

Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA)
Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

Transformación urbana y movilidad en los municipios de Bizkaia (1991-2001)



TESIS DOCTORAL

Lorea Mendiola Egaña

2011

Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA)
Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

Transformación urbana y movilidad en los municipios de Bizkaia (1991-2001)

TESIS DOCTORAL

Lorea Mendiola Egaña

2011

Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA)
Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

Transformación urbana y movilidad en los municipios de Bizkaia (1991-2001)

TESIS DOCTORAL

Lorea Mendiola Egaña

Barcelona, 2011

DIRECTORES:

Doctora Pilar González Casimiro
Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

Doctor Àngel Cebollada i Frontera
Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

Azkenean, Aitor!

Sumario

Los costes ambientales de la movilidad y su relación con los usos del suelo han sido foco de atención del debate científico en las últimas décadas. Las implicaciones ambientales de la movilidad basada principalmente en el vehículo privado y la tendencia negativa observada en el logro de la sostenibilidad en ese campo, la han situado en el centro de cualquier estrategia ambiental.

El presente estudio tiene por objeto establecer, en la provincia de Bizkaia, si los diferentes patrones de uso del suelo derivados de la expansión urbana experimentada en la década 1991-2001 podrían estar asociados a distintos modelos de movilidad por motivo de trabajo y, por consiguiente, influir en el impacto ambiental generado por este tipo de desplazamientos. Siguiendo líneas de investigaciones abiertas en estudios anteriores, además de los factores de uso del suelo, hemos incorporado al análisis del impacto en la medida de lo posible otros factores relacionados con aspectos socioeconómicos y con las características de los sistemas de transporte. El impacto ambiental de la movilidad se ha calculado para cada municipio a través de un índice sintético, aplicando una ponderación a cada viajero pendular que se desplaza desde el municipio a su lugar de trabajo, que depende del medio de transporte utilizado y del tiempo empleado en el desplazamiento.

Los resultados obtenidos estimando un modelo de regresión espacial indican que un incremento del impacto ambiental de la movilidad está asociado a una baja densidad y concentración de la población, a una especialización residencial, a un nivel socioeconómico elevado y a procesos de urbanización más recientes. Asimismo, es superior en aquellas localidades rodeadas de otras que generan un mayor impacto ambiental debido a la movilidad.

En una segunda fase, se ha analizado si los factores que determinan el impacto ambiental de la movilidad influyen en él a través uno de sus componentes, medio de transporte elegido o tiempo del desplazamiento, o de ambos. Los resultados indican que, en el caso de Bizkaia, la totalidad de los factores que influyen en el impacto ambiental de la movilidad lo hacen a través de su efecto en el reparto modal, mientras que la mezcla funcional lo hace, además, a través de su repercusión en la duración de los desplazamientos.

Palabras clave: Desarrollo urbano; Dispersión urbana; Usos de suelo; Sostenibilidad urbana; Movilidad; Econometría espacial.

Summary

The environmental costs of mobility and how this relates to land use has been the focus of attention of scientific debate in recent decades. The environmental repercussions of mobility based primarily on private car use and the negative trend observed in achieving sustainability in this field, have been at the centre of any environmental strategy.

This study aims to establish whether the various land use patterns resulting from urban expansion in the decade 1991-2001 can be linked to different models of occupational mobility and, consequently, influence the environmental impact of commuting in the province of Bizkaia. Following investigation lines opened in previous studies, this study incorporates factors related to socioeconomic characteristics and features of transport systems, in addition to land use factors. The environmental impact of mobility was calculated for each municipality through a synthetic index, weighting each commuter's journey to work, considering mode of transport used and duration of trip.

The results obtained by estimating a spatial regression model suggest that an increase of the environmental impact of mobility is associated with a low density and concentration of population, a residential specialization, a higher socioeconomic status and recent urbanizations. Likewise it was found that the environmental impact of mobility is higher in those localities surrounded by others with a greater mobility impact.

At a second stage, we analysed whether the factors that determine the environmental impact of mobility influence the latter through the mode of transport used, the travel time, or both. The results indicate that, in Bizkaia, all factors selected for the study influence the environmental impact of mobility through the modal split, while the functional mix also influences through travel time.

Keywords: Urban development; Urban sprawl; Land use; Urban sustainability; Mobility; Spatial econometrics.

INDICE GENERAL

Sumario	i
Summary	iii
Indice general	v
Indice de tablas.....	ix
Indice de figuras.....	xii
Indice de gráficos	xiii
Indice de mapas	xv

Introducción

0.0 Introducción	3
0.1 Transporte versus movilidad	6
0.2 Objetivos de la investigación	9
0.3 Estructura de la tesis	11

Capítulo I. Transformación urbana y movilidad: análisis teórico y empírico

1.0 Introducción.....	19
1.1 El proceso de formación de las ciudades.....	20
1.1.1 Desde sus orígenes hasta la Revolución Industrial.....	21
1.1.2 Desde la Revolución Industrial hasta la segunda mitad del siglo XX.....	23
LA CIUDAD-CAPITAL	24
LA GRAN CIUDAD.....	27
NACIMIENTO DEL URBANISMO: PROPUESTAS DE CIUDADES A FINALES DEL SIGLO XIX.....	28
1.1.3 La ciudad de la segunda mitad del siglo XX	33
LA CIUDAD-METRÓPOLI.....	33
LA CIUDAD-REGIÓN.....	34
1.2 La ciudad actual: el fenómeno de la dispersión urbana.....	37
1.2.1 Efectos negativos de la dispersión urbana	39
1.2.2 El modelo de movilidad actual	43
1.3 Relación entre desarrollo urbano y modelo de movilidad.....	51
1.3.1 ¿Existe esta relación?.....	51
1.3.2 ¿Existe una relación de causalidad?	54
LA FORMA DE LA CIUDAD COMO CONSECUENCIA DEL MODELO DE MOVILIDAD	54
EL PATRÓN DE MOVILIDAD COMO CONSECUENCIA DEL MODELO DE PLANIFICACIÓN URBANÍSTICA.....	57
INTERACCIÓN ENTRE MODELO URBANO Y PATRÓN DE MOVILIDAD	59
1.4 Principales resultados empíricos	61
1.4.1 Revisión bibliográfica	61
1.4.2 Planteamiento de la investigación	67

Capítulo 2. Crisis industrial, transformación urbana y modelo de movilidad en Bizkaia

2.0	Introducción	73
2.1.	Características generales del área de estudio	75
2.1.1	El medio físico	76
2.1.2	Los municipios de Bizkaia en 2001	78
2.2	Etapas significativas en el desarrollo urbano de Bizkaia	83
2.2.1	La etapa industrial: 1880-1983	84
2.2.2	La primera transformación: 1983-2008.....	86
2.2.3	Hacia la sociedad del conocimiento: 2008 en adelante.	87
2.3	Dinámica de la población	88
2.3.1	Las migraciones internas	92
2.4	Transformación en el uso del suelo en Bizkaia en el periodo 1991-2001	100
2.4.1	La construcción de nueva vivienda.....	100
2.4.2	Evolución de la diversidad funcional en los municipios	108
2.5	Características de la movilidad en los municipios de Bizkaia	113
2.5.1	Los desplazamientos al lugar de trabajo en el periodo 1991-2001	114
2.5.2	La oferta de transporte motorizado.....	120

Capítulo 3. La econometría espacial

3.0	Introducción	131
3.1	Heterogeneidad espacial y dependencia espacial	134
3.1.1	La heterogeneidad espacial	134
3.1.2	La dependencia espacial.....	136
3.2	Dependencia espacial a nivel univariante	141
3.2.1	Contrastes globales de autocorrelación espacial	142
3.2.2	Contrastes de autocorrelación espacial local.....	146
3.3	Dependencia espacial en un modelo de regresión	150
3.3.1	Especificación de la dependencia espacial en el modelo de regresión	150
	MODELO DEL ERROR ESPACIAL	151
	MODELO DEL RETARDO ESPACIAL	152
	MODELO GENERAL DE REGRESIÓN ESPACIAL.....	153
	MODELO MIXTO REGRESIVO CRUZADO	154
	MODELO DEL RETARDO ESPACIAL CON PERTURBACION ALEATORIA ESPACIALMENTE AUTORREGRESIVA	155
	MODELO MIXTO REGRESIVO CRUZADO CON PERTURBACIÓN ALEATORIA ESPACIALMENTE AUTORREGRESIVA	155
3.3.2	Métodos de contrastación de la dependencia espacial en el modelo de regresión	156
	CONTRASTACIÓN DE LA DEPENDENCIA ESPACIAL EN EL TÉRMINO DE ERROR	157
	CONTRASTACIÓN DE LA DEPENDENCIA ESPACIAL SUSTANTIVA	159
	COMPORTAMIENTO DE LOS CONTRASTES DE AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL EN UN CONTEXTO FINITO	159
	ESTRATEGIAS PARA LA SELECCIÓN FINAL DEL MODELO ESPACIAL.....	161
3.3.3	Estimación de los modelos espaciales	163

CAPITULO 4. Los desplazamientos al trabajo y su impacto ambiental en los municipios de Bizkaia

4.0	Introducción.....	169
4.1	Marco teórico del trabajo.....	170
4.1.1	Factores de uso del suelo.....	170
4.1.2	Factores no relacionados con los usos del suelo.....	172
4.1.3	Modelo conceptual.....	173
4.2	Metodología	175
4.2.1	El Índice de Impacto de la Movilidad	176
4.2.1	Los factores que influyen en el patrón de movilidad	180
4.3	Análisis estadístico de la base de datos.....	186
4.3.1	La base de datos	190
4.3.2	Análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE).....	190
	MAPAS DE CUANTILES Y DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN DE MORAN.....	193
	MAPAS LISA.....	194
4.4	Modelo econométrico para el impacto ambiental de la movilidad	203

CAPITULO 5. Componentes del impacto ambiental de la movilidad: el modo y el tiempo

5.0	Introducción.....	215
5.1	Determinantes del reparto modal en los desplazamientos al lugar de trabajo	217
5.1.1	Marco teórico del estudio.....	217
5.1.2	Metodología	219
	EL REPARTO MODAL.....	219
5.1.3	Análisis estadístico de la base de datos del reparto modal	221
5.1.4	Análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE)	224
	MAPAS DE CUANTILES Y DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN DE MORAN	224
	MAPAS LISA	225
5.1.5	Modelos econométricos para el reparto modal	231
5.2	Determinantes del tiempo de los desplazamientos al lugar de trabajo	241
5.2.1	Marco teórico del estudio	241
5.2.2	Metodología	242
	EL TIEMPO PROMEDIO DE LOS DESPLAZAMIENTOS AL LUGAR DE TRABAJO	243
5.2.3	Análisis estadístico de la base de datos del tiempo de los desplazamientos	245
5.2.4	Análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE)	246
	MAPAS DE CUANTILES Y DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN DE MORAN	247
	MAPAS LISA	247
5.2.5	Modelos econométricos para el tiempo de los desplazamientos	250
5.3	Resultados del capítulo	256

CAPITULO 6. Conclusiones finales

6.1	Principales resultados y conclusiones	263
6.2	Limitaciones del estudio	272
6.3	Futuras líneas de investigación	274

ANEXOS

Anexo I:	Determinantes del Índice de Impacto de la movilidad.	279
Anexo II:	Determinantes de la participación del transporte privado (conductor) en la elección modal	284
Anexo III:	Determinantes de la participación del transporte público en la elección modal	287
Anexo IV:	Determinantes de la participación de los desplazamientos en bicicleta o a pie en la elección modal.....	291
Anexo V:	Determinantes del tiempo de desplazamiento en transporte privado.	295
Anexo VI:	Determinantes del tiempo de desplazamiento en transporte público	300

BIBLIOGRAFIA	305
---------------------------	------------

Índice de tablas

Introducción

Tabla 0.1:	El Programa Marco Ambiental de la C.A. Euskadi. Objetivos y tendencias	4
-------------------	--	---

Capítulo 1

Tabla 1.1:	Efectos negativos de la dispersión urbana.	42
Tabla 1.2:	Accidentes de carretera por tipo de usuario en algunos países europeos.	47
Tabla 1.3:	Personas de 16 y más años según medio de transporte utilizado, por sexo y edad (%). CAPV, 2008.	48
Tabla 1.4:	Costes por pasajero y medio de transporte (euros). Madrid, 1996.	49
Tabla 1.5:	Indicadores de movilidad utilizados en los estudios empíricos.	63
Tabla 1.6:	Factores de uso del suelo y su impacto en la movilidad.	65

