

1. INTRODUCCION

La Oficina Metropolitana de Planeamiento Urbano de Caracas inició un estudio global del área denominada Estructura Económica del Área Metropolitana y el Impacto de las Políticas de Desconcentración, para lo cual coordinó los esfuerzos de su propio personal de planificación con un equipo del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. En 1979 el Instituto de Urbanismo se unió a estos equipos con el propósito de analizar los efectos que determinadas políticas podrían tener sobre el espacio de la Región, particularmente en términos de localización de actividades. Se parte de la base de que las políticas económicas destinadas a ordenar, limitar o canalizar el crecimiento del área, deben ir acompañadas por políticas de transporte y uso del suelo en forma coordinada y consistente.

Se va a presentar en forma sintetizada, la problemática de la región, la metodología utilizada, y los resultados obtenidos.

2. PROBLEMATICA DE LA REGION

En el Mapa 1.1. se muestra, en forma simplificada, los principales componentes urbanos de la Región Capital, que constituye el área de estudio. La región puede dividirse en varias subregiones:

- a) Área Metropolitana de Caracas (1-31-33-35)
- b) Los Teques (32)
- c) Litoral Central (36-40)
- d) Valles del Tuy (41-45)
- e) Guarenas-Guatire (46)
- f) Litoral Barloventeño (47-49)
- g) Zona Protectora del Área Metropolitana (50-54)

Aquí no se pretende realizar un diagnóstico muy acabado de la región en su conjunto o de las partes que la componen, sino que simplemente se señalará una lista de los problemas o características más resaltantes que condicionan al estudio. Estos pueden resumirse en los siguientes puntos:

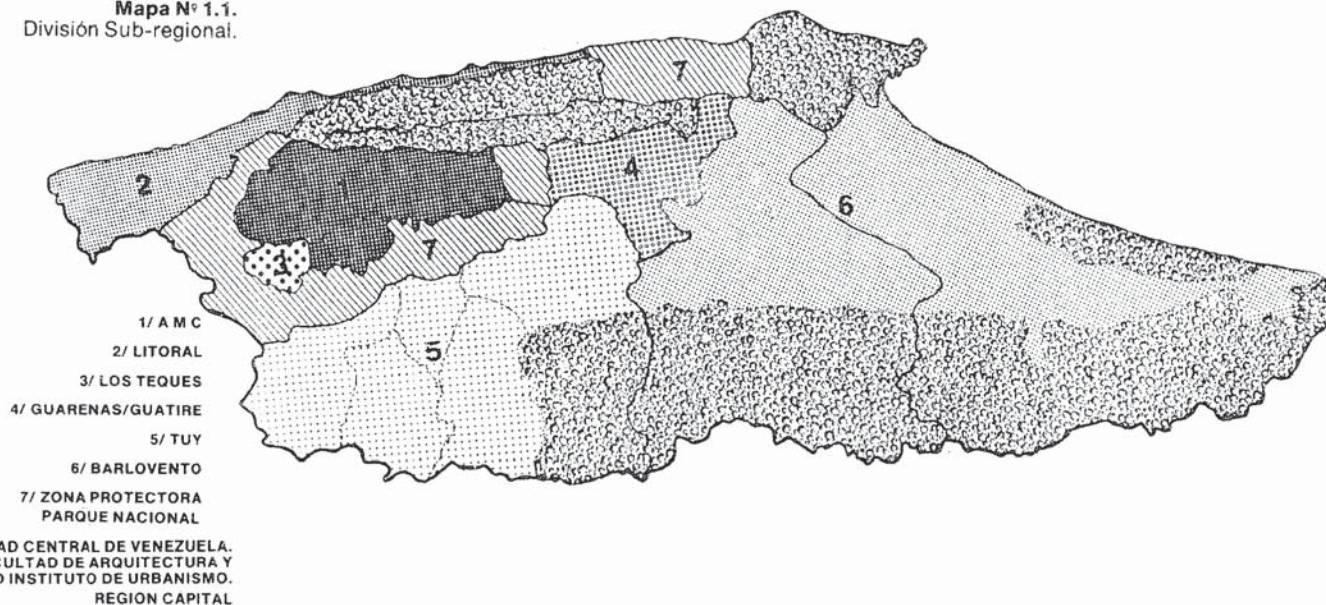
I) Crecimiento poblacional. Sin duda una de las características fundamentales del área es su rápida expansión y crecimiento poblacional. Desde las décadas del 50 y 60 el valle de Caracas se ha desbordado completamente, y la década del 70 ha visto desarrollos en lo que se denomina Área de Expansión de Caracas. El crecimiento poblacional se ha visto impulsado por el crecimiento del empleo, sobre todo del sector terciario, y por las fuertes migraciones, tanto nacionales como extranjeras.

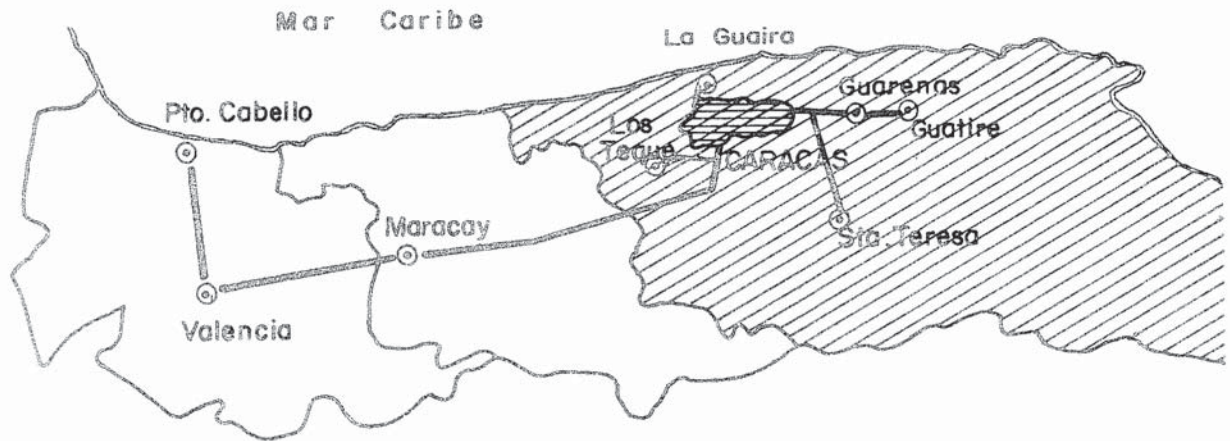
Nota¹: Este trabajo constituye la síntesis de la asesoría realizada a la (O.M.P.U.) por el equipo de uso del Suelo y de Transporte del I. Urbanismo (U.C.V.) la cual se efectuó con base en dos trabajos de investigación: DINASURB, Dinámica de los Sistemas Urbanos, dirigido por Marta Vallmitjana y TRANUS (Transporte y Uso del Suelo), dirigido por Tomás de la Barra.

ii) Especialización del rol de Caracas. A nivel nacional Caracas ha ido adquiriendo cada vez más el rol de centro administrativo y financiero, no sólo con respecto al sector público, por ser sede de una estructura gubernamental altamente centralizada, sino también con respecto al sector privado, al concentrar las oficinas centrales de la mayoría de las empresas importantes. Paralelamente, el costo de la tierra y otras condicionantes, ha hecho que Caracas resulte poco atractiva para la industria, por lo cual existe una tendencia a emigrar hacia otros lugares. Sin embargo su cercanía a otros centros le permiten completar fácilmente su rol administrativo con las actividades productivas; en efecto, Caracas y la región capital, deben ser vistas como una componente de un sistema de ciudades que incluye al eje industrial Maracay - Valencia - Puerto Cabello. En conjunto todos estos centros conforman la región centro-norte-costera, que concentra la parte importante de las actividades del país. (Ver mapa N° 1.2).

iii) Interdependencia de los centros. Como se mencionó, la región capital constituye el "polo terciario" de la región centro-norte-costera. Todo "polo terciario" tiene como característica esencial el estar muy centralizado. En otras palabras, el empleo terciario tiende a concentrarse en el espacio más que otros sectores, lo cual implica que sea especialmente difícil que la región capital se desarrolle como un conjunto de centros urbanos relativamente independientes entre sí. Este es un problema grave que debe enfrentar el área, ya que por restricciones topográficas de Caracas, las áreas de expansión se ubican entre 30 y 80 km del centro de Caracas, lo cual entra en conflicto con la fuerte dependencia funcional.

Mapa N° 1.1.
División Sub-regional.





Mapa N° 1.2 Representación esquemática de la región centro-norte costera.

IV) **Densidad y renta de la tierra.** Otro problema importante ha sido la dificultad del área por ofrecer suficiente tierra urbanizada e infraestructura adecuada al crecimiento explosivo de la población y del empleo. Las dificultades son de varios tipos, desde las topográficas hasta la capacidad de gestión del estado. Sean cuales fueren las razones, las consecuencias han sido que, por una parte, una buena proporción de la población se ha instalado en tierra sub-urbanizada y en muy malas condiciones de habitabilidad, y por otra parte, la densidad de ocupación del suelo ha resultado una de las más altas de América Latina. Esta alta demanda por una tierra escasa ha sido uno de los factores que han encarecido notablemente el precio o renta de la tierra. Sin embargo no ha sido éste el único factor, ya que no debe olvidarse el carácter monopólico de la renta de la tierra y el hecho de que la propiedad en Caracas ha sido instrumental en captar parte del excedente petrolero.

V) **Marginalidad.** El alto costo de la tierra ha traído consecuencias negativas en múltiples sectores (ha limitado, por ejemplo, la acción del estado), pero no cabe duda de que uno de los sectores más duramente golpeados ha sido la población de bajos ingresos y de ingresos medios-bajos. Al levantarse los precios más allá de lo razonable, una gran proporción de la población, cercana al 50%, se ha visto segregada del mercado de la vivienda formal. No sólo destaca la altísima proporción de población marginal, sino que destaca también la forma tajante en que se dividen los dos grupos, no existiendo una

amplia gama de sectores intermedios. El fenómeno, tan común en otras ciudades, de vastos sectores medios de la población que adquieren terrenos urbanizados para luego construir por su propia iniciativa, no se da en Caracas, ya que todo ese sector se ve obligado a utilizar tierra ilegal, sub-urbanizada y de fuertes pendientes. Demasiadas veces la calidad de las estructuras y el buen equipamiento electro-doméstico contrastan con la precaria y peligrosa condición de los terrenos y la pobreza del equipamiento comunitario. Por otra parte tasas de desempleo relativamente bajas ayudan a conformar una marginalidad más de carácter físico que económica. (Marginalidad ecológica).

VI) Transporte. El problema del transporte urbano en Caracas y la región central es de gran complejidad y difícil de resumir en pocas líneas. Indudablemente la alta densidad y topografía compleja constituye una dificultad inicial al funcionamiento del sistema. Para la "mitad formal" de la población la red viaria basada en autopistas poco adecuadas al tráfico urbano, una evidente debilidad de la vialidad secundaria, y una administración del tránsito prácticamente inexistente, contrastan con una alta tasa de motorización, generando un excesivo nivel de congestión de la red. El carácter privado de las urbanizaciones formales con débiles controles de planificación, ha generado una estructura viaria mal conectada y de difícil compatibilización con la vialidad principal. Para la "mitad marginal", que también debe hacer uso de la red viaria, se agrega las dificultades propias de los sectores de ranchos, en donde la escasa vialidad es producto del acuerdo espontáneo entre vecinos, debiendo sortear con verdadera acrobacia las fuertes pendientes impuestas por los cerros. El transporte público debe agregar a su organización ineficaz, las dificultades de transitar por una red primaria en autopistas diseñadas para automóviles y una red secundaria de distribución congestionadas. La única forma en que la población marginal puede alcanzar sus hogares es a través del uso masivo de vehículos rústicos de doble tracción, de organización espontánea y evidentemente no apta para el transporte de pasajeros. A nivel de la región central, el problema se hace aún más grave; como se mencionó, las áreas de expansión de Caracas poseen una fuerte dependencia funcional del centro, a pesar de quedar bastante alejadas. Esta situación genera una alta demanda de viajes suburbanos, para lo cual el sistema de transporte no está adecuado. El desarrollo futuro de la región, que se espera será muy fuerte en las áreas de expansión, amenaza con transformar el problema del transporte suburbano en la mayor dificultad para un sector de la población que puede llegar a ser entre un 30% y un 40% del total.

