estudio.

4.- Ocupación Urbana Total. Dimensiones Urbanas Resultantes. En el párrafo anterior se ha llegado a la determinación de  $1^0_j$ , empleo en cada centro urbano del área rural  $j$  ( $j=1,2,\dots,(m-k)$ ) vinculado a la satisfacción de las demandas  $D_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) correspondiente a cada una de las zonas rurales.

Además de  $1^0_j$  es posible identificar, en esos centros urbanos, los siguientes tipos de ocupación o empleo:

- 1) Empleo vinculado a las agroindustrias;
- 2) Empleo vinculado a la satisfacción de la demanda  $D_j$  ( $j=1,2,\dots,(m-k)$ ) en cada centro urbano localizado en el área rural-urbana.
- 3) Empleo vinculado a la satisfacción de las demandas  $D'_{ij}$  de cada centro urbano  $i$  a cada centro urbano  $j$  ó, en otros términos, empleo vinculado a la satisfacción de la demanda existente entre centros urbanos.  $1/$ .

4.1. Empleo vinculado a las agroindustrias y a la comercialización de productos agrícolas. La localización de agroindustrias en los centros urbanos del área rural urbana es resultante de decisiones de inversión y de localización y no es consecuencia de relaciones rural urbanas específicas.

Esta característica determina que la localización de esas industrias pueda ser analizada en forma exógena al modelo hasta ahora desarrollado, recurriendo a la teoría de la localización industrial en su forma convencional.

Algo semejante ocurre con las actividades de comercialización de la producción agrícola cuya localización, si bien está ligada a la localización de aquella producción, es resultante de una decisión empresarial de localización y no está condicionada a priori por un modelo general.

$1/ D'_{ij}$  ( $i=1,2,\dots,(m-k)$ ), demanda total del centro urbano  $i$  localizada en el área rural urbana  $j$  ( $j=1,2,\dots,m$ ) número total de centros urbanos considerados:  $D'_{ij} / 0$  para  $i \neq j$ .

Ambas actividades, agroindustrias y comercialización de la producción agrícola, generan los niveles de empleo  $2^0_j$  en cada centro urbano ( $j= 1,2, \dots(m-k)$ ).

4.2.- Empleo vinculado a la satisfacción de la demanda  $D_j$  ( $j= 1,2, \dots(m-k)$ ) en cada centro urbano localizado en el área rural-urbana. Empleo urbano total. Las componentes de empleo urbano definidas anteriormente generan, en cada centro urbano  $j$  ( $j=1,2, \dots(m-k)$ ), un empleo básico total:

$$3^0_j = 1^0_j + 2^0_j \quad (9)$$

Este empleo ha de dar origen a un cierto nivel de ingreso urbano el cual, a su vez, ha de determinar una demanda urbana que debe ser satisfecha por el mismo centro urbano dando origen a niveles adicionales de empleo. Teniendo en cuenta que esta demanda urbana genera un proceso multiplicador de empleo, se puede escribir:

$$0_j = \frac{1}{1 - \delta} 3^0_j \quad (10)$$

En esta expresión,  $\frac{1}{1 - \delta}$  es el multiplicador de empleo y  $0_j$  es el empleo urbano total, resultante sin tomar en consideración la interacción entre centros urbanos.

4.3.- Población de los centros urbanos. Conocido el nivel de empleo  $0_j$  ( $j= 1,2, \dots(m-k)$ ) en cada centro urbano y conocido  $\pi_{u_j}$ , relación existente en los centros urbanos entre la población total y mano de obra activa, se llega a:

$$P'_{u_j} = v_{u_j} \cdot O_j \quad (11)$$

$$j = 1, 2, \dots (m-k)$$

población de cada centro urbano  $j$ , calculada sin tomar en consideración la interacción entre centros urbanos.

El nivel resultante para  $P'_{u_j}$  constituye una buena primera a aproximación a la población urbana de modo tal que, si no se plantean requerimientos mayores de exactitud, puede ser considerada como valor definitivo y como salida del modelo.