Capítulo 2

Tabla 2.1:	Las comarcas de Bizkaia y sus municipios	78
Tabla 2.2:	VAB (%) por rama de actividad . Arratia-Nervi6n	79
Tabla 2.3:	VAB (%) por rama de actividad . Busturialdea	80
Tabla 2.4:	VAB (%) por rama de actividad . Duranguesado	80
Tabla 2.5:	VAB (%) por rama de actividad . Encartaciones	81
Tabla 2.6:	VAB (%) por rama de actividad . Gran Bilbao	82
Tabla 2.7:	VAB (%) por rama de actividad . Lea-Artibai	83
Tabla 2.8:	VAB (%) por rama de actividad . Uribe-Butroe	83
Tabla 2.9:	Las Tres Revoluciones, CAPV	84
Tabla 2.10:	Variaci6n de la poblaci6n por tama1o del municipio (Bizkaia, 1991-2001)	91
Tabla 2.11:	Variaci6n de la poblaci6n por comarca (Bizkaia, 1991-2001)	92
Tabla 2.12:	Migraciones internas e incremento porcentual del n1mero de n1cleos familiares por tama1o de municipio (Bizkaia, 1991-2001)	93
Tabla 2.13:	Migraciones internas e incremento porcentual del n1mero de n1cleos familiares por comarca (Bizkaia, 1991-2001)	94
Tabla 2.14:	Características socio-econ6micas y culturales de la poblaci6n, por tama1o de municipio (Bizkaia, 1991-2001)	97
Tabla 2.15:	Características socio-econ6micas y culturales de la poblaci6n, por comarca (Bizkaia, 1991-2001)	99
Tabla 2.16:	Incremento porcentual de viviendas seg1n clase por tama1o de municipio (Bizkaia, 1991-2001)	101
Tabla 2.17:	Incremento porcentual de las viviendas y sus clases por comarca (Bizkaia, 1991-2001)	102
Tabla 2.18:	Variaci6n de la densidad de viviendas por hect1rea en Bizkaia, por tama1o de municipio (1993-2002)	105
Tabla 2.19:	Variaci6n de la densidad de viviendas por hect1rea en Bizkaia, por comarca (1993-2002)	106
Tabla 2.20:	Mezcla funcional y autocontenci6n laboral por tama1o de municipio (Bizkaia, 1991- 2001)	109
Tabla 2.21:	Mezcla funcional y autocontenci6n laboral por comarca (Bizkaia, 1991- 2001)	110
Tabla 2.22:	Reparto modal en viajes por motivo trabajo por tama1o de municipio (Bizkaia, 2001)	115

Tabla 2.23: Reparto modal en viajes por motivo trabajo por comarca, 2001	116
Tabla 2.24: Número medio de vehículos por hogar (Bizkaia 2001)	119
Tabla 2.25: Red de carreteras de Bizkaia por tipo	121
Tabla 2.26: Presencia del transporte público en los municipios de Bizkaia, 2001	122
Tabla 2.27: Evolución del transporte público de Bizkaia (Miles de viajeros)	124
Tabla 2.28: Oferta de transporte público por comarca (Bizkaia 2002) (plazas hora/1000 habitantes)	126

Capítulo 3

Tabla 3.1: Aplicaciones empíricas recientes en el campo de la econometría espacial	133
Tabla 3.2: Intepretación de los valores estandarizados de los estadísticos de autocorrelación espacial global	144

Capítulo 4

Tabla 4.1: Matriz de ponderaciones por duración y medio de transporte	178
Tabla 4.2: Factores utilizados en diferentes investigaciones	181
Tabla 4.3: Descripción de las variables utilizadas	187
Tabla 4.4: Descripción estadística de la base de datos	189
Tabla 4.5: Matriz de correlaciones	190
Tabla 4.6: Índice de impacto de la movilidad, Bizkaia 2001	197
Tabla 4.7: Densidad bruta de población, Bizkaia 2001	198
Tabla 4.8: Mezcla funcional, Bizkaia 2001	199
Tabla 4.9: Índice de concentración de la población, Bizkaia 2001	200
Tabla 4.10: Renta bruta per capita, Bizkaia 2001	201
Tabla 4.11: Variación de la población, Bizkaia 1991-2001	202
Tabla 4.12: Estimación del modelo [4.3] por MCO	205
Tabla 4.13: Estimación robusta del modelo de retardo espacial [4.4] por MV	207

Capítulo 5

Tabla 5.1: Definición de los indicadores del reparto modal	220
Tabla 5.2: Descripción estadística de los indicadores del reparto modal	222
Tabla 5.3: Coeficientes de correlación	223
Tabla 5.4: Ocupados que se desplazan al trabajo en vehículo privado como conductor (%), Bizkaia 2001	227
Tabla 5.5: Ocupados que se desplazan al trabajo en coche privado como pasajero (%), Bizkaia 2001	228
Tabla 5.6: Ocupados que se desplazan al trabajo en transporte público (%), Bizkaia 2001	229
Tabla 5.7: Ocupados que se desplazan al trabajo en bicicleta o a pie (%), Bizkaia 2001	230
Tabla 5.8: Estimación de los modelos [5.1], [5.2] y [5.3] por MCO	233
Tabla 5.9: Estimación de los modelos espaciales [5.4], [5.5] y [5.6] por MV	236
Tabla 5.10: Definición de los indicadores del tiempo de los desplazamientos	244
Tabla 5.11: Descripción de los indicadores del tiempo de los desplazamientos	245
Tabla 5.12: Coeficientes de correlación	246
Tabla 5.13: Tiempo promedio de los desplazamientos en transporte privado como conductor, Bizkaia 2001	248
Tabla 5.14: Tiempo promedio de los desplazamientos en transporte público (Bizkaia 2001)	249

Tabla 5.15: Estimación de los modelos [5.7] y [5.8] por MCO	251
Tabla 5.16: Estimación robusta del modelo híbrido [5.9] por MV	253

Capítulo 6

Tabla 6.1: Respuesta del Índice de Impacto ambiental de la movilidad y de sus componentes ante variaciones en los factores explicativos	271
--	-----

Anexo I

Tabla I.1: Modelo [4.3] estimado por MCO. Variable dependiente: <i>IMP</i>	281
Tabla I.2: Modelo del retardo espacial [4.4] estimado por MV. Variable dependiente: <i>IMP</i>	282
Tabla I.3: Modelo del retardo espacial [4.4] estimado por MV (versión robusta). Variable dependiente: <i>IMP</i>	283

Anexo II

Tabla II.1: Modelo [5.1] estimado por MCO. Variable dependiente: <i>PTPRIVC</i>	285
Tabla II.2: Modelo del error espacial [5.4] estimado por MV. Variable dependiente: <i>PTPRIVC</i>	286

Anexo III

Tabla III.1: Modelo [5.2] estimado por MCO. Variable dependiente: <i>PTPUB</i>	288
Tabla III.2: Modelo de retardo espacial [5.5] estimado por MV. Variable dependiente: <i>PTPUB</i>	289
Tabla III.3: Modelo del retardo espacial [5.5] estimado por MV. (Versión robusta). Variable dependiente: <i>PTPUB</i>	290

Anexo IV

Tabla IV.1: Modelo [5.3] estimado por MCO. Variable dependiente: <i>PPIEBIC</i>	292
Tabla IV.2: Modelo del error espacial estimado por MV. Variable dependiente: <i>PPIEBIC</i>	293
Tabla IV.3: Modelo de híbrido [5.6] estimado por MV. Variable dependiente: <i>PPIEBIC</i>	294

Anexo V

Tabla V.1: Modelo [5.7] estimado por MCO. Variable dependiente: <i>TIEMPRIVC</i>	296
Tabla V.2: Modelo del retardo espacial estimado por MV. Variable dependiente: <i>TIEMPRIVC</i>	297
Tabla V.3: Modelo híbrido [5.9] estimado por MV. Variable dependiente: <i>TIEMPRIVC</i>	298
Tabla V.4: Modelo híbrido [5.9] estimado por MV (versión robusta). Variable dependiente: <i>TIEMPRIVC</i>	299

Anexo VI

Tabla VI.1: Modelo [5.8] estimado por MCO. Variable dependiente: <i>TIEMPUB</i>	301
Tabla VI.2: Modelo [5.8] estimado por MCO (versión robusta). Variable dependiente: <i>TIEMPUB</i>	302

Índice de figuras

Introducción

Figura 1.1: Demanda de movilidad y oferta de transporte motorizado	7
---	---

Capítulo 1

Figura 1.1: Evolución de la estructura espacial de la ciudad	36
Figura 1.2: Desplazamiento de una hora según medio de transporte	55
Figura 1.3: Evolución del transporte y de la forma urbana en las ciudades norteamericanas y europeas	56
Figura 1.4: Interacción transporte - uso del suelo.....	60

Capítulo 2

Figura 2.1: Sistema de transportes de Bizkaia	121
--	-----

Capítulo 3

Figura 3.1: Dependencia espacial y agregación	137
Figura 3.2: Criterios de contigüidad espacial y matrices de peso espacial.....	139
Figura 3.3: Contigüidad de primer y segundo orden, según el criterio torre.....	140
Figura 3.4: Proceso de decisión en la selección del modelo de regresión espacial.....	162

Capítulo 4

Figura 4.1: Modelo conceptual: factores que influyen en el impacto ambiental de la movilidad ocupacional en Bizkaia	174
Figura 4.2: Índice de forma urbana.....	183
Figura 4.3: Variables utilizadas en la explicación del impacto ambiental de la movilidad ocupacional en Bizkaia.....	186

Capítulo 5

Figura 5.1: Modelo conceptual: factores que influyen en los componentes del impacto ambiental la movilidad ocupacional en Bizkaia	216
Figura 5.2: Variables utilizadas en la explicación del reparto modal en los desplazamientos al trabajo en Bizkaia	221
Figura 5.3: Variables utilizadas en la explicación del tiempo de desplazamiento al trabajo en Bizkaia.....	244
Figura 5.4: Modelo teórico para el estudio de la relación entre características del municipio y los componentes del impacto de su movilidad en Bizkaia	256
Figura 5.5: Modelo teórico para el estudio de la relación entre características de los municipios vecinos y los componentes del impacto de la movilidad de cada municipio en Bizkaia	258

Indice de gráficos

Capítulo 1

Gráfico 1.1: Evolución de la población, del transporte de viajeros y del número de vehículos privados en la UE-27.....	44
Gráfico 1.2: Consumo de energía por modo y medio de transporte (EU-27)	44
Gráfico 1.3: Emisiones de gases de efecto invernadero por sector, UE-27 (mill. TN de CO ₂ equivalente)	45
Gráfico 1.4: Emisión de gases de efecto invernadero: participación por modo de transporte, EU-27 (2007)	46

Capítulo 2

Gráfico 2.1: Evolución de la población en la CAPV y en Bizkaia, 1900-2006.....	89
Gráfico 2.2: Variación de la población en la zona rural y urbana de Bizkaia.....	90
Gráfico 2.3: Variación de la población, del número de viviendas familiares, número de familias y familias unipersonales (Bizkaia, 1991-2001)	101
Gráfico 2.4: Densidad de edificación por tamaño de municipio (Bizkaia, 1993-2002) (Viv./Ha. urbana residencial)	104
Gráfico 2.5: Densidad de edificación por comarca (Bizkaia, 1993-2002)	106
Gráfico 2.6: Desplazamientos por motivos (Bizkaia, 1997-2007)	113
Gráfico 2.7: Desplazamientos por motivo y modo de transporte, Bizkaia 2007.....	114
Gráfico 2.8: Reparto modal por motivo trabajo (Bizkaia, 2001)	116
Gráfico 2.9: Reparto modal por motivo trabajo por comarca, 2001.....	117
Gráfico 2.10: Viajeros en servicios públicos de transporte colectivo por carretera y ferroviario (Bizkaia, 2000-2008) (miles de viajeros)	124
Gráfico 2.11: Distribución de los viajeros entre los principales operadores de transporte público (Bizkaia, 2001- 2008)	125