VII) Otros servicios. En numerosas ocasiones se ha planteado que los servicios básicos de la región, tales como agua, electricidad y cloacas, tienen una capacidad limitada para absorber el crecimiento de la demanda. Más allá de estos techos se prevén importantes crisis de abastecimiento, y la necesidad de obras de infraestructura de gran envergadura. Igual situación se plantea para educación, salud, alimentación y esparcimiento.

VIII) Fragilidad Geológica. Debido a su constitución física, el AMC siente el rigor de su accidentada topografía al no poder resistir el crecimiento explosivo de los últimos años, lo cual le ha impedido un crecimiento armónico una vez que han sido rebasadas las áreas planas aprovechables de su estrecho valle.

Esto ha originado una ocupación progresiva de áreas con restricciones ligadas a la naturaleza del terreno (geotécnicas, geológicas, pendientes), al este, oeste y sur-oeste de la ciudad que podrían ser consideradas como sus áreas naturales de expansión.

Las restricciones geotécnicas están dadas por las condiciones de la estructura geológica y de sismicidad que presentan estas áreas así como también al predominio de rocas esquistosas y material aluvial de origen reciente que hacen que sean zonas con malas condiciones para las construcciones.

Una buena porción de las áreas de expansión principalmente Mariches y el sector de la Panamericana tienen como substratum geológico la formación Las Brisas la cual litológicamente se halla constituida por esquistos cuarzomicaáceos y gneisses arenosos afectados en muchos casos por fuertes sistemas de diaclasas y fallas¹⁰. Debido a la intensa meteorización a la que han estado sometidos son suelos blancos de fácil excavación y remoción por lo que los cortes en laderas pueden ser inestables siendo necesario costosas obras para el control de taludes.

Desde el punto de vista geológico estas áreas están potencialmente amenazadas por la ocurrencia de riesgos geológico, presionado por la escasez de áreas aptas para urbanizar y donde una modificación en la topografía original puede producir deslizamiento de consecuencias inestimables tanto para el espacio físico como para los que lo habitan.

Evidentemente la lista de problemas no es exhaustiva, y se ha mencionado sólo los más importantes con el objeto de orientar la metodología del estudio que se ha emprendido. Más aun, por las restricciones del propio estudio, en términos de recursos y tiempos limitados, sólo se analiza un subconjunto de los problemas señalados. En especial no se pudo analizar el problema de transporte en la profundidad que habría sido necesario, y tampoco fue posible hacer un análisis espacial de la renta de la tierra y de la oferta de edificaciones. Estos problemas han sido planteados como prioritarios para la continuación del análisis en una segunda etapa del proyecto conjunto con la OMPU.

3. METODOLOGIA UTILIZADA

El estudio de las alternativas espaciales se ha basado, entre otras, en un estudio de carácter macro-económico de la región realizado por la OMPU. Este último define totales de población y empleo para la región por sectores y para los años horizonte considerados (1985 - 2000); estos totales varían de acuerdo a la política económico-demográfica que se trata. Es así como el Estudio de la Estructura Económica produjo un conjunto de resultados diversos, suponiendo por ejemplo, una situación tendencial, o alternativamente controles sobre la inmigración, desplazamientos de empleo fuera de la región capital en determinados sectores, incentivos y restricciones diversas. Cada alternativa analizada correspondió, en realidad, a combinaciones de diversas políticas que se consideraron como compatibles. Los resultados de las proyecciones de cada alternativa fueron luego evaluadas en términos de diversos indicadores, en especial en términos de su efectividad para generar un proceso de desconcentración a nivel regional, de los efectos sociales que cada alternativa produce, y de su viabilidad política. De esta manera se redujo considerablemente el rango de políticas factibles o

recomendables, las cuales fueron objeto de un análisis más profundo. Finalmente se seleccionaron dos alternativas económico-demográficas para ser utilizadas en el estudio de ordenamiento espacial: una política tendencial y una política "recomendable" o "voluntarista". La política tendencial está definida como la situación más probable, si es que se mantienen las actuales políticas en vigencia, y se implementan los proyectos en carpeta de los diversos organismos. La política voluntarista es la alternativa no-tendencial que surgió como más recomendable en la evaluación de las distintas políticas, ya que cumple con los requisitos de desconcentración dentro de costos sociales y políticos razonables.

Dadas estas dos políticas globales de población y empleo de la región, se plantearon diversas alternativas de ordenamiento espacial. En efecto, cada política económico-demográfica puede ser implementada espacialmente, dentro de la región, de diversas formas. A nivel espacial se elaboraron dos políticas de uso del suelo y dos políticas de transporte, las cuales pueden ser combinadas entre sí. Las dos políticas de uso del suelo consideradas fueron: una política tendencial, que nuevamente supone la continuación de las políticas actualmente en vigencia, y una voluntarista, que supone que entran en vigencia determinados controles sobre el uso del suelo, complementados con localización de determinados proyectos generadores de empleo en zonas de desarrollo prioritario. Las políticas de vialidad consideradas, fueron: una de máxima inversión, en la cual fueron incluidos todos los proyectos viales y de transporte masivo, conocidos hasta la fecha y con vialidad técnica y financiera dentro de los plazos estudiados, y una política de mínima inversión, en donde se incluyeron sólo aquellos proyectos considerados como más prioritarios. Las políticas de transporte, sólo afectan las proyecciones al año 2000, ya que por la envergadura, plazos de construcción y el tiempo que demoran en producir sus efectos sobre la localización de actividades, se consideró que la situación de 1985 era totalmente rígida con respecto a transporte.

De la combinación de las políticas económico-demográficas, de las políticas de uso del suelo y actividades, y de las políticas de transporte, surge un conjunto de subalternativas, cuya predicción y evaluación es el objetivo central de este estudio. La metodología utilizada para ello fue dividida en las siguientes partes fundamentales:

a) Obtención de la información a los años base

En esta etapa se recogieron y compatibilizaron los datos que describen la situación del AMC y la región central para los años 1966 y 1975, que son los dos años base considerados en el estudio. Los datos recopilados se refieren a población por zona (el área de estudio fue dividida en 54 zonas), empleo por tipo, uso de la tierra (para varios usos), red de transporte y matrices de viaje. Complementariamente se levantó un conjunto de información más limitado para 1961.

b) Construcción de un sistema de modelos de localización espacial. (Ver anexo)

La primera etapa en la construcción de un modelo es la definición del sistema

de interés. Ello implica que se debe definir las diversas variables que se considera más relevantes y construir hipótesis acerca de la forma en que éstas se relacionan entre sí, y en el espacio. En este caso la selección y grado de agregación de las variables está restringida por la información disponible, por la información que provee el estudio de alternativas económicas y demográficas, y por los recursos humanos y financieros que se destinaron al estudio. ver anexo

c) Validación del modelo a los años base

Luego de estructurado el sistema de modelos, éste debe ser transformado en un programa de computación y alimentado con la información correspondiente a los años base. El objetivo de esta etapa fue el poner a prueba la validez de las hipótesis en que se basó el sistema de modelos, y el poder estimar el valor de los diversos parámetros y funciones que relacionan a las variables entre sí. Como en la mayoría de los modelos, existen variables de entrada o exógenas, en base a las cuales el sistema de modelos estima un conjunto de variables de salida o endógenas, que constituyen el "aporte de información". Como en los años base se cuenta con toda la información, el sistema de modelos se alimenta con las variables de entrada conocidas; el proceso de validación se considera terminado cuando las variables de salida estimadas por el modelo guardan un parecido satisfactorio con las mismas variables reales que se conocen. En estas circunstancias se considera que el sistema de modelos reproduce adecuadamente la realidad.

d) Proyección tendencial

Una vez se consideró que el sistema de modelos reproducía adecuadamente la realidad, se supuso que ésta estaba en capacidad de trabajar predictivamente. Lo primero que interesaba era el proyectar la tendencia futura más probable. Para ello se tomó como base los datos futuros sobre las variables de entrada producidos por el estudio económico y demográfico ya descrito, tomando sólo la alternativa tendencial. A éstos debe agregarse un conjunto de hipótesis acerca de cuál será la tendencia más probable desde el punto de vista físico-espacial, tales como uso del suelo, localización de empleos motrices, red de transporte, etc. Con estos datos se realizaron proyecciones de las variables endógenas a dos años-horizonte: 1985 y 2000. Los resultados de estas simulaciones fueron almacenados en archivos especiales para su posterior evaluación.

e) Proyecciones no-tendenciales

Para la estimación de las proyecciones no-tendenciales se procedió de manera muy similar a la anterior, utilizando los mismos años-horizonte de 1985 y 2000. En este caso, sin embargo, se utilizaron algunas de las alternativas no-tendenciales realizadas por el estudio económico-demográfico, las cuales se combinaron con alternativas físico-espaciales tendenciales y no-tendenciales. Las alternativas físico-espaciales que se elaboraron fueron producto de la combinación entre dos alternativas de uso del suelo (tendencial y voluntarista)

y dos alternativas de red de transporte (máxima y mínima inversión). Estas alternativas se detallan más adelante. Al igual que en la tendencial, los resultados de cada alternativa no-tendencial fueron almacenados en archivos espaciales.

f) Evaluación de las alternativas físico-espaciales

La última etapa consistió en comparar las distintas alternativas entre sí para establecer juicios que orienten una decisión al respecto. Las alternativas deben necesariamente ser evaluadas dos-a-dos, ya que sólo pueden ser evaluadas comparativamente. Aunque es posible compararlas todas entre sí, lo ideal es compararlas todas con respecto a una alternativa que se utiliza como punto de referencia. En este caso se tomó a la alternativa tendencial como referencia para todas las demás, por lo cual cada cambio en la política de uso del suelo puede ser categorizada como mejor o peor que el mantener las políticas actuales. Los indicadores de evaluación, que se explicarán más adelante, son de carácter físico y de beneficio económico.

Estas son, en resumen, las principales etapas de la metodología empleada para el análisis del ordenamiento físico-espacial de la región capital. En el anexo siguiente se explicará en mayor detalle el sistema de modelos que se utilizó, e igualmente se presentará la metodología planteada para la evaluación de los resultados obtenidos.

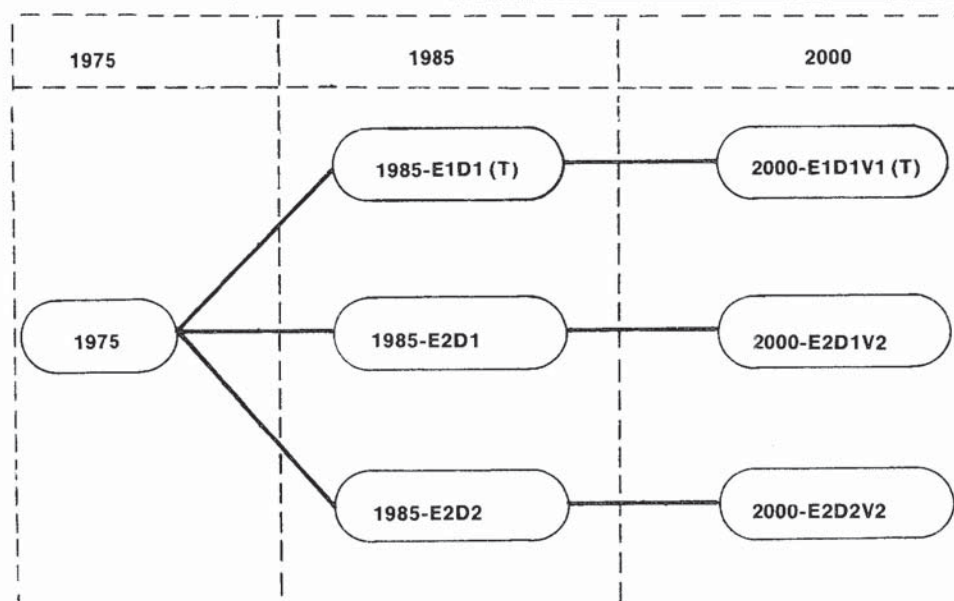


Figura 5.1 Relaciones entre las alternativas simuladas.