A su vez, estableciendo  $W_j = P'_{u_j}$  en las ecuaciones (5) y siguientes, se puede establecer un circuito de realimentación en el modelo que, a través de algunas iteraciones, ha de proveer niveles de  $P'_{u_j}$  no dependientes de un sistema inicial de pesos  $W_j$ .

4.4. Interacción entre centros. Ajuste de la población de los centros urbanos. El modelo desarrollado anteriormente puede ser ampliado de modo tal que incluya los efectos en el empleo y la población de los centros urbanos  $i$  ( $i=1, 2, \dots (m-k)$ ) localizados en el área rural urbana resultantes de los niveles de demanda  $D'_i$  de cada uno de ellos, correspondientes a bienes y servicios de los restantes centros.

Se adoptarán subíndices  $i$  y  $j$  para los centros de localización de la demanda y de la oferta respectivamente.

La demanda  $D'_i$  ( $i=1, 2, \dots (m-k)$ ) se ha de distribuir entre el total de centros urbanos considerados originando demandas  $D'_{ij}$  de cada centro urbano  $i$  a cada centro urbano  $j$  ( $D'_{ij}=0$  para  $i=j$ ).

las cuales serán función de la accesibilidad entre centros.

En situación de equilibrio debe verificarse que:

$$D'_{ij} = S'_{ij} \quad (12)$$

donde  $S'_{ij}$  simboliza la oferta del centro urbano  $j$  al centro urbano  $i$ .

La relación entre demanda  $D'_{ij}$  y accesibilidad entre  $i$  y  $j$  y la igualdad (12) pueden ser formalizadas en el siguiente modelo 1/:

$$S'_{ij} = D'_{ij} = A'_i \cdot D'_i \cdot P'_j \cdot f(c'_{ij}) \quad (13)$$

$$A'_i = \left[ \begin{matrix} m \\ \sum_{j=1} P'_j \cdot f(c'_{ij}) \end{matrix} \right]^{-1}$$

$$i=1, 2, \dots, (m-k)$$

$$j=1, 2, \dots, m$$

Las ecuaciones (13) permiten generar la siguiente matriz de oferta de cada centro urbano a los restantes:

---

1/  $c'_{ij}$  = costo generalizado de transporte entre los centros urbanos  $i$  y  $j$ .

MATRIZ DE OFERTA CORRESPONDIENTE A LAS DEMANDAS LOCALIZADAS  
EN CENTROS URBANOS.

1 \ j	1	2	j	m	i
1	-	$S'_{12}$	$S'_{1j}$	$S'_{1m}$	$D'_1$
2	$S'_{21}$	-	$S'_{2j}$	$S'_{2m}$	$D'_2$
i	$S'_{i1}$	$S'_{i2}$	$S'_{ij}$	$S'_{im}$	$D'_i$
n-k	$S'_{(n-k)1}$	$S'_{(n-k)2}$	$S'_{(n-k)j}$	$S'_{(n-k)m}$	$D'_{(n-k)}$
t	$S'_1$	$S'_2$	$S'_j$	$S'_m$	S \ D

$S'_1, S'_2, \dots, S'_j, \dots, S'_m$  constituyen ofertas totales correspondientes a cada centro urbano  $j$  en relación a las demandas  $D'_i$ . Tienen como expresión general, de acuerdo a lo establecido en (13), el siguiente modelo:

$$S'_j = \sum_{i=1}^m A'_i \cdot D'_i \cdot P'_i \cdot u_j \cdot f(c'_{ij})$$

$$A'_i = \left[ \sum_{j=1}^m P'_i \cdot u_j \cdot f(c'_{ij}) \right]^{-1} \quad (14)$$

$$i=1, 2, \dots, (m-k)$$

$$j=1, 2, \dots, m$$

Conocido  $\alpha'$ , coeficiente medio ocupación/producción correspondiente a los centros urbanos, es posible calcular  $\Delta O_j$ , empleo urbano en cada centro del área rural, determinado por la satisfacción de las demandas  $D'_i$