Capítulo 3

Gráfico 3.1: Diagrama de dispersión de Morán	146
---	-----

Capítulo 4

Gráfico 4.1: Histograma de conectividad de la matriz de contigüidad.....	191
Gráfico 4.2: Diagrama de dispersión de Moran para los residuos del modelo [4.4]	207

Anexo I

Gráfico I.1: Mejor ajuste entre la variable dependiente <i>IMP</i> y cada una de las variables explicativas	279
Gráfico I.2: Distribución de los residuos del modelo [4.3]	282

Anexo II

Gráfico II.1: Mejor ajuste entre la variable dependiente <i>PTPRIVC</i> y cada una de las variables explicativas	284
---	-----

Gráfico II.2: Distribución de los residuos del modelo [5.1]	285
--	-----

Anexo III

Gráfico III.1: Mejor ajuste entre la variable dependiente <i>PTPUB</i> y cada una de las variables explicativas	287
Gráfico III.2: Distribución de los residuos del modelo [5.2]	288

Anexo IV

Gráfico IV.1: Mejor ajuste entre la variable dependiente <i>PPIEBIC</i> y cada una de las variables explicativas	291
Gráfico IV.2: Distribución de los residuos del modelo [5.3]	292

Anexo V

Gráfico V.1: Mejor ajuste entre la variable dependiente <i>TIEMPRIVC</i> y cada una de las variables explicativas	295
Gráfico V.2: Distribución de los residuos del modelo [5.7]	296

Anexo VI

Gráfico VI.1: Mejor ajuste entre la variable dependiente <i>TIEMPUB</i> y cada una de las variables explicativas	300
Gráfico VI.2: Distribución de los residuos del modelo [5.8]	301

Indice de mapas

Capítulo 2

Mapa 2.1:	Mapa físico de Bizkaia.....	77
Mapa 2.2:	Municipios y comarcas de Bizkaia, 2001	79
Mapa 2.3:	Tamaño de los municipios de Bizkaia según su población (2001)	89
Mapa 2.4:	Municipios con saldo migratorio interno negativo (Bizkaia, 1991-2001)	96
Mapa 2.5:	Municipios con saldo migratorio positivo (Bizkaia, 1991-2001)	96
Mapa 2.6:	Incremento de viviendas principales en los municipios de Bizkaia (1991-2001)	103
Mapa 2.7:	Densidad de viviendas por hectárea de área urbana residencial. Bizkaia, 2002 (Sin Barakaldo: 343 viv./ha.)	107
Mapa 2.8:	Índice de autocontención laboral en Bizkaia, 2001	111
Mapa 2.9:	Usos de suelo urbano de algunos municipios de Bizkaia, 2002	112
Mapa 2.10:	Proporción de personas desplazadas en vehículo privado en Bizkaia, por motivo trabajo, 2001	118
Mapa 2.11:	Número medio de vehículos por hogar en los municipios de Bizkaia, 2001	119
Mapa 2.12:	Principales carreteras de Bizkaia	120
Mapa 2.13:	Red de autobuses interurbanos de Bizkaia.....	123
Mapa 2.14:	Municipios con acceso al ferrocarril en Bizkaia, 2001	123

Capítulo 3

Mapa 3.1:	Densidad bruta de población en los municipios de Bizkaia (2001)	141
Mapa 3.2:	Mapa LISA . Variable: Tiempo promedio de un desplazamiento en vehículo privado (Bizkaia, 2001)	149

Introducción

0.0 Introducción












La Ley 3/1998, General de Protección del Medio Ambiente del País Vasco publicada el 27 de marzo del 2008 en el Boletín Oficial del País Vasco (BOPV) constituye la expresión jurídico positiva de la política ambiental de la Comunidad Autónoma de Euskadi (CAE). Tal como señala en su exposición de motivos:




“... nace de la necesidad de concretar una voluntad colectiva de entender el medio ambiente, jerarquizando objetivos comunes de la política ambiental, articulando competencias y diseñando, a tal fin, procedimientos e instrumentos adecuados” (BOPV N° 59, 27 de marzo de 1998, p. 5321).

En el marco de esta Ley 3/1998, el 4 de junio de 2002 se aprobó la Estrategia Ambiental Vasca de Desarrollo Sostenible 2002-2020, en la que se establecieron un conjunto de metas, objetivos y compromisos a corto, medio y largo plazo que se han ido plasmando en diferentes documentos. Los objetivos y compromisos a corto plazo se han ido concretando en los tres Programas Marco Ambientales (PMA) que se han formulado hasta la fecha: el I PMA 2002-2006, el II PMA 2007-2010 y el III PMA 2011-2014, este último en proceso de elaboración.

Analizando las valoraciones correspondientes a los 11 objetivos del II Programa Marco Ambiental 2007-2010 recogidas de forma resumida en la tabla 0.1, se puede apreciar que en ocho objetivos (aire, agua, suelo, energía, residuos, territorio, emisiones de gases de efecto invernadero y adaptación al cambio climático) las tendencias son claramente positivas. El contrapunto lo ponen los objetivos de consumo de recursos naturales y movilidad, donde las tendencias son aún negativas, mientras que los compromisos asociados al objetivo de biodiversidad no permiten determinar una tendencia clara en su evolución (IHOBE, 2010).

**Tabla 0.1: II Programa Marco Ambiental de la C.A. de Euskadi.
Objetivos y tendencias.**

Objetivos estratégicos	Tendencia
1. Aire limpio	
2. Buena calidad del agua	
3. Prevenir y corregir la contaminación del suelo	
4. Consumo responsable de los recursos naturales	
5. Fomentar un consumo y una producción energética sostenible	
6. Reducción de residuos y vertido cero sin tratamiento	
7. Mantener nuestra biodiversidad biológica	
8. Hacia un nuevo modelo de gestión de la movilidad	
9. Lograr un uso equilibrado del territorio	
10. Limitar las emisiones de gases de efecto invernadero	
11. Adaptación al cambio climático	

 Tendencia positiva.  Tendencia negativa.  No hay una tendencia clara.

FUENTE: IHOBE (2010).

Estas valoraciones ponen en evidencia que los esfuerzos realizados en algunos campos de acción son contrarrestados, en parte, por los problemas derivados de nuestro modo de vida, de consumo y de desarrollo. Cada vez reciclamos más, pero generamos más residuos; somos más eficientes en el uso de los recursos naturales, pero los consumimos en mayores cantidades; los municipios elaboran planes de movilidad sostenible, pero el coche y el camión siguen siendo los principales medios de transporte.

En este sentido, uno de los sectores que despierta mayor preocupación por sus implicaciones ambientales es el transporte. Así lo demuestran algunos datos que mostramos a continuación:

- según datos de Eustat¹, el transporte es el segundo sector en importancia en las emisiones de gases de efecto invernadero, siendo responsable del 24% del total de emisiones en 2009, con un incremento del 94% desde 1990;
- el ruido procedente de las carreteras ha provocado que en 2004 el 9,3% de la superficie de la C. A. de Euskadi se encuentre expuesta a niveles sonoros por encima de los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (IHOBE, 2005a);
- el transporte es el segundo sector en importancia en demanda de energía (casi el 34% en el 2009), con un incremento del consumo energético del 96% entre los años 1990 y 2009 (IHOBE 2005a, Eustat);
- la superficie artificializada asciende a 58649 has., lo que representa el 8% de la superficie total en la C. A. de Euskadi en 2010. Las infraestructuras de base para la movilidad ocupan 9.764 hectáreas, a las que hay que sumar el viario interior y el sistema de aparcamientos y equipamientos, lo que situaría a la movilidad en cabeza del proceso de artificialización del territorio, por encima de la actividad urbanística y las actividades económicas (IHOBE, 2011).

A estas cifras hay que añadir el incremento sustancial del volumen de transporte experimentado en la C. A. de Euskadi desde 1990, con un fuerte desequilibrio hacia el transporte por carretera, agravando aún más la situación. En el caso de las mercancías, el 78% del total de toneladas transportadas en el 2008 se movilizaron por carretera, frente a un exiguo 3% por ferrocarril y un 19% utilizando medios marítimos, estos últimos sobre todo en los viajes externos. En el apartado de desplazamientos de personas, el transporte público ha ganado posiciones (sube 1,6 puntos entre 2003 y 2007), pero menos que el vehículo privado (3,6 puntos), mientras que los desplazamientos peatonales retroceden 4,6 puntos en el mismo periodo. La creciente utilización del automóvil se refleja en el aumento del índice de motorización, que ha pasado de 391 a 435 turismos por mil habitantes entre 2000 y 2008 (IHOBE, 2011). En consecuencia, los impactos asociados al transporte motorizado y a la movilidad, tales como el ruido, los humos, los accidentes, la congestión y la ocupación del espacio, se han convertido en problemas ambientales de primera magnitud, lo que ha situado al transporte y a la movilidad en el centro de cualquier estrategia de sostenibilidad.

¹ Eustat: Instituto Vasco de Estadística.

0.1 Transporte versus movilidad

Tradicionalmente, la mayoría de las respuestas a los problemas originados por el transporte se han orientado hacia la búsqueda de mejoras técnicas en los vehículos y hacia la realización de inversiones para incrementar la capacidad y la calidad de las infraestructuras viarias. La realidad ha demostrado que la construcción de más carreteras para atender a un tráfico cada vez mayor tiende a generar un efecto de realimentación que se traduce en un incremento del tráfico que, a su vez, vuelve a dejar insuficiente la red viaria. Además, el aumento del número de desplazamientos motorizados hace que el impacto ambiental total siga creciendo a pesar de que los vehículos tiendan a contaminar menos.

De la misma forma, los estudios urbanos han mostrado una tendencia a analizar los desplazamientos desde la perspectiva de la oferta del transporte motorizado y han menospreciado la demanda de transporte que surge de la necesidad de desplazamiento o movilidad (EC, 2004; Camagni *et al.*, 2002a; Miralles-Güasch, 2002). Esto se ha debido, en parte, a la poca precisión con la que se ha empleado el término *movilidad* en el marco del urbanismo y del transporte. Su significado se ha confundido frecuentemente con el de *tráfico* o *transporte*, aunque haya importantes diferencias entre ambas expresiones. Conviene clarificar que, mientras el término tráfico (o transporte) hace referencia a la circulación de vehículos a motor, la movilidad considera todos los desplazamientos de personas y mercancías, no necesariamente motorizados.

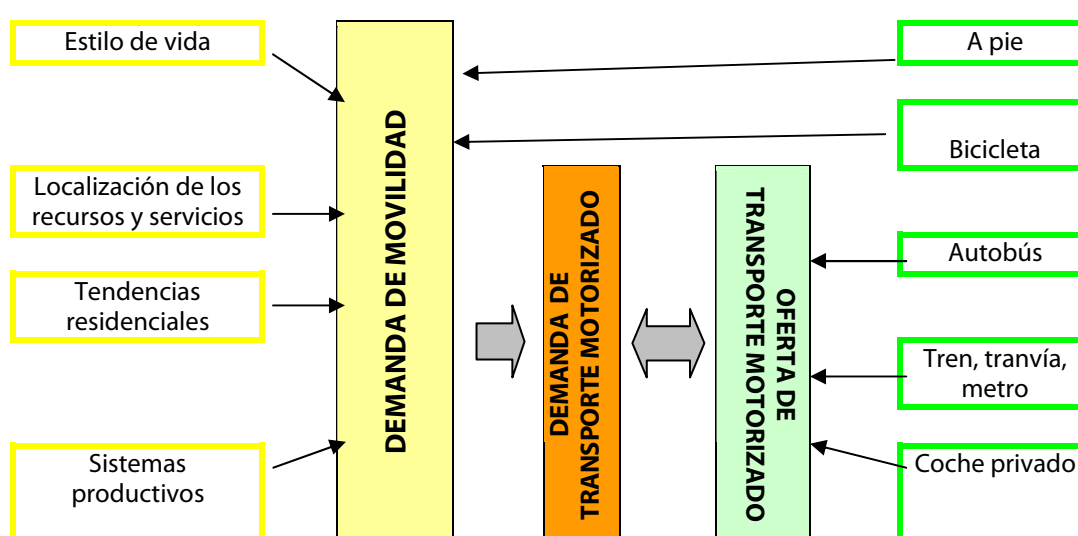
De esta forma, alguien encargado del tráfico de una ciudad orientará su trabajo a resolver los problemas de circulación, mientras que un técnico de movilidad tendrá que garantizar unas condiciones adecuadas de movilidad de las personas y mercancías, bajo los criterios ambientales, sociales y económicos que se establezcan (Sanz, 2005).