4. RESULTADOS Y EVALUACION DE LOS ESCENARIOS ESPACIALES

Los resultados que se obtuvieron de cada simulación, así como los obtenidos de la evaluación, se resumen a continuación. Las distintas alternativas físico espaciales que resultaron relevantes para el análisis, pueden ser brevemente descritas de la siguiente manera: (Ver fig. 1.1.).

Simulación 1985 - E1D1 (Tendencial): Esta simulación combina la alternativa económico-demográfica tendencial con una política tendencial de uso del suelo y transporte. Es necesario destacar, sin embargo, que la política tendencial de uso del suelo implica un cierto control del uso del suelo en el Area Metropolitana, ya que existe un consenso al respecto; en particular se restringe el sur-este del AMC, y en menor grado, las sub-regiones de Los Teques y Litoral Central. En cuanto al sistema de transporte, se incluyeron todos aquellos proyectos viales que fueron construidos entre 1975 y 1980, más aquellos que están a punto de terminar. No se incluyeron aquellos proyectos que se supone estarán terminados antes de 1985 pero cuyo efecto sólo se hará sentir más adelante (ejemplo típico: el Metro).

Simulación 1985-E2D1: Aquí se ha combinado la alternativa económico-demográfica no-tendencial con la política tendencial de uso del suelo ya descrita. El objetivo de realizar esta simulación es el estimar el efecto que producirá sobre la región capital una política voluntarista a nivel regional, sin que ésta vaya acompañada de un conjunto de acciones dentro de la región misma. En otras palabras, se trata de la distribución de cantidades menores de población y empleo en la misma estructura físico-espacial que en la situación tendencial. El sistema de transporte es también el mismo que en aquella. En el listado correspondiente se muestran los datos utilizados y los resultados obtenidos, los cuales son acompañados con los datos de 1975 (simulados), para efectos comparativos.

Simulación 1985-E2D2: En este caso se ha supuesto que la política económico-demográfica no-tendencial va efectivamente acompañada de una política de fuertes controles y acciones voluntaristas dentro de la región. Como se mencionó, la estructura del sistema de transporte es siempre la misma, pero en el uso del suelo se supuso restricciones importantes en el AMC (con un mayor énfasis en el sur-este), en Los Teques y en el Litoral Central. Complementariamente se incentivó las capacidades en los Valles del Tuy, Guarenas-Guatire y Barlovento, agregándose además importantes cantidades de empleo exógeno (industria y gobierno). También se supuso que se incentivan los programas de INAVI, lo cual disminuye la proporción de población marginal. La presentación de los datos y resultados en los listados ésta y las demás simulaciones, es similar a la anterior.

Simulación 2000-E1D1V1 (Tendencial): Esta simulación es la continuación lógica de la 1985-E1D1 y supone la continuación de las actuales tendencias y políticas. En cuanto al sistema de transporte se incluyó todos aquellos proyectos conocidos y en programa, que implican mínima inversión vial. Nuevamente, a pesar de ser una situación tendencial, se supuso un relativo control del uso del suelo con un criterio similar al de 1985-E1D1.

Simulación 2000-E2D1V2: Es una variante de la anterior, y también puede ser considerada como continuación posible de la 1985-E2D1. Esta vez se supone que la política “descentralizadora” a nivel regional sólo es acompañada de una política de transporte que impulsa el desarrollo fuera del AMC hacia el oriente, pero no se adoptan otras políticas y acciones a nivel de uso del suelo, vivienda y localización de empleo.

Simulación 2000-E2D2V2: Esta alternativa, que puede considerarse como la continuación directa de la 1985-E2D2, supone el máximo esfuerzo para limitar el crecimiento del AMC, Los Teques y el Litoral, e impulsar el desarrollo de las sub-regiones orientales. A la realización de la red de “máxima inversión” (representada por V2) se le suman acciones tales como un control estricto del uso del suelo en el AMC, Los Teques y Litoral Central, descentralización de empleos gubernamentales e industriales hacia Guarenas-Guatire y El Tuy, localización del Puerto de Carenero en Barlovento, desarrollo urbano en ciudad Losada, un importante plan de viviendas de interés social en El Tuy, y otras medidas complementarias. Tanto Los Teques como Charallave fueron restringidos por consideraciones ambientales.

Para la evaluación, en cada simulación se hizo un análisis comparado de la distribución por subregiones de la población y empleo y se calculó además el excedente del consumidor de acuerdo a la formulación transformada de Williams (ver anexo) que permite distinguir entre el excedente proveniente por la interacción vivienda-trabajo, vivienda-servicio 1 y vivienda-servicio 2. El indicador fue calculado, además, para la población total. Se calcularon indicadores a nivel zonal, subregional, y totales regionales. En las tablas presentadas se resumen algunos de los resultados obtenidos. Cada valor del excedente se refiere a una determinada alternativa respecto a la proyección tendencial, y representa valores unitarios. (Ver cuadros 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.9).

De las evaluaciones realizadas se pueden extraer las siguientes conclusiones:

a) Simulación de la tendencia (1975-1985E1D1-2000E1D1V1)

Por razones obvias, ésta es una de las alternativas más desfavorables para la desconcentración, ya que las actividades tienden a concentrarse fuertemente en el AMC. En 1975 el AMC contenía el 83% de la población de la región capital; en esta alternativa las simulaciones indican que para 1985 contendría un 76% y en el 2000 un 66%. El porcentaje de población efectivamente ya disminuido en el tiempo debido, principalmente a las restricciones físicas del AMC, pero no en la medida suficiente, y de hecho la población del AMC alcanza 5.603.764 habitantes en el año 2000. Las áreas que demuestran mayor crecimiento fuera del AMC son Los Teques, El Tuy y Guarenas-Guatire. El Litoral Central, aunque crece en menor proporción que estas otras áreas debido a las obvias restricciones físico-ambientales que ofrece al desarrollo, sobrepasa los 650 mil habitantes, lo cual supone un gran deterioro general del área. Las conocidas restricciones ambientales de Los Teques también ofrece un conflicto con los 476 mil habitantes que se localizarían allí. En los cuadros 4.7 y 4.8 se comparan diversas alternativas con esta proyección tendencial; como se puede ver, existen numerosas cifras de excedente del consumidor

que son negativas, pero los indicadores totales reflejan el predominio de las cifras positivas, lo cual indicaría que, globalmente, la proyección tendencial es la peor de todas. Sin embargo, estos resultados deben ser analizados en mayor detalle para poder hacer afirmaciones más concluyentes. En general, es necesario destacar que, dada la formulación de los modelos y del cálculo del excedente del consumidor (ver anexo), no se han tomado en cuenta dos factores que pueden llegar a revertir las cifras: a) el aumento de congestión que se genera en las colaciones altamente concentrada, y b) el aumento en el precio de la tierra y de las edificaciones, también generados por la concentración. Si ambos factores, congestión y renta, estuvieran incluidos en la función de utilidad de los modelos, los valores del excedente del consumidor serían diferentes, resaltando en mayor medida los efectos negativos de la proyección tendencial.

b) Simulación no tendencial sin control de uso del suelo (1975-1985E2D1-2000E2D1V2)

Con respecto a la proyección tendencial, esta alternativa supone que se adoptan los totales de población y empleo de la política regional "voluntarista", los cuales son sensiblemente menores (población total al año 2000 de 6.9 millones en vez de 8.4 millones de habitantes de la tendencial). Sin embargo, las iniciativas dentro de la región permanecen inalteradas. En otras palabras, se trata de evaluar el efecto de realizar un esfuerzo importante a nivel regional para limitar el crecimiento de la región capital, sin que estos esfuerzos vayan acompañados de políticas de uso del suelo y localización exógena de empleos en forma consistente. En cuanto a la viabilidad, se utilizó la red, con inclusión de todos los proyectos factibles. Naturalmente que tratándose de totales de actividad menores, todas las zonas y subregiones demuestran niveles menores de población y empleo, pero porcentualmente la concentración es mayor. En efecto, en esta alternativa el AMC concentra un 76% de la población en 1985 y un 70% en el año 2000. El hecho de que el empleo y los servicios estén excesivamente concentrados (porcentualmente más que en la hipótesis tendencial) mejora sin embargo, el excedente de todos los consumidores, lo cual se revela en los índices correspondientes que resultan todos positivos y con valores relativamente altos (ver cuadros 4.7 y 4.8). Nuevamente aquí es necesario destacar que no se está considerando los efectos negativos de la concentración, tales como el aumento del precio de la tierra y la congestión en la red de transporte.

c) Simulación no tendencial con control de uso del suelo (1975-1985E2D2-2000E2D2V2)

Esta alternativa pretende combinar la política voluntarista a nivel regional que controla los niveles de población de la región capital, con una política de uso del suelo y localización de empleo exógenos consistente. El efecto que produce sobre la localización de actividades es notorio y cumple los objetivos planteados de desconcentración. En efecto, en esta simulación el AMC concentra sólo el 74% de la población para 1985, y el 63% en el año 2000, lográndose la cifra más baja de todas las simulaciones de 4.8 millones de habitantes en el AMC. Complementariamente se logró reducir

considerablemente los niveles de actividad en Los Teques y el Litoral Central que se consideraron como subregiones de desarrollo restringido por sus características ambientales. Igualmente destaca el fuerte impulso al desarrollo en el Tuy, que en el año 2000 sobrepasa el millón de habitantes. La mayor consistencia entre población y empleo que se logra en esta alternativa se refleja en los mayores índices de excedente del consumidor, que dicho sea de paso, favorece en mayor medida a la población marginal. Si a esto agregamos el hecho que en los indicadores no se incluyó congestión ni renta de la tierra, sin duda el excedente debe ser aun mayor que los calculados. Hay que destacar que para lograr esta simulación fue necesario realizar varias corridas del sistema de modelos, con el objeto de lograr estos objetivos por aproximaciones sucesivas.

5. CONCLUSIONES

Del análisis de las simulaciones se desprende que el éxito de las políticas económicas-demográficas para toda la región, no garantizan por sí solas un ordenamiento territorial adecuado dentro de la propia región; y la situación puede agravarse aún más si las inversiones en realidad no van acompañadas de una política coherente de localización de actividades generadoras de empleo, de la construcción y provisión de viviendas de bajo costo y dotación de servicios.

Las mejoras de accesibilidad en zonas medianamente desarrolladas económicamente como el Tuy y Guarenas, sólo causan efectos contrarios a los que se buscan, es decir, se acentúa su carácter de "ciudades dormitorio", lo cual afecta, por una parte, a un gran porcentaje de la población que se ve obligada a efectuar largos viajes hacia el Area Metropolitana y por otra parte al sector público en la medida que éste deberá incurrir en inversiones nuevas para el transporte masivo inter urbano.