$$\Delta O_j = \alpha S'_j = \sum_{i=1}^{(m-k)} A'_i \cdot D'_i \cdot P'_i \cdot u_j \cdot f(c'_{ij})$$

$$A'_i = \left[ \sum_{j=1}^m P'_i \cdot u_j \cdot f(c'_{ij}) \right]^{-1} \quad (15)$$

$$i=1, 2, \dots, (m-k)$$

$$j=1, 2, \dots, (m-k)$$

Determinado  $\Delta O_j$  surgen, en forma inmediata

$$O_{uj} = O_j + \Delta O_j \quad (16)$$

y la población urbana total ajustada por las interrelaciones entre centros:

$$\Delta P'_{uj} = r_{uj} \cdot \Delta O_j \quad (17)$$

$$P_{uj} = P'_{uj} + \Delta P'_{uj} \quad (18)$$

$$j=1,2, \dots (m-k)$$

Los  $P_{uj}$ , provenientes de la ecuación (18) han de constituir las salidas definitivas del modelo a menos que, en forma semejante a la propuesta en el párrafo 4.3. (alternativa I), se introduzca un circuito de realimentación estableciendo  $W_j = P_{uj}$  en las ecuaciones (5) y siguientes (alternativa II) de modo tal que, después de algunas iteraciones, el modelo provea niveles de  $P_{uj}$  no dependientes de un sistema inicial de pesos  $W_j$  (ecuación 5)

La población total correspondiente al área rural urbana se obtiene como suma de las poblaciones rural (ecuac. 2) y urbana (ecuación 18), de modo tal que se tiene:

$$P_T = \sum_{i=1}^n P_{T_i} + \sum_{j=1}^{(m-k)} P_{U_j} \quad (19)$$

la diferencia:

$$\Delta P_T = P_T - P_{T_a} \quad (20)$$

en la cual  $P_{T_a}$  simboliza la población actual del área rural urbana, determina el saldo migratorio correspondiente a la misma después de las modificaciones introducidas de acuerdo a lo supuesto en el parágrafo 1.

4.5.- Submodelo de Transporte. El modelo desarrollado en párrafos anteriores resume en forma adecuada las relaciones rural-urbanas introduciendo como datos la información correspondiente al subsistema de transporte.

Un modelo general debe establecer las relaciones existentes entre el modelo hasta ahora desarrollado y el correspondiente a aquel subsistema. Dichas relaciones se establecen teniendo en cuenta que:

- 1) La determinación de los precios f.o.b. centroide de zona rural exige el conocimiento de los costos de transporte correspondientes a la producción agrícola, los cuales deben constituir salidas del submodelo de transporte;
- 2) Los volúmenes de producción agrícola en cada zona rural  $x_i$  ( $i=1,2, \dots, t$ ;  $i=1,2, \dots, n$ ) constituyen entradas para el submodelo de transporte;

- 3)  $c_{ij}$  y  $c'_{ij}$  son salidas del submodelo de transporte;
- 4)  $P_{r_i}$  ( $i=1,2, \dots, n$ ) y  $P_{u_j}$  ( $j=1,2, \dots, (n-k)$ ) constituyen entradas para el submodelo de transporte.

Los puntos 1) a 4) ponen en evidencia la posibilidad de elaborar un adecuado submodelo de transporte que, conjuntamente con el ya expuesto, constituya el modelo general del sistema rural-urbano.

#### BIBLIOGRAFIA

- CHADWICK G. : A Systems View of Planning - Oxford - Pergamon Press-1971- Cap. 3.
- GRUPE H.J.C. : Teoría de la Localización, Análisis Regional y Redes de Transporte. Buenos Aires, El Coloquio-1977
- LEE C. : Models in Planning - Oxford-Pergamon Press. 1973. Cap. 5.