La distinción entre transporte y movilidad ha tenido su impacto en el modo de intervenir en este campo y ha llevado a plantear la necesidad de abordar el problema desde varios frentes de forma simultánea:

- por un lado, las mejoras en la oferta de transporte, a través de la mejora de infraestructuras de transporte, la potenciación del transporte público, o la fabricación de vehículos menos contaminantes;
- y por otro, la gestión de la demanda de movilidad, con el fin de limitar la necesidad de desplazamiento y orientarla hacia medios de transporte más sostenibles.

La movilidad es un medio para acceder a los bienes y servicios, y depende en gran medida de las características de los modelos sociales, culturales, económicos y territoriales: los estilos de vida, la localización de los recursos y de los servicios, las tendencias residenciales, la ordenación de las actividades,... Tal como muestra la figura 1.1, parte de la demanda de movilidad o necesidad de desplazamiento se traducirá en demanda de transporte motorizado y deberá ser resuelta a través una política de transporte adecuada. El resto de desplazamientos se podrán realizar andando o en bicicleta, sin generar impactos significativos sobre el medio ambiente.

Figura 1.1: Demanda de movilidad y oferta de transporte motorizado



FUENTE: Elaboración propia.

Establecida la diferencia entre transporte y movilidad, conviene señalar que la necesidad de desplazamiento responde a diversas motivaciones, lo que da lugar a diferentes tipos de movilidad. Así, la suma de los desplazamientos individuales relacionados con actividades habituales es lo que se denomina *movilidad cotidiana* (EMQ, 2006), dentro de la cual podemos distinguir:

- la *movilidad ocupacional*, motivada por la necesidad de acudir al lugar de trabajo o de estudio;
- la *movilidad personal*, que tiene en cuenta los desplazamientos para llevar a cabo el resto de actividades cotidianas: compras, gestiones, ocio, etc.

En las ciudades en las que vivimos, las personas se ven obligadas a trasladarse cada vez más utilizando algún medio de transporte motorizado, tanto para realizar actividades

ligadas a la vida cotidiana, como para aquellas que marcan un corte en la vida habitual, tales como las vacaciones o las salidas de fin de semana. La creciente necesidad de desplazamiento de las personas, junto con el acceso generalizado al vehículo privado, ha convertido a este último en el principal protagonista del incremento continuado del tráfico motorizado.

Diferentes investigaciones han demostrado que, desde el punto de vista ambiental, la irrupción del automóvil ha ido acompañada de una creciente ocupación del espacio viario y para aparcamientos y ha traído como consecuencia la congestión en el acceso al centro de muchas ciudades. Asimismo, cada vez son más evidentes los costes sociales asociados a este incremento de la movilidad motorizada, tales como los efectos sobre la salud de los habitantes de las ciudades debido a la contaminación urbana, a los altos niveles de ruido o a los accidentes. Sin olvidar el proceso de exclusión al que se ven sometidos amplios colectivos (ancianos, mujeres, personas de rentas bajas, etc.) que, por no disponer de vehículo privado y debido al déficit de oferta de transporte público en algunas partes del territorio urbano, ven limitadas sus posibilidades de movilidad y accesibilidad.

Los impactos negativos derivados de esta tendencia creciente de los desplazamientos motorizados han puesto en duda la sostenibilidad de este patrón de movilidad. Ya en 1990, la Comisión Europea consideraba que en Europa se había sobrepasado el punto a partir del cual cualquier incremento del tráfico es contraproducente. Es decir, la suma de los efectos negativos parecía cancelar los incrementos de riqueza, eficiencia y confort que deberían resultar del crecimiento del volumen de tráfico. Por ello, muchos países se han cuestionado la viabilidad ecológica y la funcionalidad económica y social de sus sistemas de transporte, sobre todo en lo referente al tráfico urbano (Allende, 2000).

De esta forma, se ha ido forjando una nueva concepción del tráfico y de la movilidad en las áreas urbanas que incide en mejorar la accesibilidad y desincentivar el uso del vehículo privado. Así, se considera que un modelo de movilidad avanza hacia la sostenibilidad

“...cuando reduce el uso innecesario del vehículo privado a motor y lo convierte en un uso racional y seguro, fomenta la movilidad en transporte público, a pie, en bicicleta u otros medios de transporte alternativos que no causen impactos sobre el ambiente o la salud y la calidad de vida de las personas” (PTP, 2003; p. 38).

En este contexto, la Ley movilidad aprobada en Cataluña en el 2003 (DOGC núm. 3913 - 27/06/2003) define como *movilidad sostenible* aquella que se satisface en un tiempo y con un coste razonables y que minimiza los efectos negativos sobre el entorno y la calidad de vida de las personas.

0.2 Objetivos e hipótesis de la investigación

Cuestionado el patrón de movilidad basado fundamentalmente en el vehículo privado, el interés se ha dirigido hacia la definición de políticas orientadas a fomentar un modelo de movilidad más sostenible, lo que ha llevado a reflexionar sobre cuáles son los factores que determinan las características de los desplazamientos en un determinado territorio.

Numerosos especialistas han relacionado el incremento de la movilidad con el fenómeno de dispersión urbana experimentado en la segunda mitad del siglo XX, inicialmente en las ciudades de Estados Unidos y posteriormente en Europa. En las últimas décadas, el desarrollo de las ciudades se ha caracterizado por la segregación de las zonas residenciales, de ocio y de trabajo en el territorio, así como por la proliferación de urbanizaciones dispersas, lo que ha incrementado considerablemente la necesidad de desplazamiento para realizar cualquier tipo de actividad. A su vez, la difusión y la baja densidad han dificultado la implementación de un sistema de transporte público eficaz, creando una dependencia del vehículo privado. En consecuencia, algunos expertos consideran que los usos del suelo derivados del desarrollo urbano juegan un papel significativo en la necesidad de desplazamientos y sugieren que las estrategias para reducir la demanda de movilidad y su impacto se deben orientar hacia la coordinación en la planificación tanto de la movilidad como de los usos del suelo. En esta línea, en los últimos veinte años han proliferado los estudios que han tratado de demostrar empíricamente la existencia de una relación significativa entre los usos de suelo y el patrón de movilidad de un determinado territorio.

Sin cuestionar esta relación, algunos investigadores han probado que, además de los factores de uso del suelo, existen otros aspectos que son determinantes a la hora de explicar el comportamiento de los desplazamientos, idea planteada por primera vez por Frank y Pivo (1995) y desarrollada por Polzin (2004), que presenta un modelo conceptual en el que agrupa estos elementos en tres áreas principales: factores de uso del suelo, factores socioeconómicos y factores relacionados con los sistemas de transporte, áreas que interactúan entre sí e influyen en el comportamiento de los viajes de diferentes maneras.

Siguiendo la tendencia experimentada en el contexto internacional, el fenómeno de la dispersión territorial de la ciudad también se ha hecho presente en Bizkaia, uno de los tres territorios históricos que conforman la C. A. de Euskadi. Bizkaia, centro industrial y financiero de la Comunidad Autónoma, sufrió una profunda crisis industrial que se prolongó desde finales de los años setenta hasta los años noventa, y concluyó con la

adaptación de su tradicional base industrial a una economía más terciarizada (Erquicia, 2003). A partir de esta crisis, el modelo de ciudad industrial densa comenzó a evolucionar, saliendo parte de los empleos y de la vivienda de los límites tradicionales de la ciudad hacia entornos más rurales, surgiendo nuevas tipologías residenciales de baja densidad y parques de nuevas actividades económicas, proceso conocido como desurbanización o contraurbanización. Las migraciones internas desde los antiguos centros industriales hacia poblaciones de menor tamaño y mayor valor ambiental, protagonizadas principalmente por familias de un nivel socioeconómico medio-alto, vinieron acompañadas de un incremento de la movilidad motorizada basada fundamentalmente en la utilización del vehículo privado (DMAOT, 1997; 2009a).

En este trabajo consideramos que la presencia simultánea de ambos fenómenos, la contraurbanización y el incremento de la movilidad, constituye una oportunidad para estudiar la relación entre las transformaciones urbanas experimentadas en Bizkaia en la década de 1990 y los cambios en el patrón de movilidad observados en dicho periodo, relación analizada empíricamente con resultados ambivalentes en el contexto internacional, pero poco investigada aún en nuestro entorno más cercano.

En concreto, este estudio plantea los siguientes objetivos:

- A nivel internacional, analizar la evolución de las ciudades y su relación con la movilidad urbana, conocer los distintos enfoques teóricos en torno al tema y recoger los principales resultados de los estudios empíricos llevados a cabo en los últimos años, con el fin de definir el marco teórico de nuestro estudio.
- Centrándonos en nuestro caso de estudio, investigar el proceso de contraurbanización y analizar detalladamente las características de los desplazamientos al trabajo en los municipios de Bizkaia durante el período 1991-2001.
- Determinar si hay una relación significativa entre los factores que describen las características del desarrollo urbano que han experimentado los municipios de Bizkaia a lo largo del proceso de contraurbanización (factores de uso del suelo, socioeconómicos y relacionados con los sistemas de transporte) y el impacto ambiental de los diferentes patrones de movilidad por motivo de trabajo que genera cada municipio.
- Investigar si los factores que determinan el impacto ambiental de los desplazamientos al lugar de trabajo influyen en él a través del medio de transporte elegido para realizar el desplazamiento, de la duración del viaje o de ambos.

- En función de los resultados obtenidos, señalar aquellos factores sobre los que se recomienda actuar a la hora de diseñar políticas orientadas a la gestión sostenible de la movilidad urbana.

Centrando la atención en nuestro caso de estudio, el Territorio Histórico de Bizkaia, y teniendo en cuenta los conocimientos previos sobre el tema, esta investigación plantea las siguientes hipótesis generales:

1. La expansión urbana de los años 90 respondió a un patrón de desarrollo urbano disperso, caracterizado por una tendencia generalizada hacia la disminución de la densidad de edificación, la pérdida de multifuncionalidad y el alejamiento espacial entre las funciones residencial y económica de las ciudades, generando una mayor necesidad de desplazamiento en medios motorizados por motivo de trabajo.
2. Las diferencias locales en el impacto ambiental de los desplazamientos al trabajo pueden ser atribuidas en parte a las diferencias en los usos del suelo, es decir, al tipo de desarrollo urbano experimentado por el municipio.
3. Aquellos municipios con mayor nivel de renta y que experimentaron un fuerte crecimiento demográfico en la década 1991-2001 se asocian a mayores índices de impacto ambiental de la movilidad, debido a que muestran un patrón de movilidad fuertemente ligado a desplazamientos largos y en vehículo privado.
4. La accesibilidad al transporte público favorece su uso, reduciendo el impacto ambiental de la movilidad.

Estas hipótesis generales sirven de marco para formular las hipótesis específicas que se contrastarán en cada etapa del análisis empírico llevado a cabo en los capítulos 4 y 5.

0.3 Estructura de la tesis

Este trabajo de investigación consta de 5 capítulos, organizados en dos partes, más un capítulo de conclusiones. Los capítulos 1, 2 y 3 conforman la primera parte de la tesis, en la que se establece el marco teórico en el que se desarrolla la investigación, se describe el caso de estudio y se plantea la metodología que se va a utilizar. La segunda parte, formada por los capítulos 4 y 5, se centra en el área de estudio, la provincia de Bizkaia y desarrolla el análisis empírico objeto principal de esta investigación. La tesis finaliza en el capítulo 6, con la presentación de las conclusiones y el resumen de los resultados, así como con la propuesta de nuevas líneas de investigación.

El capítulo 1 contiene los antecedentes históricos de la evolución de las ciudades y de la movilidad, resume los enfoques teóricos que han orientado la discusión en torno al tema y presenta los principales resultados de los estudios empíricos llevados a cabo en las últimas décadas.

De este análisis se desprende que las ciudades en las que vivimos son el resultado de un largo proceso histórico y su transformación ha estado estrechamente ligada a los cambios sociales y tecnológicos y, en particular, al desarrollo de los medios de transporte. Estas ciudades se han ido alejando de un modelo de sostenibilidad, mostrando una tendencia cada vez mayor hacia la dispersión, la pérdida de diversidad funcional y el incremento de la movilidad, con un protagonismo creciente del vehículo privado como medio de transporte, lo que ha generado importantes impactos tanto ambientales como socioeconómicos.