CUADRO 4.1
INDUSTRIA EXTENSIVA
REGION CAPITAL

| | 1975 | | | | 1985 | | | | 2000 | | | | | |
|-------------------------|---------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|
| | E1D1 (T) | | E2D1 | | E2D2 | | E1D1 (T) | | E2D1 | | E2D2 | | | |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | | | |
| A M C | 59.511 | 83 | 108.142 | 63 | 100.450 | 65 | 95.634 | 61 | 155.136 | 55 | 122.311 | 62 | 68.767 | 34 |
| LOS TEQUES | 1.556 | 2 | 9.439 | 5 | 8.044 | 5 | 6.390 | 4 | 18.700 | 7 | 10.773 | 6 | 5.842 | 3 |
| LITORAL | 395 | 0 | 2.281 | 1 | 1.746 | 1 | 957 | 1 | 3.811 | 1 | 2.669 | 1 | 847 | 0 |
| TUY | 5.819 | 8 | 21.396 | 13 | 18.093 | 12 | 27.631 | 18 | 43.669 | 15 | 28.236 | 14 | 60.507 | 31 |
| GUARENAS/GUATIRE | 5.299 | 7 | 29.339 | 17 | 25.616 | 16 | 23.991 | 15 | 52.603 | 19 | 30.146 | 15 | 60.328 | 31 |
| BARLOVENTO | 394 | 0 | 2.053 | 1 | 1.534 | 1 | 880 | 1 | 7.237 | 3 | 3.529 | 2 | 1.373 | 1 |
| ZONA PROTECTORA | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| TOTAL | 72.973 | 100 | 172.651 | 100 | 155.483 | 100 | 155.483 | 100 | 281.156 | 100 | 197.664 | 100 | 197.664 | 100 |

CUADRO 4.2
EMPLEO BASICO
REGION CAPITAL

| | 1975 | | | | 1985 | | | | 2000 | | | | | |
|-------------------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|------------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|
| | E1D1 (T) | | E2D1 | | E2D2 | | E1D1 (T) | | E2D1 | | E2D2 | | | |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | | | |
| A M C | 331.529 | 78 | 501.140 | 70 | 443.654 | 71 | 442.008 | 70 | 661.472 | 64 | 533.647 | 68 | 449.785 | 57 |
| LOS TEQUES | 9.048 | 3 | 23.184 | 3 | 20.338 | 3 | 20.036 | 3 | 42.317 | 4 | 28.202 | 4 | 23.059 | 3 |
| LITORAL | 40.776 | 10 | 76.148 | 11 | 64.651 | 10 | 53.219 | 8 | 109.991 | 11 | 89.406 | 11 | 55.614 | 7 |
| TUY | 17.603 | 4 | 42.494 | 6 | 36.729 | 6 | 54.315 | 9 | 79.546 | 8 | 54.595 | 7 | 122.664 | 16 |
| GUARENAS/GUATIRE | 10.831 | 3 | 51.630 | 7 | 45.418 | 7 | 43.176 | 8 | 95.271 | 9 | 59.080 | 8 | 102.636 | 13 |
| BARLOVENTO | 6.324 | 2 | 19.293 | 3 | 17.875 | 3 | 15.895 | 2 | 41.273 | 4 | 20.279 | 2 | 31.451 | 4 |
| ZONA PROTECTORA | 676 | 0 | 82 | 0 | 82 | 0 | 82 | 0 | 102 | 0 | 102 | 0 | 102 | 0 |
| TOTAL | 416.787 | 100 | 713.971 | 100 | 628.747 | 100 | 628.731 | 100 | 1.029.972 | 100 | 785.311 | 100 | 785.311 | 100 |

CUADRO 4.3
POBLACION
MARGINAL
REGION
CAPITAL

| | 1975 | | 1985 | | | | 2000 | | | | | | | |
|-------------------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|
| | E1D1 | | E2D1 | | E2D2 | | E1D1 | | E2D1 | | E2D2 | | | |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | | | |
| A M C | 1.077.116 | 81 | 2.017.704 | 73 | 1.962.945 | 74 | 1.799.892 | 62 | 2.833.469 | 65 | 2.459.295 | 68 | 2.151.986 | 62 |
| LOS TEQUES | 23.478 | 2 | 83.540 | 3 | 79.674 | 3 | 74.948 | 3 | 187.311 | 4 | 144.443 | 4 | 111.973 | 3 |
| LITORAL | 141.746 | 11 | 279.171 | 10 | 263.588 | 10 | 237.705 | 9 | 446.134 | 10 | 374.258 | 10 | 258.883 | 8 |
| TUY | 32.810 | 2 | 117.048 | 4 | 107.871 | 4 | 181.436 | 7 | 373.254 | 9 | 272.061 | 7 | 519.564 | 15 |
| GUARENAS/GUATIRE | 33.497 | 3 | 206.926 | 8 | 198.936 | 7 | 199.172 | 8 | 437.898 | 10 | 318.978 | 9 | 361.000 | 10 |
| BARLOVENTO | 15.833 | 1 | 44.239 | 2 | 43.647 | 2 | 49.585 | 2 | 98.333 | 2 | 53.919 | 2 | 73.881 | 2 |
| ZONA PROTECTORA | 0 | 0 | 2.201 | 0 | 2.108 | 0 | 2.758 | 0 | 11.765 | 0 | 9.182 | 0 | 4.592 | 0 |
| TOTAL | 1.324.480 | 100 | 2.750.830 | 100 | 2.658.769 | 100 | 2.545.496 | 100 | 4.388.165 | 100 | 3.632.676 | 100 | 3.481.879 | 100 |

CUADRO 4.4
POBLACION
NO MARGINAL
REGION
CAPITAL

| | 1975 | | 1985 | | | | 2000 | | | | | | | |
|-------------------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|
| | E1D1 | | E2D1 | | E2D2 | | E1D1 | | E2D1 | | E2D2 | | | |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | | | |
| A M C | 1.509.022 | 85 | 2.024.043 | 78 | 1.971.516 | 78 | 2.028.503 | 77 | 2.770.296 | 69 | 2.437.561 | 73 | 2.237.697 | 64 |
| LOS TEQUES | 30.956 | 2 | 97.434 | 4 | 90.997 | 4 | 77.186 | 3 | 288.965 | 7 | 207.615 | 6 | 134.553 | 4 |
| LITORAL | 83.295 | 5 | 130.303 | 5 | 117.703 | 5 | 84.433 | 3 | 206.905 | 5 | 169.079 | 5 | 96.815 | 3 |
| TUY | 70.290 | 4 | 129.578 | 5 | 116.685 | 5 | 204.820 | 8 | 344.256 | 9 | 227.903 | 7 | 545.111 | 15 |
| GUARENAS/GUATIRE | 46.763 | 3 | 158.340 | 6 | 157.809 | 6 | 172.161 | 7 | 299.860 | 7 | 245.947 | 7 | 386.175 | 11 |
| BARLOVENTO | 31.902 | 2 | 59.941 | 2 | 58.056 | 2 | 60.208 | 2 | 136.230 | 3 | 62.663 | 2 | 100.638 | 3 |
| ZONA PROTECTORA | 1.242 | 0 | 1.340 | 0 | 1.198 | 0 | 965 | 0 | 4.100 | 0 | 2.471 | 0 | 1.744 | 0 |
| TOTAL | 1.773.470 | 100 | 2.600.979 | 100 | 2.513.934 | 100 | 2.628.276 | 100 | 4.050.614 | 100 | 3.353.239 | 100 | 3.502.833 | 100 |

| | 1975 | | | 1985 | | | 2000 | | | | | | | |
|-------------------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|
| | E1D1 (T) | | E2D1 | E2D2 | | E1D1 (T) | | E2D1 | E2D2 | | | | | |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | | | | | | |
| A M C | 2.586.138 | 83 | 4.041.747 | 76 | 3.934.462 | 76 | 3.828.396 | 74 | 5.603.764 | 66 | 4.896.857 | 70 | 4.839.392 | 63 |
| LOS TEQUES | 54.434 | 2 | 180.973 | 3 | 170.671 | 3 | 152.333 | 3 | 476.276 | 6 | 352.057 | 5 | 246.527 | 3 |
| LITORAL | 225.041 | 7 | 409.475 | 8 | 381.290 | 7 | 322.138 | 6 | 653.039 | 8 | 543.337 | 8 | 355.698 | 5 |
| TUY | 103.100 | 3 | 246.626 | 4 | 224.556 | 5 | 386.256 | 8 | 717.511 | 8 | 500.505 | 7 | 1.064.674 | 15 |
| GUARENAS/GUATIRE | 80.260 | 2 | 365.266 | 7 | 356.745 | 7 | 371.334 | 7 | 737.758 | 9 | 564.925 | 8 | 747.575 | 11 |
| BARLOVENTO | 47.735 | 2 | 104.178 | 2 | 101.673 | 2 | 109.793 | 2 | 234.564 | 3 | 116.581 | 2 | 174.518 | 3 |
| ZONA PROTECTORA | 1.242 | 0 | 3.541 | 0 | 3.306 | 0 | 3.723 | 0 | 15.865 | 0 | 11.653 | 0 | 6.337 | 0 |
| TOTAL | 3.097.950 | 100 | 5.351.809 | 100 | 5.172.703 | 100 | 5.173.773 | 100 | 8.438.779 | 100 | 6.985.915 | 100 | 6.984.712 | 100 |

| | 1975 | | | 1985 | | | 2000 | | | | | | | |
|-------------------------|----------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|
| | E1D1 (T) | | E2D1 | E2D2 | | E1D1 (T) | | E2D1 | E2D2 | | | | | |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | | | | | | |
| A M C | 517.156 | 84 | 875.742 | 76 | 885.274 | 77 | 862.296 | 74 | 1.383.765 | 66 | 1.238.485 | 71 | 1.113.455 | 63 |
| LOS TEQUES | 10.570 | 2 | 40.681 | 3 | 39.788 | 3 | 35.124 | 3 | 126.267 | 6 | 94.230 | 5 | 63.887 | 4 |
| LITORAL | 40.756 | 7 | 82.235 | 7 | 79.806 | 7 | 66.047 | 6 | 149.388 | 7 | 127.333 | 7 | 79.702 | 5 |
| TUY | 20.277 | 3 | 52.952 | 5 | 50.085 | 4 | 86.316 | 8 | 178.041 | 9 | 126.502 | 7 | 269.136 | 15 |
| GUARENAS/GUATIRE | 15.724 | 3 | 79.055 | 7 | 80.176 | 7 | 83.539 | 7 | 185.987 | 9 | 144.531 | 8 | 191.090 | 11 |
| BARLOVENTO | 9.446 | 1 | 22.389 | 2 | 22.701 | 2 | 24.492 | 2 | 58.055 | 3 | 29.301 | 2 | 43.469 | 2 |
| ZONA PROTECTORA | 182 | 0 | 162 | 0 | 160 | 0 | 176 | 0 | 862 | 0 | 674 | 0 | 317 | 0 |
| TOTAL | 614.111 | 100 | 1.153.216 | 100 | 1.157.990 | 100 | 1.157.990 | 100 | 2.082.365 | 100 | 1.761.056 | 100 | 1.761.056 | 100 |

CUADRO 4.6
EMPLEO DE SERVICIO
REGION CAPITAL

| E1D1V1/E2D1 | | | | | | | | | |
|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|------------------|------------------|----------------|---------------|
| | Marg. Trab. | Marg. Serv. 1 | Marg. Serv. 2 | Total Marg. | No Marg. Trab. | No Marg. Serv. 1 | No Marg. Serv. 2 | Total No Marg. | Total |
| AMC | 0.1175 | 0.1005 | 0.2713 | 0.4893 | 0.1445 | 0.1066 | 0.2830 | 0.5341 | 0.5116 |
| Los Teques | 0.0508 | 0.0756 | 0.2251 | 0.3515 | 0.0807 | 0.0756 | 0.2251 | 0.3815 | 0.3692 |
| Litoral | 0.1076 | 0.0969 | 0.2625 | 0.4670 | 0.1265 | 0.0960 | 0.2617 | 0.4841 | 0.4723 |
| Tuy | 0.0778 | 0.0700 | 0.2227 | 0.3705 | 0.0729 | 0.0632 | 0.2092 | 0.3453 | 0.3590 |
| Guarenas/Guatire | 0.0431 | 0.0815 | 0.2356 | 0.3603 | 0.0731 | 0.0815 | 0.2356 | 0.3903 | 0.3733 |
| Barlovento | -0.1104 | 0.0147 | 0.1128 | 0.0171 | -0.0594 | 0.0086 | 0.0987 | 0.0478 | 0.0336 |
| Zona Protectora | 0.0781 | 0.0734 | 0.2322 | 0.3838 | 0.1127 | 0.0764 | 0.2423 | 0.4315 | 0.3939 |
| TOTAL | 0.0988 | 0.0909 | 0.2503 | 0.4400 | 0.1207 | 0.0928 | 0.2524 | 0.4660 | 0.4525 |

| E1D1V1/E2D2 | | | | | | | | | |
|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|------------------|------------------|----------------|---------------|
| | Marg. Trab. | Marg. Serv. 1 | Marg. Serv. 2 | Total Marg. | No Marg. Trab. | No Marg. Serv. 1 | No Marg. Serv. 2 | Total No Marg. | Total |
| AMC | 0.1125 | 0.1090 | 0.3106 | 0.5321 | 0.0920 | 0.0875 | 0.2537 | 0.4332 | 0.4817 |
| Los Teques | -0.1203 | 0.0076 | 0.0762 | -0.0365 | -0.0562 | 0.0076 | 0.0762 | 0.0277 | -0.0015 |
| Litoral | -0.1192 | 0.0168 | 0.0669 | -0.0355 | 0.0797 | 0.0127 | 0.0560 | -0.0110 | -0.0288 |
| Tuy | 0.5048 | 0.2148 | 0.4913 | 1.2109 | 0.4335 | 0.2175 | 0.4914 | 1.1424 | 1.1758 |
| Guarenas/Guatire | 0.2263 | 0.1310 | 0.3369 | 0.6942 | 0.2197 | 0.1310 | 0.3369 | 0.6876 | 0.6908 |
| Barlovento | 0.0735 | 0.0743 | 0.1992 | 0.3470 | 0.1038 | 0.0768 | 0.2171 | 0.3977 | 0.3762 |
| Zona Protectora | -0.3874 | -0.1008 | -0.0855 | -0.5737 | -0.0192 | 0.2003 | 0.0811 | 0.0823 | -0.3932 |
| TOTAL | 0.1605 | 0.1157 | 0.3093 | 0.5855 | 0.1513 | 0.1068 | 0.2835 | 0.5415 | 0.5635 |

CUADRO 4.7
EXCEDENTE DEL CONSUMIDOR
2000

| E1D1/E2D1 | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|
| | Marg. Trab. | Marg. Serv. 1 | Marg. Serv. 2 | Total Marg. | No Marg. Trab. | No Marg. Serv. 1 | No Marg. Serv. 2 | Total No Marg. | Total |
| AMC | 0.0339 | -0.0317 | 0.1166 | 0.1188 | 0.0341 | -0.0328 | 0.1130 | 0.1144 | 0.1166 |
| Los Teques | -0.0080 | -0.0403 | 0.0969 | 0.0485 | 0.0128 | -0.0403 | 0.0969 | 0.0694 | 0.0596 |
| Litoral | -0.0150 | -0.0390 | 0.0954 | 0.0413 | 0.0181 | -0.0394 | 0.0964 | 0.0688 | 0.0498 |
| Tuy | -0.0176 | -0.0453 | 0.0905 | 0.0276 | -0.0011 | -0.0482 | 0.0838 | 0.0345 | 0.0312 |
| Guarenas/Guatire | -0.0015 | -0.0334 | 0.1099 | 0.0750 | 0.0167 | -0.0334 | 0.1099 | 0.0932 | 0.0830 |
| Barlovento | 0.0444 | -0.0282 | 0.1204 | 0.1366 | 0.0409 | -0.0298 | 0.1175 | 0.1286 | 0.1320 |
| Zona Protectora | 0.0345 | -0.0431 | 0.1036 | 0.0950 | 0.0367 | -0.0443 | 0.0989 | 0.0914 | 0.0937 |
| TOTAL | 0.0235 | -0.0321 | 0.1095 | 0.1008 | 0.0293 | -0.0326 | 0.1067 | 0.1034 | 0.1021 |

| E1D1/E2D2 | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|
| | Marg. Trab. | Marg. Serv. 1 | Marg. Serv. 2 | Total Marg. | No Marg. Trab. | No Marg. Serv. 1 | No Marg. Serv. 2 | Total No Marg. | Total |
| AMC | 0.0757 | -0.0157 | 0.1723 | 0.2323 | 0.0192 | -0.0391 | 0.1068 | 0.0868 | 0.1552 |
| Los Teques | -0.0654 | -0.0619 | 0.0469 | -0.0804 | -0.0216 | -0.0619 | 0.0469 | -0.0366 | -0.0582 |
| Litoral | -0.1331 | -0.0681 | 0.0215 | -0.1797 | -0.0997 | -0.0776 | -0.0094 | -0.1866 | -0.1815 |
| Tuy | 0.3193 | 0.0551 | 0.2760 | 0.6505 | 0.2141 | 0.0667 | 0.2939 | 0.5748 | 0.6103 |
| Guarenas/Guatire | 0.0044 | -0.0262 | 0.1254 | 0.1036 | 0.0203 | -0.0262 | 0.1254 | 0.1194 | 0.1109 |
| Barlovento | 0.0340 | -0.0149 | 0.1440 | 0.1631 | 0.0378 | -0.0145 | 0.1448 | 0.1681 | 0.1659 |
| Zona Protectora | -0.0397 | -0.0621 | -0.0161 | -0.1179 | 0.0558 | -0.0246 | 0.0470 | 0.0782 | -0.0671 |
| TOTAL | 0.0648 | -0.0159 | 0.1561 | 0.2050 | 0.0305 | -0.0295 | 0.1166 | 0.1175 | 0.1606 |

CUADRO 4.8
EXCEDENTE DEL CONSUMIDOR
1985

ANEXO

1. EL SISTEMA DE MODELOS ESPACIALES

1.1. ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA DE MODELOS

El objetivo del conjunto de modelos es el simular la localización en el espacio de las diversas actividades urbanas, tales como los distintos tipos de población y de empleo. Se supone que la localización de las actividades depende de las características de la oferta de tierra urbana y del sistema de transporte. Las diversas se relacionan entre sí en el espacio a través del sistema de transporte, afectándose mutuamente con respecto a sus localizaciones, y generando determinados flujos o viajes, tales como viajes residencia-trabajo, residencia-servicios, u otros.

Las actividades que se consideran en el modelo son de dos tipos: las actividades "básicas", o exógenas, cuya localización es dada para el modelo, y las actividades "no-básicas", que son fundamentalmente población y empleo de servicios "inducidas" por el sector básico. Sin embargo, por las evidentes restricciones que esta definición representa, se ha mantenido el número de datos exógenos a un mínimo, dependiendo de la política que se desea simular. Así, por ejemplo, si se está trabajando con una alternativa tendencial en la cual se supone una actividad máxima de los mecanismos de mercado para definir la localización, entonces el número de actividades exógenamente localizado se restringe a un mínimo. Si, en cambio, se está simulando una política fuertemente voluntarista, el número de actividades exógenas puede ampliarse considerablemente. El sistema de modelos fue diseñado para considerar esta flexibilidad, y evidentemente la distancia del concepto tradicional de base económica.

Todo el sistema de modelos está organizado en base a una "rutina de distribución", que es la unidad central del sistema. Esta rutina es, básicamente, un modelo de interacción espacial restringido en el origen (para una explicación teórica, ver fig. 1.1.). La función de esta rutina es el determinar la localización más probable de una actividad en función de las características de la oferta tierra y del espacio construido; y de la accesibilidad de cada zona con respecto a otras actividades con las cuales se relaciona. Esta "rutina" es puesta en funcionamiento numerosas veces a lo largo del proceso de simulación.

El proceso comienza siempre con un número limitado de actividades localizadas exógenamente, y con el conjunto de datos sobre tierra y accesibilidad. Luego se le entrega un valor que corresponde al total de empleo o población que se va a localizar en la región, y que proviene del estudio económico-demográfico. La "rutina" distribuye este total en las diversas zonas en que se ha dividido al área en estudio, determinando qué proporción de esa actividad se localiza en cada zona. Luego se introduce un segundo total que es también distribuido a las zonas, ya sea en función de las variables exógenas o

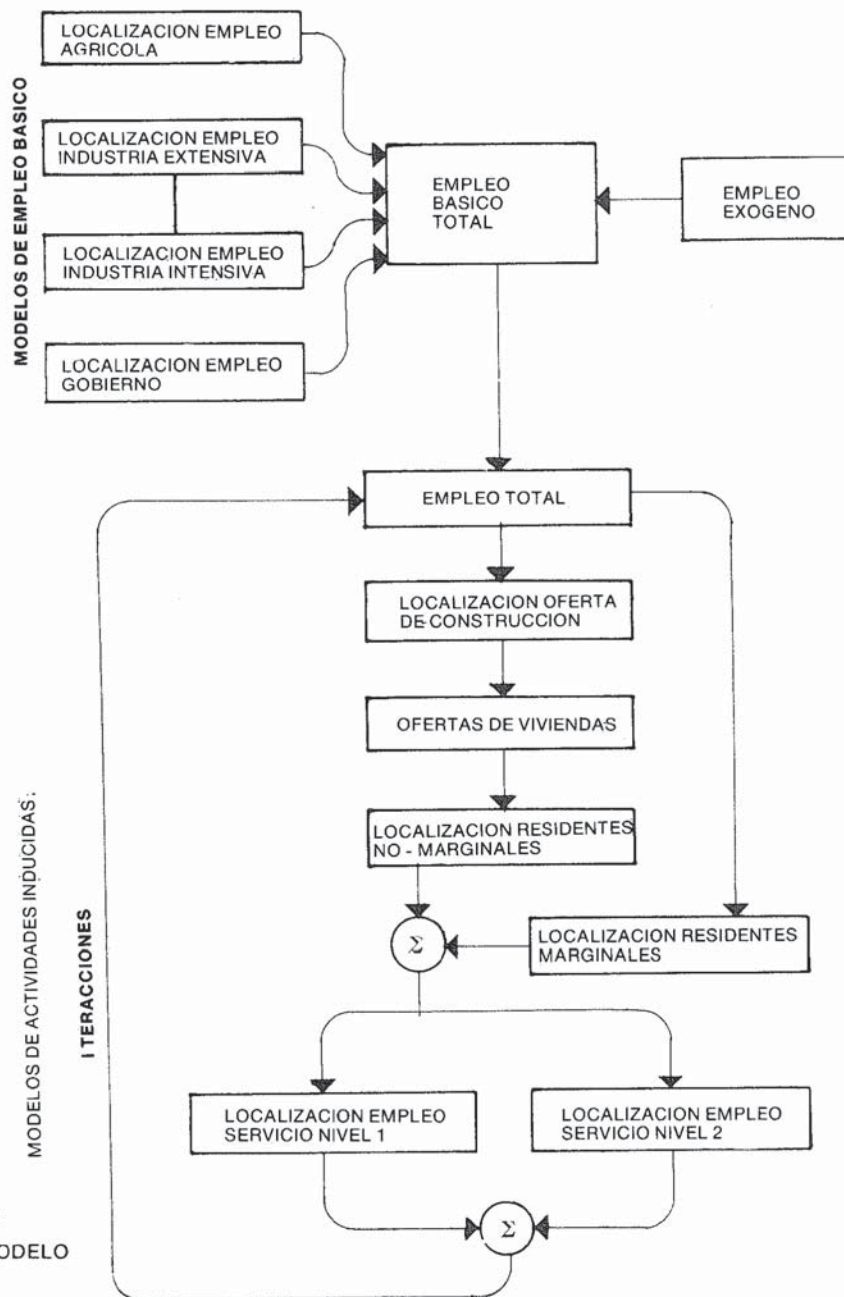


FIGURA N° 1.1
ESTRUCTURA DEL MODELO

de las endógenas que ya han sido localizadas. El procedimiento sigue así consecutivamente, hasta que se ha distribuido el total de actividades. Como se verá más adelante, hay puntos en donde se plantean retro-alimentaciones, volviéndose atrás en forma cíclica varias veces hasta que el sistema converge a una solución. Esto ocurre porque algunas actividades deben ser inducidas por otras, y a su vez esas actividades inducen otras. Esto es lo que genera el efecto multiplicador en el sistema.