Desde el punto de vista teórico, las reflexiones sobre la relación entre la tendencia hacia la dispersión urbana y el incremento de la movilidad han seguido dos enfoques principales, el "neoliberal" y el "neorreformista", que coinciden en reconocer la existencia de este nexo, pero discrepan a la hora de valorar la magnitud de dicha relación y de proponer soluciones. Por otro lado, los estudios empíricos desarrollados en los últimos veinte años han proporcionado abundante evidencia que avala la existencia de esta relación, cuya naturaleza ha ido evolucionando desde una concepción causa-efecto a otra de congruencia, haciendo referencia a un proceso de adaptación recíproca entre las dinámicas del sector transporte y las dinámicas territoriales.

Como ya se ha mencionado, en los últimos estudios se observa cierta tendencia a agrupar los factores explicativos de la movilidad en tres áreas: factores de uso del suelo, factores socioeconómicos y factores relacionados con los sistemas de transporte. Este será el marco conceptual en el que se basará el análisis empírico que se desarrolla en los capítulos 4 y 5, objeto principal de esta investigación.

El capítulo 2 se centra el análisis detallado del caso de estudio elegido, el Territorio Histórico de Bizkaia. En su primera parte, el capítulo describe las características generales de la provincia a través del medio físico, de su división administrativa y de una breve reseña histórica de las etapas más significativas de su proceso de urbanización. Posteriormente, se analiza la década de los 90, periodo en el que Bizkaia comenzó a superar la profunda crisis que sufrió su industria tradicional y que tuvo su reflejo en la dinámica urbana y en la evolución de la movilidad. Basándonos en abundante información estadística proveniente de los dos últimos Censos de Población y Viviendas (1991 y 2001), se analizan los flujos de las migraciones internas que dieron lugar a una redistribución de la población en el territorio y se describen las

características socioeconómicas de sus protagonistas. Asimismo, se proporciona información estadística sobre las transformaciones en los usos del suelo derivados de estos cambios y se demuestra que se orientaron hacia una mayor dispersión urbana y hacia la pérdida de diversidad funcional, con una marcada tendencia hacia la especialización en la función residencial en algunos municipios.

Para ello comienza analizando la construcción de nueva vivienda, fijándose en el tipo de vivienda construida y en la densidad de edificación, y finaliza proporcionando datos sobre la evolución de la oferta de empleos en los municipios vizcaínos que es, en alguna medida, un indicador de la evolución en la mezcla funcional. El capítulo finaliza abordando el tema de la movilidad en general y de pasajeros en particular, reflejando una realidad en la que cada vez es mayor el número y el motivo de los desplazamientos, especialmente los realizados por carretera y en vehículo privado. La información estadística utilizada en este capítulo sirve de base de datos para el análisis econométrico que se lleva a cabo en los capítulos 4 y 5, en los que se tratará de estudiar en qué medida las características urbanas y los factores socioeconómicos de un municipio explican su patrón de movilidad, en el caso de Bizkaia.

La metodología que se va a utilizar para contrastar empíricamente las principales hipótesis de trabajo es el modelo de regresión lineal general. Los datos con los que vamos a trabajar en esta tesis son datos municipales, de corte transversal y geoespaciales. Queremos explicar el comportamiento de cierta variable observada en una serie de puntos del espacio, los municipios de Bizkaia, a través de un conjunto de variables observadas en los mismos puntos. Este tipo de datos suelen ser fuertemente interdependientes y es frecuente la aparición de los denominados efectos espaciales, la heterogeneidad y la dependencia espacial, cuyas consecuencias no siempre pueden ser tratadas utilizando los métodos econométricos tradicionales. En ese caso, se tiene que recurrir a los métodos propuestos por la econometría espacial, cuyos principios básicos se resumen en el capítulo 3. En la primera parte de este capítulo se definen los conceptos de heterogeneidad espacial y dependencia espacial y se analiza la matriz de pesos como instrumento para formalizar la interdependencia entre las diferentes unidades espaciales. A continuación se aborda el análisis exploratorio de los datos espaciales (AEDE), que consiste en un conjunto de técnicas que permiten describir y visualizar la distribución espacial de cada una de las variables con las que se va a trabajar, y se describen los principales estadísticos disponibles a nivel univariante para contrastar la presencia de dependencia espacial en la distribución geográfica de la variable analizada. Del mismo modo que se puede analizar la dependencia espacial a nivel univariante, es posible contrastar la presencia de dependencia espacial en un modelo de regresión. En los casos en los que exista dependencia espacial y el modelo de regresión lineal general resulte insuficiente para explicar la estructura espacial de la

variable endógena, se requerirá su reespecificación con el fin de incorporar dicha dependencia a través de un modelo econométrico espacial. El capítulo examina las diferentes opciones de especificación, contrastación y estimación de los modelos espaciales, siendo las más conocidas las correspondientes a incluir la dependencia espacial en el término de perturbación (modelo del error espacial) o la de incluirla en la variable dependiente lo que se conoce como dependencia espacial sustantiva (modelo del retardo espacial).

En el capítulo 4 y 5 de la tesis se lleva a cabo el análisis empírico sobre la relación entre las transformaciones urbanas y la movilidad en Bizkaia. El capítulo 4 examina cuáles son los factores de la expansión urbana experimentada en Bizkaia que tienen un mayor efecto sobre las características de la demanda de movilidad y, en consecuencia, sobre su impacto ambiental, utilizando las técnicas de la econometría espacial y basándose en el marco teórico descrito en el capítulo 1. El estudio centra su atención en los desplazamientos al lugar de trabajo de los habitantes de los municipios vizcaínos en el año 2001. Aunque el interés principal gira en torno a la interacción entre los factores de uso del suelo y el impacto ambiental de la movilidad, a lo largo de la investigación se incorporan, en la medida de lo posible, factores relacionados con aspectos socioeconómicos y de acceso al transporte público. En este análisis, el impacto ambiental de la movilidad se ha medido a través de un indicador basado en el índice de Intensidad del Impacto de la Movilidad propuesto por Camagni y su equipo de investigación (Camagni *et al.*, 2002a), adaptándolo a las características específicas de nuestro caso de estudio. Se trata de un indicador sintético que se obtiene dividiendo, para cada municipio, el número de "Viajeros con Impacto Equivalente" entre el número de *commuters*² que se desplazan diariamente al lugar de trabajo. El número de Viajeros con Impacto Equivalente se calcula aplicando a cada *commuter* una ponderación según el medio de transporte y el tiempo utilizado, con el fin de tener en cuenta la magnitud del impacto ambiental generado. Comparando ambos valores obtenemos un índice de intensidad del impacto a nivel local, que mide el impacto ambiental promedio generado por un *commuter* residente en ese municipio.

En general, los resultados del análisis econométrico son los esperados *a priori* y demuestran que el *índice de impacto ambiental de la movilidad* aumenta a medida que disminuyen la *densidad bruta de población*, la *mezcla funcional*, la *concentración de la población* o el *acceso al tren*. Asimismo, es mayor en aquellos municipios que tienen una *renta bruta per capita* más elevada y que han experimentado un mayor crecimiento demográfico en la década de los 90.

² Commuter: ciudadano que utiliza el transporte regularmente para ir al trabajo.

La única excepción la constituye la variable *acceso al tren*, que no parece aportar información adicional relevante, una vez incluidos el resto de factores considerados en el modelo. Un resultado novedoso obtenido a partir del modelo de regresión espacial es que el impacto ambiental de la movilidad generada en cada municipio de Bizkaia depende en cierta medida del impacto promedio generado por las poblaciones vecinas.

El capítulo 5 profundiza el análisis anterior considerando por separado los dos componentes que determinan el índice de impacto ambiental de la movilidad definido en el capítulo anterior: el medio de transporte utilizado y el tiempo empleado en el desplazamiento. Utilizando la misma metodología, intenta responder a la siguiente cuestión: ¿los factores que, según los resultados del capítulo 4, determinan el impacto ambiental de la movilidad, influyen a través del medio de transporte elegido, de la duración del desplazamiento o de ambos? Los resultados muestran que la mayoría de los factores, tales como la *densidad*, la *concentración de la población*, la *renta per capita*, la *variación de la población* o el *acceso al tren*, influyen en el impacto ambiental de la movilidad exclusivamente a través de su efecto sobre el reparto modal; mientras que la *mezcla funcional* lo hace a través de ambos componentes.

La tesis finaliza con el capítulo 6, en el que se resumen los principales resultados y conclusiones que se derivan del análisis realizado a lo largo de la investigación. Asimismo, se comentan las limitaciones y aportaciones del estudio y se sugieren nuevas líneas de investigación orientadas a desarrollar los resultados obtenidos en el mismo.

CAPITULO 1

Transformación urbana y movilidad: Análisis teórico y empírico

1.0 Introducción

La preocupación por la sostenibilidad en general, y en el ámbito urbano en particular, ha contribuido a que la investigación del coste colectivo de los diferentes tipos de desarrollo urbano haya ido adquiriendo cada vez mayor relevancia, primero en Estados Unidos y posteriormente en Europa, debido al fenómeno de la dispersión territorial de la ciudad experimentado en las últimas décadas. La dispersión urbana no sólo consume valiosos recursos como el suelo o la energía, sino que es responsable del alto coste originado por la necesidad de construir nuevas infraestructuras, de la congestión del tráfico, del creciente fenómeno de la segregación y especialización territorial y, en gran medida, de la degradación ambiental. Las ciudades en las que vivimos presentan un tejido urbano cada vez menos compacto y con una menor mezcla funcional, con lo que se van alejando de un modelo de ciudad sostenible.

La ciudad actual es el resultado de un largo proceso que comenzó con la formación de las primeras aldeas neolíticas. Su transformación ha estado estrechamente ligada a los procesos sociales, a los cambios tecnológicos y, en particular, al desarrollo de los medios de transporte. El objeto de este capítulo es estudiar cómo ha evolucionado la ciudad a lo largo del tiempo y la relación de su evolución con la movilidad. En la primera parte, apartado 1.1, se aborda el proceso de constitución de los asentamientos urbanos desde sus orígenes hasta nuestros días, centrandó la atención en el contexto europeo. El apartado 1.2 analiza las características de la ciudad actual, haciendo hincapié en el modelo de movilidad basado en el vehículo privado que acompaña a este tipo de desarrollo urbano. A lo largo del capítulo se podrá comprobar que la dispersión urbana y el incremento de la movilidad motorizada han sido procesos que han discurrido paralelos en el tiempo, lo que nos lleva a plantearnos la cuestión de la posible relación entre ambos fenómenos, tema que se estudia desde un punto de vista

teórico en el apartado 1.3. El capítulo finaliza con el apartado 1.4, en el que se presentan los principales resultados de los estudios empíricos que se han llevado a cabo en los últimos años sobre la relación entre desarrollo urbano y movilidad y se plantean las grandes líneas de esta investigación.

1.1. El proceso de formación de las ciudades

Hablar de las primeras ciudades es tema de controversia entre los historiadores. Si se entiende por ciudad cualquier agrupamiento de casas y personas, la historia de la ciudad puede remontarse al Neolítico. Sin embargo, si consideramos la ciudad como un territorio ordenado, planificado, con servicios comunes y jerarquías establecidas, tendríamos que esperar, según algunos expertos, hasta la aparición de las primeras ciudades romanas (Del Alamo, 1995).

Se pueden distinguir las tres etapas siguientes en la formación de las ciudades desde su aparición:

1. Desde sus orígenes hasta la Revolución Industrial. Comienza en el momento en el que la revolución agrícola del Neolítico permite la formación de aldeas que luego darán lugar a las primeras ciudades. Estas primeras ciudades, separadas entre sí, de carácter eminentemente agrícola, defensivo o mercantil, según la época, dependen del entorno rural y tienen un tamaño limitado, condicionado por la capacidad de obtener el alimento y por el deficiente desarrollo de los medios de transporte.
2. Desde la Revolución Industrial hasta la segunda mitad del siglo XX. Es la etapa en la que la ciudad comienza a experimentar un crecimiento ilimitado, aunque todavía se diferencia con nitidez del entorno rural. La movilidad comienza a convertirse en un factor fundamental y surge el urbanismo como corriente de pensamiento científico y técnico cuyo objeto es organizar la ciudad y ordenar su crecimiento.
3. La ciudad de la segunda mitad del siglo XX. Se caracteriza por un desarrollo urbano discontinuo, con un paisaje residencial de baja densidad, que ya no se distingue con claridad del espacio rural y que provoca una serie de impactos sobre el medio ambiente, sobre el paisaje y sobre la organización de los servicios que ponen en peligro su sostenibilidad a lo largo del tiempo.

A continuación se van a tratar con cierto detalle cada una de estas etapas, centrando la atención en las dos últimas, que son las más importantes desde el punto de vista de la relación entre el desarrollo urbano y la movilidad.

1.1.1. Desde sus orígenes hasta la Revolución Industrial

Hasta el inicio del Neolítico el hombre dependía de la recolección de alimentos, de la caza y de la pesca para subsistir, y se desplazaba constantemente en busca de nuevas fuentes de alimentos. Entre los años 8000 y 1000 a.C. la humanidad empezó a cultivar ciertas plantas y a domesticar animales lo que, según algunos historiadores, permitió fijar un lugar de residencia estable, dando lugar a la denominada revolución agrícola neolítica y al surgimiento de los primeros asentamientos, las *aldeas*, al sur y al este del Mediterráneo, en los valles del Tigris y del Eufrates, área conocida como "Creciente fértil". Estas aldeas se ubicaron en lugares fácilmente defendibles, con recursos próximos (agua, leña, tierra fértil y pastos) y con facilidad de comunicación con otros núcleos cercanos bien por tierra, a pie o por tracción animal, o bien a través de la navegación fluvial. Las primeras aldeas, formadas por chozas rudimentarias, no se edificaron con arreglo a un plan regular y preconcebido. El trazado de sus calles se realizaba buscando simplemente las líneas de mínima pendiente (Morris, 1984; Rodríguez, 1995).

Fue durante la Edad de Bronce, entre los años 3500 y 3000 a.C., cuando en la baja Mesopotamia, en las cuencas del Indo y en Egipto la población de las pequeñas aldeas comenzó a concentrarse en las *primeras ciudades* de carácter prominentemente agrícola, pero con una regulación y un funcionamiento diferentes a los de las aldeas (Morris, 1984). El historiador Lewis Mumford, en su "*Historia natural de la urbanización*" (1956), fundamenta la aparición de la ciudad a partir de la aldea en los cambios surgidos a partir de las mejoras en la agricultura y en la conservación de los alimentos. Tras superar la economía de subsistencia, la mano de obra excedente procedente de la agricultura o de la ganadería pudo dedicarse a otras tareas como la administración, la artesanía, la guerra o la religión. Debido a la precariedad de los medios de transporte, la ubicación y el tamaño de las ciudades seguían determinados por los límites marcados por el suministro de agua y la proximidad a suelos agrícolas fértiles. Mumford (1956) caracteriza esta fase de la urbanización por el equilibrio y la cooperación entre el medio urbano y el medio natural.

En los siglos VI al III a.C. surgieron las *ciudades-estado* o "*polis*" griegas, estados pequeños e independientes favorecidos por la topografía accidentada. Cada uno de ellos se componía de un núcleo urbano rodeado por campos y aldeas habitadas por comunidades agrícolas. El núcleo urbano de la polis griega tenía los límites claramente

definidos, una forma urbana compacta y una vida social integrada, con edificios y lugares públicos donde se reunía el pueblo. Los griegos aportaron a la historia del urbanismo la doctrina de la distribución lógica de la ciudad, mediante el uso de la retícula o disposición ortogonal de calles y manzanas ya desde principios del siglo V a.C. (Capel, 2002).

Las *ciudades romanas* heredaron los criterios de racionalidad, funcionalidad, armonía y orden del urbanismo griego. Los romanos trataron de mejorar la calidad del entorno urbano, con la introducción del alcantarillado, los acueductos para la traída del agua, las fuentes, los puentes, las termas, el pavimento, los mercados y otros elementos que contribuyeron a mejorar la salud pública. Asimismo, las calzadas romanas facilitaron las comunicaciones y el transporte de mercancía ligera. En un principio, muchas de estas ciudades carecían de murallas ya que el poderío del Imperio Romano garantizaba la seguridad de las ciudades. Según Morris (1984), el principal logro del Imperio Romano fue la introducción de la civilización urbana en toda la Europa situada al este del Rin y del Danubio.

Cuando comenzaron las invasiones germánicas en el siglo III, las ciudades romanas se amurallaron y la calidad de la vida urbana descendió. Las ciudades se convirtieron en lugares congestionados y poco saludables que no podían proporcionar a sus habitantes los productos básicos en épocas de peligro. Como consecuencia, los señores hacendados comenzaron a construir casas en el campo, las denominadas *villas romanas*, que se autoabastecían y se defendían a sí mismas. Fue el comienzo de la Edad Media, en la que la sociedad se fue volviendo más rural y la economía se basó en el feudalismo.

La Edad Media fue una etapa histórica dominada por la inestabilidad política y la guerra, lo que supuso un fuerte retroceso de la vida urbana respecto a las etapas anteriores. La inestabilidad provocó una parálisis del comercio y las ciudades experimentaron una disminución de sus actividades económicas y de su población. Sólo a partir del siglo X, con el renacimiento comercial de Europa en la Baja Edad Media, la población de las ciudades fue aumentando de manera ininterrumpida hasta finales del siglo XIII (Herrera, 1998).

En general, la *ciudad medieval* era una ciudad amurallada, separada del paisaje agrícola y forestal. Dentro del recinto amurallado se reservaba suelo para la actividad agropecuaria, con el fin de garantizar el alimento en caso de guerra. Las ciudades se situaban en lugares altos por razones de defensa, con un viario irregular de calles jerarquizadas, con vías principales, secundarias y de acceso a las viviendas. En esta época, debido al aumento de la densidad de población, aumentaron las alturas de las casas (Herrera, 1998).

Las mejoras técnicas en la metalurgia ocurridas al final de la Edad Media contribuyeron al desarrollo de los medios de transporte fluviales y marítimos, lo que favoreció el crecimiento de las ciudades y permitió el comercio a larga distancia. Según Mumford (1956), en esta etapa se extendió la idea de que todos los recursos necesarios se podían obtener bien a través del intercambio entre las ciudades o de la guerra. De esta forma, ya no eran necesarios los espacios libres reservados a la agricultura en el interior de las ciudades y éstas comenzaron a crecer a costa de los suelos agrícolas circundantes. El citado historiador caracteriza esta fase de la urbanización por una dominación parcial de lo urbano, pero dentro de un marco aún eminentemente agrícola.

En la Edad Moderna se crearon los estados nacionales y las monarquías absolutas. En esta época, los grandes cambios culturales del Renacimiento representaron una vuelta al interés por las formas del arte clásico de la antigua Roma y Grecia. La planificación renacentista favoreció la presencia de calles amplias organizadas alrededor de una gran plaza o plaza mayor, siguiendo un patrón radial, que contrastaba con los trazados viarios irregulares de las ciudades medievales. Más que generar nuevos núcleos urbanos, el Renacimiento se limitó a la expansión de las áreas urbanas existentes o a su remodelación parcial. Sólo durante el Barroco (1600-1765) la ciudad tiende a cambiar radicalmente. En ciertos estados europeos los gobernantes absolutos se hicieron con el poder político y con los medios necesarios para llevar a cabo programas de planificación de forma que la ciudad reflejara la grandeza del Estado y de la monarquía. Como consecuencia, se ensanchan las calles, se crean arboledas y paseos, y se construyen edificios emblemáticos configurando espacios que los destaquen. Un ejemplo de este tipo de planificación es el llevado a cabo por Luis XIV y Luis XV en Versalles (Morris, 1984). Según López de Lucio (1993), durante el Renacimiento y el Barroco se llevaron a cabo intervenciones parciales en las ciudades, sin que hubiera un modelo global sustancialmente distinto del heredado de la Edad Media.

1.1.2 Desde la Revolución Industrial hasta la segunda mitad del siglo XX

La Revolución Industrial transformó las ciudades medievales, renacentistas y barrocas, pero no tuvo un efecto inmediato sobre el crecimiento urbano. Las primeras instalaciones industriales siderúrgicas y textiles de finales del siglo XVIII e inicios del siglo XIX se tuvieron que establecer junto a los ríos y cerca de la localización de las materias primas, generalmente en el entorno rural, es decir, fuera de la ciudad. Hay que tener en cuenta que seguían dependiendo del agua como única fuente de energía

y aún no disponían de medios de transporte que les permitieran alejarse de las materias primas. La ciudad mantenía su función comercial, financiera y administrativa y el centro seguía asociado a espacios de representación del poder, con grandes plazas reales y edificios monumentales.

A partir de la tercera década del siglo XIX, comienza en Inglaterra la localización de la industria en las ciudades, debido fundamentalmente a la incorporación de nuevas tecnologías como la utilización del carbón como fuente de energía, la electricidad y la implantación de los primeros tendidos ferroviarios. Este fenómeno originó una serie de corrientes migratorias del campo hacia el espacio urbano, debidas tanto a la atracción de los nuevos puestos de trabajo en la industria, como a la transformación y disolución del medio rural tradicional (Martín, 1995). El incremento de costes que suponía el traslado de materias primas hasta la ciudad se veía compensado por las ventajas que el medio urbano proporcionaba a las actividades productivas. En la ciudad la industria disponía de mano de obra, infraestructuras, consumidores, focos de innovación y centros financieros y decisorios, etc. (López de Lucio, 1993).

La dinámica urbana desencadenada por la Revolución Industrial a partir de la segunda mitad del siglo XIX ha dado lugar a diferentes tipos de ciudad que han recibido diversos nombres. Miralles-Guasch (2002) menciona la clasificación propuesta por Solà-Morales, que denomina "ciudad-capital" a la ciudad de la segunda mitad del siglo XIX, "gran ciudad" a la de principios del siglo XX, "ciudad-metrópoli" a la posterior a la Segunda Guerra Mundial y "ciudad-región" a la de finales del siglo XX. Cada uno de estos tipos de asentamiento urbano está relacionado con *"...un tipo de desplazamiento de las personas según los motivos, los recorridos y los medios de transporte utilizados, que en muchos casos se han convertido en las causas para replantear la forma de la ciudad, sobre todo en lo que respecta al trazado viario"* (Miralles-Guasch, 2002, p. 66).

A continuación, desarrollaré las características de los dos primeros tipos de ciudad, ciudad-capital y gran ciudad, que surgieron antes de la segunda mitad del siglo XX.

LA CIUDAD-CAPITAL

Con la Revolución Industrial, la dispersión del trabajo en centenares de talleres va cediendo paso a la concentración en grandes manufacturas. Con ello aparecen nuevas entidades como son la fábrica y la casa de vecinos y se separa la función residencial de la productiva. De esta forma, surge la necesidad de desplazarse al lugar de trabajo, haciendo ineludible la transformación del trazado viario irregular de las ciudades medievales para acoger esta movilidad (Miralles-Guasch, 2002).

Hasta el último tercio del siglo XIX los desplazamientos de los trabajadores urbanos a sus lugares de trabajo se realizaban a pie, lo que limitaba el tamaño de los asentamientos urbanos. Capel (2002) describe la ciudad industrial europea del siglo XIX como una ciudad densa y compacta, en la que las diferencias espaciales en el uso del suelo no están muy marcadas y el espacio es frecuentemente multifuncional, aunque existan barrios donde predomine la industria o el comercio. En esta época la función del centro urbano comienza a cambiar hacia un uso más de consumo y ocio, con las primeras concentraciones de tiendas y actividades de ocio en el espacio central. A pesar de que la ciudad comienza a experimentar un considerable crecimiento, todavía tiene límites definidos y se diferencia con claridad del entorno rural.

A cambio de las ventajas que el medio urbano proporcionaba a las actividades productivas, la ciudad se tuvo que adaptar a las exigencias de la industria y tuvo que sufrir sus efectos secundarios, contaminación y congestión, que comenzaron a notarse progresivamente a lo largo de todo el siglo XIX. Todo ello provocó un descenso de la calidad de vida de los ciudadanos, especialmente de la clase obrera. Mumford (1956) sitúa en esta época la aparición de los suburbios (*slum*), barrios con pésimas condiciones de vida donde se concentraban los obreros.