El sistema de modelos puede ser dividido en tres grandes bloques relacionados entre sí:

a) Localización del empleo básico

En base a los totales de empleo básico entregados por el estudio económico-demográfico, este conjunto de sub-modelos determina la proporción que se localiza en cada zona.

b) Localización de actividades inducidas

Los totales de las actividades inducidas también deben ser suministrados por el estudio económico-demográfico, como método de comprobación ya que el modelo la genera. En su localización no sólo influyen las variables exógenas, como tierras y accesibilidad, sino también la forma en que se localizó el sector básico.

c) El sistema de transporte

En esta parte se estiman las accesibilidades entre las zonas, que en este caso se representan simplemente como los tiempos promedio de viaje entre zonas. Para calcular el promedio se calcula primeramente los tiempos en el modo público y luego en el modo privado, a través de los "pasos mínimos" en la red, y suponiendo que cada tramo de ésta está cargada a su capacidad máxima. Luego se promedian ambos tiempos de acuerdo a la proporción de viajes realizados en uno u otro modo. Como se ve, se trata de una metodología muy simplificada, ya que se supone el mismo nivel de congestión en toda la red (volumen = capacidad en todos los arcos).

Estos tres elementos se relacionan entre sí en el espacio y en el tiempo. Con respecto a la dinámica del sistema, se ha supuesto que la localización de las distintas actividades puede estar influida por tres tipos variables:

- Variable exógenas dadas en este período de tiempo.
- Variables endógenas localizadas en este período de tiempo por sub-modelos anteriores.
- Variables endógenas o exógenas cuya localización fue determinada en el período de tiempo anterior.

Estas relaciones dinámicas se representan en la figura N° 1.2. Para el primer año base, 1966, se introducen las variables exógenas, pero además se recibe información de algunas variables del año 1961, que afectarán la localización de actividades en 1966. A su vez las actividades de 1966 afectarán la localización en 1975, y así sucesivamente.

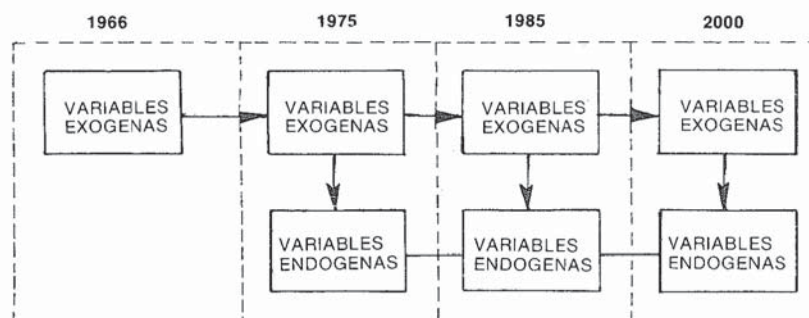


Figura 1.2: Relaciones dinámicas en el sistema de modelos.

1.2 ESTRUCTURA FORMAL DEL SISTEMA DE MODELOS

Tal como se ha mencionado, para este estudio se ha utilizado un conjunto de modelos inter-relacionados entre sí que conforman un sistema de ecuaciones. Todos los sub-modelos utilizados poseen una base teórica común: se trata de modelos de interacción espacial que tienen por objeto el distribuir, en las diversas zonas en que se ha dividido el área de estudio, totales de actividad que son entregados exógenamente al modelo.

Los elementos fundamentales de un modelo de interacción espacial, que constituyen la base de la "rutina de distribución", son los siguientes:

$$T_{ij}^n = Y_i (W_j^n)^{\alpha^n} U_{ij}^n \cdot A_i^n, \quad (1)$$

$$\text{En donde } A_i^n = [\sum_j (W_j^n)^{\alpha^n} U_{ij}^n]^{-1} \quad (2)$$

T_{ij}^n representa el flujo de un sector n desde una zona de producción en j hasta una zona de demanda en i . El sector n puede representar, en general, diversas actividades urbanas, tales como población y empleo por tipo. Y_i representa la demanda o actividad originadora en la zona i . Para satisfacer esta demanda es que se generan los flujos desde todas las zonas j . Los flujos no serán iguales desde todas las zonas, y aquí se consideran dos elementos que afectan la distribución: la probabilidad a priori a atractor en la zona j , w_j^n , y la utilidad que percibirán los productores en j si es que abastecen a i del producto n . La presencia de la probabilidad a priori o atractor supone que aquellas zonas más atractivas proveerán de una mayor cantidad de n a la zona i . Así, por ejemplo, zonas de mayor tamaño, o de mayor capacidad instalada, o zonas que posean diversas características que las pongan en una situación

favorable, tenderán a generar una mayor cantidad de flujos $i - j$. El parámetro α^n al cual se eleva el atractor, representa las tendencias de aglomeración de algunos sectores, ya sea por economías de escala o de localización. Cada actividad tendrá grados distintos de aglomeración, y por lo tanto, distintos valores de α^n .

La utilidad, U_{ij}^n , que corresponde a la utilidad que perciben los productores al abastecer de n a i , tiene por objeto simular el grado de eficiencia económica existente en el sistema. La eficiencia nunca será máxima, por lo cual la utilidad debe ser parametrizada. En el caso de las actividades urbanas, generalmente se utiliza la desutilidad del costo de transporte, y la forma que adopta la función de utilidad es:

$$U_{ij}^n = \exp(-\beta^n c_{ij}^n) \quad (3)$$

en donde $\frac{1}{\beta^n}$ representa una aproximación a la elasticidad de la utilidad

de demanda con respecto al costo de transporte para la actividad n , y c_{ij}^n representa el costo de transporte percibido por la actividad n . En otras palabras, se está suponiendo que aquellas zonas que poseen una mejor accesibilidad a la demanda Y_i , tendrán una mayor probabilidad de abastecerla. El efecto del costo de transporte será mayor para aquellos sectores más sensibles a ello, por lo cual poseerán un valor de β^n más alto, un valor de β^n más bajo, en cambio indicará que el costo de transporte no tendrá mucho efecto sobre la distribución; en el límite, cuando $\beta^n = 0$, el costo de transporte no jugará ningún papel en la distribución, la cual se hará proporcional al atractor.

$$\hat{c}^n = \frac{\sum_i \sum_j T_{ij}^n c_{ij}^n}{\sum_i \sum_j T_{ij}^n} \quad (5)$$

Por último, es necesario destacar dos aspectos más de este modelo, que son el costo promedio y el beneficio promedio, ambos referidos al sector producción. El costo promedio es un indicador que refleja la desutilidad promedio percibida por el sector producción. Tradicionalmente este costo promedio se calcula de la siguiente forma:

$$\hat{c}_j^n = \frac{\sum_i T_{ij}^n c_{ij}^n}{\sum_i T_{ij}^n} \quad (4)$$

en donde \hat{c}_j^n es el costo promedio para la actividad n localizada en j . El costo promedio para toda la actividad n se puede calcular como:

Si entendemos que la demanda por transporte es una demanda derivada, interesa estimar el beneficio promedio. Esto quiere decir que la actividad n no está directamente interesada en consumir transporte sino sólo como un medio de alcanzar determinadas oportunidades. En forma aproximada, las oportunidades pueden medirse como:

$$W_j^n = \frac{\sum_i T_{ij}^n W_j^n}{\sum_i T_{ij}^n} \quad (6)$$

y similarmente:

$$W^n = \frac{\sum_i \sum_j T_{ij}^n W_j^n}{\sum_i \sum_j T_{ij}^n} \quad (7)$$

Idealmente ambos indicadores deben ser integrados en uno sólo que estime el excedente del consumidor, y que considere tanto las economías de aglomeración como la elasticidad con respecto al costo de transporte. El indicador combinado debe ser de la siguiente forma:

$$S_i^n = \frac{1}{\beta^n} \ln \left[\frac{\sum_j (W_j^n)^{\alpha^n} \exp(-\beta^n c_{ij}^n) \boxed{2}}{\sum_j (W_j^n)^{\alpha^n} \exp(-\beta^n c_{ij}^n) \boxed{1}} \right] \quad (8)$$

en donde 1 y 2 representan dos políticas alternativas que se estén comparando, y en donde S_i^n representa el excedente obtenido por el sector n en i al pasar de la situación 1 a la situación 2.

Este indicador, que es consistente con el modelo de la Ecuación (1), será mayor mientras mejor sea la accesibilidad a las oportunidades, menor mientras mayor sea el costo de transporte y menor mientras mayor sea el valor del parámetro β^n . Esto quiere decir que se tomará en cuenta el valor de la elasticidad con respecto al costo de transporte.

El sistema de modelos utilizados en el caso de la región capital ha sido estructurado de tal forma que se adapte lo mejor posible a la realidad existente, en particular con respecto a las características socio-económicas del área, y que refleje también las características del sistema de planificación. Para estos efectos se ha definido los siguientes sub-modelos.

1.1.1. Sub-modelos de empleo básico

i) Localización del empleo agrícola. Dado un total de empleo agrícola para la región, este sub-modelo tiene por objeto distribuirlo en las diferentes zonas que la integran. Se ha supuesto que este tipo de empleo, de poca significación con respecto al total, está fuertemente influenciado por la cantidad de tierra agrícola disponible en cada zona y por la accesibilidad de los productores al mercado consumidor. Cabe destacar que se trata de una definición particular de empleo denominada "empleo agrícola urbano", es decir, de aquel cuya población empleada vive ligada a los centros urbanos, por lo cual se trata fundamentalmente del cultivo de hortalizas, fruticultura, floricultura, etc. En consecuencia, el sector demanda está representado por la población residencial del período anterior, y el atractor está representado por la cantidad de suelo agrícola existente en cada zona para ese tipo de cultivos. Luego de la calibración, el parámetro β representa la dependencia en términos de accesibilidad del sector con respecto al mercado consumidor.

ii) Empleo industrial extensivo. Aquí se ha incluido aquel empleo manufacturero de características básicas que, por su consumo de tierra

relativamente alto, se localiza en parcelamientos industriales grandes. En consecuencia, se ha supuesto que este tipo de empleo, que juega un papel fundamental en las políticas de desconcentración, es dominado en gran medida por la existencia de tierra industrial exclusiva en cada zona, sin la cual no puede desarrollar sus actividades. Sin embargo, en su localización también incluye la accesibilidad al mercado consumidor, y dada la fuerte inercia que le otorga sus altos costos de instalación, se ha considerado también como factor influyente en cada período de tiempo, la localización del mismo sector en el período anterior. La influencia relativa de uno u otro factor ha sido parametrizada, y por lo tanto, queda definida en el proceso de calibración. En otras palabras el sector demanda está representado por la población en el período anterior, y como atractor se ha considerado la tierra industrial extensiva y el empleo industrial extensivo del período anterior. El empleo industrial extensivo, por la importancia que tiene como variable de control en la definición de políticas de desarrollo, ha sido dividido en dos grupos: exógenos y endógenos. Si la política que se está simulando considera desarrollos industriales “voluntaristas”, este empleo se introduce directamente al sistema. La tierra que consume el sector exógeno es luego restada del total, dejando un remanente para la localización del sector endógeno.

iii) Empleo industrial intensivo. Este tipo de empleo, de menor consumo de tierra, puede localizarse tanto en zonas de uso industrial exclusivo como en zonas comerciales y residenciales mixtas. Se supone que, por tratarse de manufactura muy ligada al consumo final, su dependencia al mercado consumidor es muy fuerte. En su localización se ha considerado como atractor el empleo de la industria extensiva de ese período, de la cual depende para llevar a cabo su proceso productivo, y el empleo intensivo del período anterior.

iv) Empleo en gobierno. La lógica de localización de este tipo de empleo es bastante compleja y su tendencia a la centralidad muy fuerte, por lo cual se ha considerado como elemento fundamental en su distribución espacial, la localización que tenía el sector en el período anterior. Esto es reflejo también de su tradición histórica. Como este es otro sector que se considera como variable de control, se le ha dividido en exógeno y endógeno.

v) Otros empleos exógenos. En este sector se ha incluido empleos de características especiales y que generalmente se localizan en forma “voluntarista”. También se ha incluido aquí sectores de poca significación en la región y que poseen una fuerte dependencia de la existencia de materias primas y otros recursos naturales. Se ha incluido aquí sectores como minas e hidrocarburos, puertos y aeropuertos, recreación, hospitales, universidades, etc. Las magnitudes de empleo en cada sector son estimadas fuera del conjunto de modelos para cada sector y alimentadas exógenamente.

1.1.2. Sub-modelo de actividades inducidas

i) Oferta de edificaciones. Esta importante variable del sistema urbano ha sido incorporado al conjunto de modelos en forma simplificada, básicamente para

restringir la localización de actividades. Se supone que la localización de la oferta de edificaciones depende de dos elementos: la accesibilidad de cada zona al empleo total localizado y la disponibilidad de tierra apta para construcciones. Estas dos variables conforman las probabilidades (empleo en el sector demanda, tierra como atractor), en función de las cuales se localiza un total de superficie construida o stock total en cada período de tiempo. La tierra apta es la suma ponderada de la tierra disponible en cada zona por distintos usos, tales como residencial unifamiliar, multifamiliar, industria, servicios, etc. En este sector sólo se ha considerado la oferta de construcciones formales, no incluyendo el sector vivienda marginal.

ii) Oferta de viviendas (formal). En base a los resultados del modelo anterior es posible estimar la parte del stock total que se localiza en cada zona que puede ser utilizado por las actividades residenciales. Para hacer este cálculo se procede a restar del stock total el que utilizan las distintas categorías de empleo, considerando que cada tipo de empleo posee un consumo de espacio diferente. De esta manera, el remanente es considerado como la oferta de viviendas para el sector formal.

iii) Residentes no-marginales. El total de residentes no-marginales para toda la región, dado exógenamente al modelo, es distribuido a todas las zonas residenciales. Para ello se supone que el empleo total localizado en cada zona de origen constituye la demanda de la fuerza de trabajo por residencia, la cual debe ser satisfecha por las zonas residenciales (relación empleo-residencia). La distribución espacial de la población no-marginal estará afectada por la accesibilidad de cada zona de destino al empleo, y por la oferta de viviendas (formal) en cada zona. El parámetro β de la función de utilidad representará la influencia que los costos de transporte ejercen sobre la localización residencial no-marginal, y los valores de T_{ij} en la Ecuación (1) son una medida de los flujos vivienda-trabajo. El costo promedio es, en consecuencia, una medida bastante aproximada al viaje promedio al trabajo de este sector residencial.

iv) Residentes marginales. Al igual que en el caso anterior, se trata de distribuir espacialmente un total definido exógenamente. Se supone que el empleo total localizado en cada zona constituye una demanda de fuerza de trabajo, con respecto a la cual se localiza el sector marginal en función del costo de transporte. Sin embargo, la oferta de vivienda del sector formal no afecta la localización del sector marginal, por lo cual no se le incluye en el modelo. La disponibilidad de tierra marginal, en cambio, se supone es el atractor fundamental. En otras palabras, no se supone que exista un mercado de viviendas en este sector, sino solamente de tierra. El valor del parámetro β que se obtiene de la calibración refleja la elasticidad de este sector con respecto al costo de transporte. Igualmente el valor de c de la ecuación (5) refleja el viaje promedio vivienda-trabajo para el sector marginal.

v) Empleo de servicios, niveles 1 y 2. Los totales para estos dos tipos de actividad han sido localizados espacialmente con modelos idénticos. En ambos casos se ha supuesto que el sector demanda está representado por la población total (marginal más no-marginal), ya que este empleo se dirige fundamentalmente a esos sectores. La función de utilidad representa el grado

en que la accesibilidad a la demanda afecta la localización del empleo de servicio. Como atractor de las zonas de destino se ha considerado una variable compuesta que indica tanto la cantidad de empleo básico como la de servicios ya localizada en cada zona.

La diferencia entre los dos tipos de empleo está en la elasticidad de cada tipo con respecto al costo de transporte y en el nivel de las economías de aglomeración. Así, por ejemplo, se espera que el empleo de servicio nivel 1, que es el empleo local (comercio, servicios personales, etc.), otorgue mucha importancia a la accesibilidad al mercado consumidor, lo cual redundará en un costo o longitud del viaje promedio al servicio 1 muy pequeño. Igualmente se espera que las economías de aglomeración sean muy bajas, e incluso negativas. En el caso del empleo de servicios nivel 2, en cambio, se espera un nivel de centralidad mucho mayor, un viaje promedio más largo y economías de aglomeración sensiblemente mayores.

La figura N° 1.1, sintetiza la formulación de cada sub-modelo, tomando como referencia la ecuación (1). Todos estos sub-modelos se estructuran entre sí como se indica en la figura N° 1.3, en donde se distinguen los dos grupos: modelo de empleo básico y modelos de actividades inducidas. El primer grupo, excepto por la relación entre industria intensiva-extensiva, son sub-modelos relativamente independientes entre sí. Los resultados de cada uno junto con el empleo exógeno son acumulados de un solo sector denominado empleo básico. El grupo de modelos de actividades, en cambio, está íntimamente relacionado entre sí en una estructura iterativa, la cual permite al sistema converger en una solución y a la vez generar el efecto multiplicador. Cada simulación comienza con la introducción del conjunto de datos. Estos datos se refieren a los totales de "este" período (t) de tiempo que el modelo debe distribuir, del conjunto de parámetros y estándares que intervienen en los diversos sub-modelos, y de las variables que vienen del período anterior (t-1) y que influyen en la localización de actividades del período t.

Primeramente se simula la localización de los empleos básicos por tipo, teniendo en cuenta aquellos sectores que pueden contener elementos localizados exógenamente y aquellos sectores inerciales cuya localización es afectada por variables provenientes de la simulación en un período anterior t-1. Una vez se ha determinado la localización de todos los sectores, se les suma en un solo vector de empleo básico, con el cual se inicia el proceso iterativo de la localización de actividades inducidas.

El primer elemento del bloque de actividades inducidas es la acumulación del empleo total. En la primera iteración sólo se habrá acumulado el empleo básico, pero a medida que se realizan varias iteraciones, se suman a él los empleos de servicios tipos 1 y 2 generados por la población. El empleo total genera una cierta cantidad de superficie construida formal, que servirá para que tanto el empleo como los residentes no-marginales desarrollen sus actividades. Esta superficie construida es distribuida a todas las zonas, separándose luego aquella parte que es utilizada para el empleo de la que queda disponible en el mercado formal de la vivienda.

El empleo total en cada zona genera, luego, determinadas cantidades de

| ACTIVIDAD A LOCALIZAR T_i^n | ORIGENES V_i^n | ATRACTOR W_j^n |
|---|---|--|
| EMPLEO AGRICOLA | $E. AGRI. TOTAL * POB. ANT.$ $\geq POB. ANT.$ | TIERRA AGRICOLA ** AGLOM (1) |
| EMPLEO INDUSTRIAL EXTENSIVO | $E. IND. EXT. TOTAL * POB. NAT.$ $\geq POB. ANT.$ | (1. + E. IND. EXT. ANT. ** ALOM (4) * TIERRA INDUSTR. |
| EMPLEO INDUSTRIAL INTENSIVO | $E. IND. INT. TOTAL * POB. ANT.$ $\geq POB. ANT.$ | E. IND. EXT. SIMULADO + (E. IND. INT. ANT. ** AGLOM) (3) |
| EMPLEO GOBIERNO | $E. GOB. TOTAL * POB. ANT.$ $\geq POB. ANT.$ | E. GOBIERNO ANT. ** AGLOM (6) |
| ESPACIO CONSTRUIDO | $(E. BASICO + E. SERV. T.) * FSS$ $FSS = \frac{ESP. CONST. TOTAL}{EMP. TOTAL}$ | TIERRA DISPONIBLE (SIN INCLUIR TIERRA MARGINAL) |
| RESIDENTES MARGINALES | $(E. BAS. + E. SERV. T.) * ALPRM$ $ALPRM = \frac{POB. MARGINAL}{EMP. TOTAL}$ | TIERRA MARGINAL |
| RESIDENTES NO MARGINALES | $(E. BAS. + E. SERV. T.) * ALPR$ $ALPR = \frac{POB. NO MARGINAL}{TOTAL}$ | $ESP. CONST. T. SIMUL-ESP. CONST. E. BAS. -(E. SERV. TOT. * SSS)$ $SSS = \frac{ESP. CONST. SERV. T.}{E. SERV. TOTAL}$ |
| EMPLEO SERVICIO SECTOR (LOCAL) | $POBLACION TOTAL * SERP 1$ $SERP 1 = \frac{E. SERVICIO S1}{POB. TOTAL}$ | $\frac{ESP. CONST. PUB. NO MARG. + ESP. CONST. E. SERV. T.}{\geq ESP. CONST. POB. NO MARG. + ESP. CONST. E. SERV. T.}$ $\geq POB. NO MARG.$ |
| EMPLEO SERVICIO SECTOR 2 (TERCIARIO SUPERIOR) | $POBLACION TOTAL * SERP 2$ $SERP 2 = \frac{E. SERVICIO S2}{POB. TOTAL}$ | = ATRACTOR EMPLEO SERVICIO SECTOR 1 |

FIGURA 2.3
Estructura formal del modelo

residentes marginales y no-marginales “en el lugar de trabajo”, de acuerdo a dos tasas de actividad constantes. Estos residentes marginales y no-marginales son distribuidos luego a los lugares de residencia, aunque la distribución se realiza con sub-modelos diferentes. En el caso de la población no-marginal, se supone que ésta es atraída por la superficie construida disponible para residencia, ya que se considera que actúa un mercado formal. Para distribuir a la población marginal, en cambio, se supone que ésta está fuera del mercado formal, y por lo tanto, se encuentra atraída únicamente por la tierra marginal disponible en cada zona. La densidad marginal será función, entonces, de la accesibilidad de cada zona el empleo, de la elasticidad del sector con respecto al costo de transporte y de la cantidad de tierra marginal. Luego de localizados todos los residentes, se procede a estimar la distribución de los dos tipos de empleo de servicio. Para ello se comienza por sumar la población marginal y no-marginal en cada zona; el total de población de cada zona se considera luego como el sector demanda de servicios (orígenes) al multiplicarse por las tasas de generación de servicios correspondientes. La

demanda es luego distribuida a las zonas de producción en la forma habitual. Los dos tipos de empleo de servicio son, finalmente, sumados al empleo total por zona, con lo cual la secuencia de cálculo vuelve al comienzo. Este permite que la población dependiente del empleo de servicio se localice residencialmente y se suma al total de población. Debido a que las tasas de generación de servicios son siempre inferiores a uno, el sistema converge luego de un número razonable de iteraciones.

Finalmente es interesante destacar dos características más de los modelos descritos. En primer lugar, todos los sub-modelos de empleo básico han sido dotados de una opción: localización exógena, endógena o mixta. De acuerdo a las características de la política que se esté simulando, se utilizará una de estas opciones. Así, por ejemplo, si la política supone que parte del empleo industrial extensivo será exógeno y su localización será dada al modelo, la opción mixta tomará al elemento exógeno como dado y localizará el remanente endógeno.