La transformación que sufre la ciudad en esta época es desordenada, sin ninguna planificación, dando lugar a unas condiciones miserables en la ciudad. En aras de solucionar esta situación, se comienza a requerir la intervención de la esfera pública y se organizan diversas estrategias de crecimiento urbano. Miralles-Guasch (2002) identifica las dos dinámicas que siguieron las ciudades en su expansión. Una vez reorganizada la ciudad construida, el crecimiento se hizo por adición, mediante:

- la suburbanización: proceso de crecimiento a través de la creación de diferentes núcleos periféricos;
- los ensanches: crecimiento controlado y contiguo a la ciudad preexistente.

De esta forma surgieron los dos tipos de ciudad occidental, la anglosajona y la del resto de Europa, respectivamente.

En Estados Unidos, la Revolución Industrial encontró unas ciudades con poca implantación. Eran aún formaciones frágiles que no pudieron hacer frente adecuadamente a la entrada de nuevas actividades industriales y a las nuevas oleadas de inmigrantes. La concentración de la industria y la superpoblación deterioraron la calidad de vida en el centro de las ciudades, lo que tuvo como consecuencia un éxodo de las clases más pudientes hacia la periferia, buscando de un ambiente libre de ruidos

y sociedad. Las ciudades americanas se expandieron a través un de la suburbanización, fenómeno que fue acompañado de un importante desarrollo de los medios de transporte sobre la base de vehículos a motor individuales (Mumford, 1956).

Aunque el modelo urbano de las ciudades anglosajonas coincidía con el de las norteamericanas, las ciudades del resto de Europa siguieron un proceso de crecimiento diferente. La mayoría de ciudades europeas se fueron configurando muy lentamente a lo largo de los siglos. Comenzaron siendo pequeños núcleos amurallados, que fueron ganando en esplendor, adquiriendo prestigio y una alta valoración del espacio. Ante la llegada de la industria y de los nuevos pobladores, estas ciudades comenzaron a derribar sus límites y a crecer, dando lugar a una nueva trama urbana en la que empiezan a diferenciarse distintas zonas:

- el casco viejo, caracterizado por la alta densidad y la proximidad espacial, así como por la diversidad económica, social y cultural (Kaufmann y Jemelin, 2003);
- los ensanches, como nuevos espacios urbanizados de manera controlada y planificada alrededor del núcleo original;
- un crecimiento periférico o suburbano ¹ espontáneo de menor peso.

En estas ciudades europeas, tanto el centro como los suburbios se configuraron mediante una expansión vertical y densificadora (Monclús, 1998), dando lugar a un modelo de urbe más compacta en la que el centro se usaba para múltiples funciones. En esta etapa la ciudad se convierte en “ciudad-capital”, entendida como centro de decisiones y lugar donde se concentran los bienes y los recursos en forma de capital fijo. París será durante décadas el ejemplo de este tipo de ciudad (Miralles-Guasch, 2002).

En los últimos decenios del siglo XIX, el descubrimiento de la energía eléctrica y del motor de explosión² van a jugar un papel determinante en el desarrollo del transporte

¹ Mientras en Estados Unidos la palabra suburbio equivale a zona residencial, tranquila y señorial, habitada por la clase burguesa, en Europa la mayoría de las veces es sinónimo de pobreza y miseria y es el destino de los proletarios expulsados del centro de la ciudad (Izquierdo, 1995; Miralles-Guasch, 2002).

² El descubridor de la energía eléctrica fue Edison en 1879. Sin embargo, el descubrimiento del motor de explosión o combustión interna no puede atribuirse a un solo inventor, ya que fueron numerosos los científicos que intervinieron para llegar a su obtención: desde Lebon y Rivaz a comienzos del siglo XIX, hasta Benz, Panhard y Levassor a finales del mismo siglo. El motor de explosión se fue perfeccionando y en 1901, Maybach, lanzó el Mercedes. Tres años más tarde se fabricó el famoso Rolls-Royce británico. Al mismo tiempo, surgió el motor de aceite pesado de

público intraurbano, permitiendo el alejamiento entre el lugar de residencia y el de trabajo, y sentando las bases para las siguientes etapas de progresiva expansión y disgregación de la ciudad industrial (López de Lucio, 1993). Sin embargo, el proceso será lento. Todavía en esta época el trazado viario no es homogéneo, con lo que favorece la accesibilidad de algunas partes de la ciudad más que de otras, creando una desigualdad espacial. Asimismo, los trabajadores se ven obligados a vivir cerca de los lugares de trabajo, al no poder pagar los costes de los desplazamientos. Entre finales del siglo XIX y comienzos del XX, a medida que se van aplicando los nuevos descubrimientos al desarrollo de los transportes públicos para uso cotidiano, arranca un periodo de gran crecimiento urbano, caracterizado por la renovación del trazado viario en toda la ciudad: *“La calle dejará de ser el lugar de la coincidencia y la simultaneidad para pasar a ser el del intercambio y la conexión”* (Miralles-Guasch, 2002, p. 85).

Mumford (1956) considera que la principal característica de este nuevo crecimiento urbano es su cambio de escala una vez vencidos los factores naturales que limitaban su expansión; a saber, el límite nutricional, establecido por el suministro de alimento y agua; el límite defensivo, determinado por el perímetro fortificado; el límite del tráfico, condicionado por los lentos medios de transporte tradicionales; y el límite energético, vinculado principalmente al aprovechamiento de la corrientes de agua. Según el citado historiador, en esta fase de la urbanización la ciudad se emancipa del territorio y lo somete, transformando una civilización hasta entonces eminentemente agrícola en otra de carácter urbano.

LA GRAN CIUDAD

La primera mitad del siglo XX, hasta la Segunda Guerra Mundial, es un periodo de transición entre la ciudad-capital de la etapa anterior y la ciudad-metrópolis que, como explicaré posteriormente, caracteriza el paisaje contemporáneo. En esta fase de transición surge la “gran ciudad”, caracterizada por una mayor centralidad y la consolidación de la suburbanización. (Capel, 2002; Miralles-Guasch, 2002).

Las teorizaciones y propuestas del Movimiento Moderno, así como la introducción en Europa del tipo de ciudad norteamericana tras la victoria aliada de la Primera Guerra Mundial, tomando New York como referencia, fueron algunos de los factores que favorecieron la generalización de un nuevo modelo urbano basado en las ciudades americanas (Capel, 2002). En esta gran ciudad, creciente, multifuncional y que separa

Rudolf Diesel, concebido en 1897 y difundido hacia 1908, que no solamente se utilizó en los coches, sino que empezó a emplearse con gran eficiencia en locomotoras y barcos.

especialmente a los diferentes grupos sociales, las infraestructuras y los sistemas de transporte jugarán un papel fundamental en las relaciones entre las partes diferenciadas y alejadas de la ciudad. Con el desarrollo del transporte colectivo intraurbano, accesible a los trabajadores, surge por primera vez el concepto de *commuter*³ para referirse al ciudadano que utiliza el transporte regularmente para ir al trabajo. De esta forma, la movilidad comienza a convertirse en una variable fundamental en el desarrollo urbano (Miralles-Guasch, 2002; Muñoz, 2007).

NACIMIENTO DEL URBANISMO: PROPUESTAS DE CIUDADES A FINALES DEL SIGLO XIX

El urbanismo apareció originalmente como política social ya en el siglo XIX. El crecimiento desordenado de la ciudad a partir de la Revolución Industrial desató a lo largo del siglo XIX una reacción y una serie de propuestas de ciudades ideales en aras a racionalizar los asentamientos urbanos. En opinión de Hall (1996), las pésimas condiciones de los barrios obreros de las ciudades británicas fueron las que impulsaron a las atemorizadas clases burguesas a hacer algo para solucionar el problema de la vivienda obrera.

Como la ciudad surgida después de la Revolución Industrial se había convertido en un problema en sí misma, a finales del siglo XIX se plantearon varias propuestas de solución que se pueden clasificar en dos grupos (Benévolo, 1994): las que pretendían volver a comenzar desde el principio: los utopistas, la ciudad jardín y los racionalistas; las que intentaban resolver cada uno de los problemas creados y remediar sus inconvenientes, sin plantear una visión global de la nueva ciudad: propuestas de Cerdá y Arturo Soria. Estos introducen en la ciudad los nuevos reglamentos higiénicos y los nuevos instrumentos técnicos y jurídicos que dan origen a la moderna legislación urbanística.

Las principales propuestas se presentan a continuación, siguiendo un orden cronológico.

1. Los *utopistas* pertenecen al primer grupo. Las figuras más destacadas del socialismo utópico, Fourier y Owen, critican en sendas publicaciones el sistema capitalista y denuncian las consecuencias negativas de la ciudad posterior a la Revolución Industrial: usura del suelo, división del trabajo, etc. Proponen soluciones espaciales alternativas fuera de la ciudad, *“en un sistema organizado que*

³ Muñoz (2007) traduce el concepto de *commuter* como habitante pendular. En esta tesis utilizaré ambos términos indistintamente.

está por completo centrado sobre la autonomía (económica y arquitectónica) de organismos simples, elementales, capaces de asegurar una vida equilibrada y completar un número reducidísimo de habitantes (de 1.200 a 1.600) en cuanto contienen en sí todos los grados de producción, del sustento, de la educación, del ocio y de la cultura” (Aymonino, 1993, pp. 21-22). Más que una transformación de la ciudad industrial, plantean su desaparición.

En 1825 R. Owen trató de llevar a la práctica sus ideas en una comunidad que llamó *New Harmony*, situada en Indiana. De ella se derivaron los modelos de las denominadas comunidades utópicas.

2. La racionalización de *Idelfonso Cerdà* se sitúa dentro del segundo grupo de propuestas. Movido por su ideología higienista⁴, en 1867⁵ expone la necesidad de mejorar las condiciones de vida de toda la sociedad, así como la fluidez del transporte y de los desplazamientos humanos. Su primer objetivo era la adecuación de la red viaria al desarrollo de los medios de locomoción, y el segundo la revisión de las tipologías de construcción. La solución que propone es la retícula ortogonal homogénea (Gravagnuolo, 1998). El Ensanche de Barcelona fue uno de sus proyectos, con una cuadrícula de calles anchas y amplias aceras arboladas.
3. A finales del siglo XIX, en 1897, *Arturo Soria* propone la construcción de la ciudad-red o *ciudad lineal*, como fruto de su reflexión sobre las nuevas técnicas de transporte y telecomunicaciones y las incidencias sociales de éstas. Considera, al igual que Cerdà, que la comunicación en todas sus formas es el futuro del mundo y comparte con él la preocupación por mejorar las condiciones de vida de la clase obrera (Choay, 2004). No propone un sistema de comunicación con una implantación homogénea y multidireccional, sino que lo concibe bajo una forma lineal. La ciudad se desarrollará alrededor de las líneas de comunicación, carreteras y ferrocarriles, con una anchura meticulosamente calculada y una longitud sin límites, y será recorrible a pie, en bicicleta o, sobre todo, en tren. Los nudos de las vías de comunicación podían convertirse en centros urbanos. Las viviendas se situarían alrededor de estas vías, todas ellas con las mismas facilidades de acceso y con la naturaleza detrás. Este modelo debería constituir un auténtico continuo

⁴ Los debates higienistas tuvieron una gran importancia en la evolución de las ideas urbanísticas. Planteaban la necesidad de aireación y sol en las viviendas y demandaban mayor espacio libre en la ciudad (Capel, 2002).

⁵ Cerdà, I. *“Teoría General de la Urbanización. Y aplicación de sus principios y doctrinas a la Reforma y Ensanche de Barcelona”*, Imprenta Española, Madrid 1867.

urbano entre las ciudades existentes. En 1894 se iniciaron las obras para la construcción en la periferia de Madrid de un fragmento demostrativo de la ciudad lineal, que no se llevó a cabo siguiendo la idea original, debido a dificultades financieras (Gravagnuolo, 1998).