La otra característica es que todos los sub-modelos del sistema han sido dotados con un mecanismo optativo de restricción de densidad, que puede ser tanto toda la región, para parte de ella, o diferenciados para cada zona. Esto puede ser muy útil para simular políticas voluntaristas que prohíban que una determinada actividad se localice por encima de una cierta densidad en algunas zonas. En el caso de políticas tendenciales se utiliza una sola densidad máxima para cada actividad, que corresponde a un máximo teórico o "tecnológico".

1.1.3. El Sistema de transporte

Para analizar las características del sistema de transporte, se ha utilizado un modelo muy simplificado, cuyo objetivo principal es el predecir los tiempos compuestos de viaje entre zonas. Se entiende por tiempo compuesto un promedio ponderado por grado de utilización de los tiempos empleados en viajar entre cada par de zonas por cada uno de dos modos principales: modo público y modo privado. Si t_{ij}^1 es el tiempo de viaje entre la zona i y la zona j por el modo 1 = público, y similarmente t_{ij}^2 lo es para el modo privado, entonces el tiempo compuesto t_{ij} es:

$$t_{ij} = t_{ij}^1 \alpha + t_{ij}^2 (1-\alpha) \quad (9)$$

es donde α es la proporción de viajeros que utilizan el modo 1 = público. Los tiempos de viaje en cada modo se determinan, a su vez, analizando los tiempos a través de los "pasos mínimos" entre cada par de origen y destino. Para ello el modelo deberá contar con una descripción de la red de transporte en términos de arcos que conectan a las zonas entre sí. Una zona de origen está conectada a una de destino a través de un conjunto de arcos, que definen una serie de nodos intermedios. Cada arco deberá estar descrito en términos de los siguientes atributos:

- Nodo de origen (puede ser centroide).
- Nodo de destino (puede ser centroide).

- Distancia.
- Velocidad a flujo libre.
- Modos permisibles.
- Tipo de arco.

La velocidad a flujo libre indica la velocidad a que podrían circular los automóviles suponiendo un mínimo volumen de tráfico, tal que los vehículos no se interfieran entre sí. Los modos permisibles indican aquellos modos que pueden utilizar el arco; en este caso la mayoría de los arcos permitirán la circulación del modo público y privado, pero habrá algunos que sólo permitirán el uso exclusivo de uno de los dos modos (por ejemplo, autopistas que no permiten transporte público, o vías para uso exclusivo de autobuses, etc.). Complementariamente, en tipo de arco, se especifica si se trata de autopistas urbanas, carreteras suburbanas, accesos peatonales, estaciones de peaje, líneas de ferrocarril subterráneo, etc.

Con estos datos, el modelo comienza por calcular el tiempo de viaje por modo en cada arco. El tiempo de viaje por modo es una función de la velocidad y de la cantidad de tráfico que circula en cada arco. Como supuesto simplificador, se supuso que en cada arco existe un volumen de tráfico igual a su capacidad, lo cual equivale a una situación de congestión bastante alta. Este supuesto se consideró acorde con la realidad existente. A medida que el volumen de tráfico aumenta en un arco determinado, el tiempo de viaje también aumenta, y el cálculo del aumento se denomina "restricción de capacidad".

La forma en que aumentan los tiempos, sin embargo, no es igual para los dos modos ni para los distintos tipos de arco. Así, por ejemplo, el modo público (autobuses) tiene siempre tiempos mayores que el modo privado, y tiende a congestionarse más rápidamente. Así también se considera que las carreteras urbanas tienden a congestionarse mucho más rápidamente que las autopistas interurbanas. Ciertos arcos especiales tienen también un tratamiento diferente, y así los arcos que representan al metro se gestionan solamente a volúmenes muy altos. Los arcos peatonales no se congestionan nunca. El modelo de transporte calcula, entonces, el tiempo de viaje por modo en cada arco, con funciones de restricción de capacidad diferentes para cada modo y cada tipo de arco. La etapa siguiente en el modelo es el calcular los tiempos entre zonas a través de los pasos mínimos. Para ello se utiliza un algoritmo especial que procesa todos los arcos que conducen a una zona de destino determinada, y que va sumando los tiempos involucrados y eligiendo siempre los más cortos. El procedimiento se repite para cada zona de destino. El resultado final del modelo de transporte está representado en dos matrices de tiempo, una para cada modo luego se agregan en una sola matriz por el procedimiento indicado en la ecuación (9).

1.1.4. El mecanismo de evaluación

El objetivo fundamental del mecanismo de evaluación es el estimar el beneficio o excedente que perciben los usuarios del sistema urbano (los residentes) en las diversas políticas alternativas que se conciben a futuro. Como se mencionó

anteriormente, los beneficios se calculan siempre al comparar dos situaciones determinadas, es decir, se trata de los beneficios que una política genera respecto a otra. El método consiste, entonces, en establecer una proyección a futuro como el "caso base", y comparar los beneficios de cada una de las políticas alternativas contra éste. Generalmente se utiliza una "proyección tendencial" como caso base, al cual intenta representar el estado del sistema urbano a futuro, suponiendo que se mantienen las políticas actualmente en vigencia.

Las ecuaciones (1) y (2) representan el modelo general de interacción espacial. Desde el punto de vista de la evaluación, estas ecuaciones representan a la función de la demanda; que dada la estructura iterativa del modelo y la inclusión de restricciones, no es una función lineal, ni siquiera monotónica, sino más bien una función muy compleja, de difícil representación gráfica. Sin embargo, supóngase que las curvas sinuosas de la fig. N° 1.4. representan dichas funciones de demanda, que a diferencia del análisis de excedente al consumidor tradicional, son diferentes por cada alternativa.

La ecuación (8) se obtiene de la integración de la función de demanda de cada una de las dos alternativas, y representa, por lo tanto, el área sombreada de la figura 14. Allí se ha representado un caso en que un usuario de características socioeconómicas determinadas consume, en la alternativa 1 una cantidad q_1 de un cierto bien a un precio p_1 ; el mismo usuario consume una cantidad q_2 a precio p_2 en la alternativa 2. La diferencia entre ambas (área sombreada) es el excedente al consumidor, o más bien, el beneficio **percibido** por el usuario al pasar de la alternativa 1 a la 2. En realidad, la ecuación (8) no está expresada en términos de la diferencia, sino del cociente de beneficios percibidos en ambas alternativas. Si la alternativa 2 es mejor que la 1 el cociente será > 1 y en el caso contrario será < 1 pero al establecer el logaritmo del cociente transforma las relaciones en > 0 ó < 0 , es decir, positivas y negativas, que es una forma más clara de representar los beneficios. Finalmente el indicador obtenido es dividido por el parámetro de elasticidad, cuya utilidad se explicará más adelante.

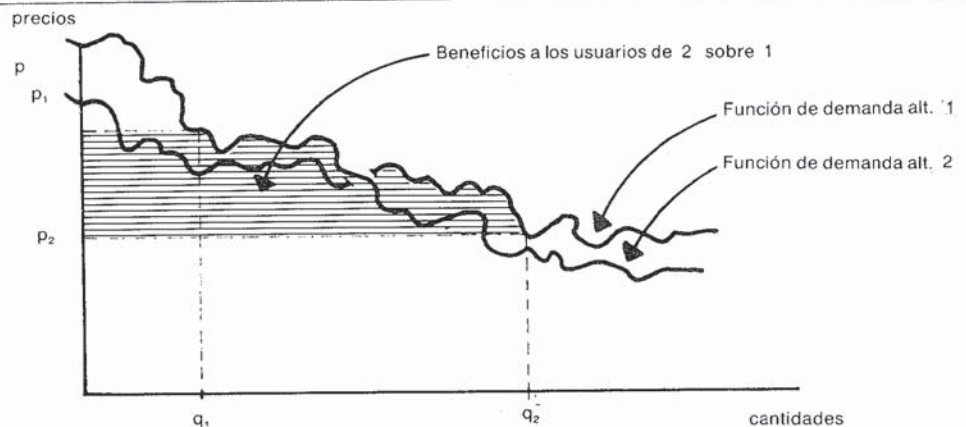


Figura 1.4. Representación simbólica del beneficio a los usuarios.

Tal como se explicó anteriormente, el modelo de las ecuaciones (1) y (2) se aplica luego para simular diversos procesos de localización, tales como la localización del empleo básico, de la superficie construida, de los dos tipos de residentes y de los dos tipos de empleo de servicio. De todas estas interacciones, interesa evaluar aquellas que afectan a la población, que son:

- interacción vivienda - trabajo.
- interacción vivienda - servicios tipo 1.
- interacción vivienda - servicios tipo 2.

Estas tres interacciones son realizadas tanto por la población como por la población no marginal, lo cual da lugar a seis tipos de interacción diferentes. Cada una de ellas fue simulada con modelos diferentes, lo cual da lugar a seis relaciones de beneficios como las de la ecuación general (8).

En otras palabras, cada grupo de población que reside en una zona determinada i percibe tres beneficios diferentes, S_i^{-1} , S_i^{-2} y S_i^{-3} . El beneficio total percibido por ellos es simplemente la suma:

$$S_i^- = \sum_n S_i^{-n} \quad (10)$$

Esta suma está automáticamente ponderada por $1/\beta^n$, es decir, por el inverso de la elasticidad de ese grupo residencial con respecto al costo de transporte. Ocurre que las relaciones más inelásticas (valores menos de β^n) corresponden a las interacciones de mayor importancia, ya que los usuarios están obligados a realizarlas aunque los costos aumenten, por esta razón la simple suma de los beneficios resulta adecuada.

Cabe destacar que cuando se aplica el modelo general de las ecuaciones (1) y (2) a la interacción vivienda - trabajo, el flujo que se genera es, en realidad, desde la demanda en el lugar de trabajo a la oferta en las zonas residenciales. Si se aplica el indicador de relación de beneficios percibidos de la ecuación (8), se estaría evaluando, en consecuencia, al sector empleo y no a la población, y los beneficios representarían una mayor o menor accesibilidad a la fuerza de trabajo. Para evaluar correctamente la accesibilidad al empleo desde los sectores residenciales será necesario invertir el modelo, poniendo a los residentes en el sector de demanda y a los empleos en el sector producción, y luego aplicar el indicador de la ecuación (8).

Los indicadores obtenidos de la ecuación (10) serán los beneficios percibidos por un determinado tipo de residentes en una zona i . El agregar estos beneficios para todas las zonas es un aspecto que se presta a muchos debates, ya que decisiones políticas pueden incidir en cuáles zonas deberán ser tomadas con un mayor o menor peso. Sin embargo, si suponemos que el peso dado a cada zona deberá ser proporcional a la cantidad de personas del tipo que se está considerando que residen en cada zona, el indicador global será:

$$\bar{S}^- = \frac{\sum_i \hat{S}_i^- P_i}{\sum_i P_i} \quad (11)$$

con un criterio similar se puede obtener un indicador que represente los beneficios totales percibidos por todos los residentes de distintos tipos en una zona en particular. Esto es aun más debatible que en el caso anterior, ya que decisiones políticas determinarán a qué grupos sociales se deberá favorecer. Sin embargo, si se supone que dentro de una zona los beneficios promedios deberán ser ponderados por el número de residentes de cada tipo p que habitan en la zona, entonces:

$$S_i^* = \frac{\sum_p S_i^p p_i^p}{\sum_p p_i^p} \quad (12)$$

Nótese que necesariamente $\sum_i S_i^* = S^*$ de la ecuación (11).

Un último punto necesario destacar. El indicador de la ecuación (8) supone que el total de población por tipo para la alternativa 2 es igual al de la 1. Como este modelo ha sido aplicado a alternativas que pueden ser diferentes desde el punto de vista del desarrollo regional, y por lo tanto pueden tener totales de población diferentes, se debe cuidar que siempre que se aplique la ecuación (8), se deberá multiplicar por la relación $p_i^p 1 / p_i^p 2$, lo cual hace que se evite que una alternativa genera mayores beneficios simplemente por tener mayor población o empleo.