Este esquema fue recogido a finales de los años veinte en la Unión Soviética por un grupo de arquitectos e ingenieros autodenominados *desurbanistas*. Inspirados en la propuesta de Soria, propugnaban estructuras de asentamiento que recorrieran el territorio siguiendo los ejes de las infraestructuras. Los desurbanistas consideraban irrecuperables las ciudades heredadas del pasado prerrevolucionario, que estaban organizadas en forma de barrios y, por consiguiente, de forma clasista. Apostaban, por lo tanto, por crear nuevas ciudades en las que la estructura lineal y la pérdida de diferencia campo/ciudad contribuyeran a la efectiva igualdad entre todos los habitantes, de modo análogo a como el socialismo suprime las diferencias entre la burguesía y el proletariado. Su planteamiento tuvo algunas aplicaciones prácticas en ciudades como Magnitogorsk y Stanlgrado, a las que Stalin puso punto final en 1931 (Meyer, 1972; Choay, 2004).

4. *Ebenezer Howard*, perteneciente al primer grupo de propuestas, publicó en 1898⁶ sus teorías acerca de la *ciudad jardín*, que influirían poderosamente en el urbanismo de los Estados Unidos. Según Hall (1996), la ciudad jardín, basada en el colectivismo, la organización local y el autogobierno, fue ideada por los anarquistas como una tercera vía de desarrollo, al margen del capitalismo y del socialismo.

La ciudad jardín pretendía reformar la sociedad global. Howard presenta un esquema cuyo objetivo es repartir racionalmente y armoniosamente los flujos demográficos y las actividades sociales en comunidades pequeñas, de unos 30.000 habitantes, y casi autárquicas, rodeadas por anchos cinturones verdes que agrupan concéntricamente todo tipo de instituciones y de actividades sociales. Los sectores industrial y agrícola se situarían en la periferia, pero en el interior del cinturón verde. De esta forma, los trabajadores tendrían acceso a una residencia junto al lugar de trabajo. Estas comunidades estarían unidas entre sí por una red ferroviaria, formando un conjunto de sistemas interconectados, cada uno de los cuales gravitaría alrededor de una ciudad central de unos sesenta mil habitantes (Choay, 2004). Es decir, se trataría de comunidades establecidas en un entorno

⁶ Howard, E. "A Peaceful Path to Social Reform", Londres, Swann Sonnenschein, 1898. La segunda edición se tituló "Garden-Cities of Tomorrow". Londres: Faber & Faber, 1902.

natural, y por lo tanto separadas de la gran urbe, pero bien comunicadas con ella por medio del ferrocarril.

La propuesta de ciudad-jardín pretende aglutinar todas las ventajas del campo con las de la ciudad, incluyendo las ventajas higiénicas del hábitat rural y la red de intercambios sociales del hábitat urbano. Según Sanz (1995), la ciudad-jardín es una ciudad en equilibrio, donde se compatibilizan actividades agrarias e industriales en un medio ambiente cuidado que favorece el estudio intelectual y la vida sana. Sin embargo, Gravagnuolo (1998) considera que la ciudad jardín se propone, ante todo, como un buen negocio y, en segundo lugar, como una solución socialmente válida desde cualquier punto de vista. No sólo se eliminarían los suburbios inhabitables de las periferias industriales sino que, utilizando terrenos de bajo precio, debido a su distancia a los grandes centros urbanos, los adquirentes podrían gozar del placer de los solares del campo sin renunciar al trabajo en la fábrica y a los intercambios urbanos.

Inglaterra acogió con entusiasmo la propuesta de Howard que inspiró la creación de los *New Towns* ingleses después de la Segunda Guerra Mundial, aunque no siguieron al pie de la letra el esquema howardiano y se convirtieron, en algunos casos, en ciudades satélite.

5. Entre los años veinte y treinta del siglo XX, período de entreguerras, surge en Europa el *Movimiento Moderno*, que representa un conjunto de tendencias que marcan una ruptura con la arquitectura clásica, creando un nuevo lenguaje arquitectónico en el que se hace hincapié en la función por encima de cualquier consideración de orden meramente estético. Es una época en la que los nuevos materiales, como el hormigón armado o el acero, y las importantes transformaciones en las técnicas de construcción llevan a cuestionar el papel de los arquitectos en la formación de la ciudad. En respuesta a ello, una serie de arquitectos unidos por su fe en la técnica y por una voluntad común de romper con el pasado organizan los Congresos Internacionales de Arquitectura Moderna (CIAM), celebrados desde 1928 hasta 1959, con el fin de redefinir el papel de los arquitectos, luchar por la modernidad y erradicar las formas y tradiciones arquitectónicas del pasado (Choay, 2004).

En particular, el cuarto congreso, celebrado en 1933, redactó la Carta de Atenas, que estableció los principios del *urbanismo racionalista* y en la que los arquitectos recuperaban su papel protagonista en el control de la ciudad. De ella surgió la propuesta de *ciudad funcional*, como respuesta a los problemas urbanos que detectaron en la ciudad decimonónica: falta de espacios verdes y de higiene, déficit de equipamientos, mezcla de usos y funciones urbanas, creando

contradicciones entre las diferentes actividades económicas y generando conflictos sociales (CCCB, 1999; Miralles-Guasch y Cebollada i Frontera, 2003). Este tipo de ciudad aboga por la *zonificación* o localización de las actividades según su función, lo que se traduce en una separación física de la vivienda, la industria, las zonas comerciales, las zonas verdes, los centros de formación,... Cada porción de la ciudad tiene una función y en ella se encuentran aquellos ciudadanos relacionados directamente con esa función: estudiantes con estudiantes, obreros con obreros y los residentes de una urbanización con quienes tienen niveles de renta y de estudios similares (Gravagnuolo, 1998). La conexión entre las diferentes zonas de la ciudad funcional se realiza mediante una extensa red de vías y transporte horizontales, que es la que se encarga de mantener unida la trama urbana (CCCB, 1999).

Dentro de este movimiento, en la escuela francesa destaca la labor investigadora del arquitecto Le Corbusier (1887- 1965), quien considera que la vida urbana se reduce a cuatro actividades: el hábitat, el trabajo, la circulación y el ocio. Las dos primeras se alojan en unidades grandes y autónomas, cuyos distintos tipos aparecen estandarizados. La tercera se concibe como un sistema jerarquizado de rutas, que garantiza, gracias al automóvil, la interrelación de las diferentes unidades y su conexión con el territorio. La cuarta parece tener lugar en las zonas verdes donde el suelo pertenece al peatón (Choay, 2004). La ciudad de Le Corbusier representa en su conjunto una alternativa radical tanto a la ciudad heredada o histórica como a la ciudad-jardín de Howard. Por un lado, modifica la imagen urbana tradicional en una especie de gran parque con equipamientos; por otro, preserva la alta densidad de habitación propia de una moderna metrópoli, frente a la ideología antiurbana howardiana. Le Corbusier introduce en sus proyectos arquitectónicos algunos elementos de la ciudad norteamericana, como los rascacielos, los grandes equipamientos de circulación y las grandes avenidas. Otorga un papel fundamental a la red viaria, necesaria para unir rápidamente el centro con la periferia. La calle tradicional, con su utilización múltiple, es sustituida por las autovías y deja de ser de los peatones para pasar a ser de los coches. La primera aplicación emblemática de tales principios fue el Plan Voisin, propuesto en 1925, con el objetivo de reestructurar el centro histórico de París. Su objetivo era derribar los barrios antiguos y sólo conservar algunos edificios aislados convertidos en curiosidades históricas y turísticas (López de Lucio, 1993; Gravagnuolo, 1998; Miralles-Guasch, 2002).

En resumen, se puede afirmar que en el siglo XIX surge el urbanismo, debido a la necesidad de organizar la ciudad existente y ordenar su crecimiento, convirtiéndose

en una corriente de pensamiento científico y en una técnica para la distribución de los espacios⁷.

1.1.3 La ciudad de la segunda mitad del siglo XX

Después de la Segunda Guerra Mundial, se inicia en Europa un período de reconstrucción siguiendo los modelos de desarrollo americanos, tanto en la esfera de la producción como en el consumo. En la ciudad europea posterior a la segunda posguerra se encuentran elementos procedentes de las urbes americanas, tales como el crecimiento de la ciudad en baja densidad con un elevado consumo de suelo y el centro de la ciudad convertido en el espacio para las actividades terciarias (Miralles-Guasch y Cebollada i Frontera, 2003). Como consecuencia de la rápida expansión y descentralización urbana experimentadas en el periodo, surgen la ciudad-metrópolis y la ciudad-región, cuyas características vamos a analizar detalladamente.

LA CIUDAD-METRÓPOLI

Entre 1945 y 1970 los europeos incorporan el vehículo privado a su vida cotidiana y, paralelamente, el transporte de mercancías por carretera va ganando terreno al ferrocarril, posibilitando la movilización de todos los factores de producción en el territorio. Al mismo tiempo, comienzan a percibirse en el centro de las ciudades los efectos adversos de la aglomeración urbana: la congestión producida por el incremento del tráfico, el encarecimiento del suelo, la contaminación atmosférica y acústica, la degradación ambiental y la conflictividad laboral. Todos estos factores favorecieron los procesos de rápida expansión y descentralización urbana que han llegado hasta nuestros días (López de Lucio, 1993; Miralles-Guasch, 2002).

En el ámbito de la industria, las transformaciones del sistema productivo y de las tecnologías de la comunicación permitieron la separación progresiva entre las actividades directivas y las productivas. Las primeras, de mayor valor añadido, se fueron situando en el centro de las ciudades, comenzando un proceso de terciarización del espacio más cotizado de la ciudad. Las actividades productivas se desplazaron hacia los espacios suburbanos menos valorados, pero con buena accesibilidad, gracias a la construcción de las primeras redes viarias arteriales de gran

⁷ López de Lucio (1993) sitúa en la segunda mitad del siglo XVIII los primeros planteamientos sobre la necesidad de una intervención global sobre la ciudad desde instrumentos específicos, distintos de los típicamente arquitectónicos; es decir, el inicio del urbanismo como tal.

capacidad. Cerca de estas zonas industriales descentralizadas se situaron las viviendas obreras formando los llamados *polígonos*, agrupaciones densas de vivienda colectiva. En cambio, la clase media/alta trasladó su residencia a urbanizaciones de baja densidad emplazadas en lugares privilegiados, en las que la tipología predominante era la vivienda unifamiliar con jardín, siguiendo el modelo de ciudad jardín de la primera parte del siglo XX. En cuanto a los núcleos rurales más cercanos a la ciudad, crecieron y se transformaron repentinamente, quedando subordinados a ésta, con precarias planificaciones urbanísticas y sobreexplotando las infraestructuras existentes (López de Lucio, 1993).

Indovina (2007, p. 16) resume así el proceso de expansión de la ciudad y de urbanización del campo iniciado después de la segunda posguerra mundial: *"...desarrollo económico (industrial) de la ciudad, emigración del campo a la ciudad, crecimiento de la densidad, aumento de los precios inmobiliarios y predisposición, por decirlo así, del campo a dejarse urbanizar, constituyen ingredientes que dieron inicio a una transformación del territorio que ya no se ha detenido"*.

De esta forma surgieron en Europa las áreas metropolitanas, concepto aparecido en Estados Unidos en los años 40. En su concepción tradicional, se trata de un área compuesta por una ciudad central que aglutina la mayoría de los puestos de trabajo, equipamientos y servicios, y está rodeada de un espacio dependiente, suburbios residenciales, industrias descentralizadas, pequeños núcleos urbanos de origen rural absorbidos por el crecimiento, etc.

La crisis de 1973-75 detuvo los movimientos migratorios campo-ciudad y paralizó temporalmente el crecimiento de las ciudades (Capel, 2002). Dio también comienzo a un nuevo ciclo económico caracterizado por la progresiva terciarización e internalización de la economía, una fe ilimitada en el mercado, la ralentización de los ritmos de crecimiento económico y las crecientes desigualdades en el reparto de la renta.

LA CIUDAD-REGIÓN

En los años 80, en el nuevo contexto surgido después de la crisis, comenzaron las críticas al urbanismo racionalista y a los planes urbanísticos, y se puso énfasis en la desregulación. Capel (2002) afirma que la desregulación contribuyó a agravar los problemas urbanos y a difundir de forma irresponsable la ocupación del suelo, sin equipamientos e infraestructuras adecuadas, deficiencias que luego tenían que ser resueltas por la administración pública. Otro efecto de la desregulación fue la agresión y degradación irreversible del medio ambiente y de los valores paisajísticos. Gibelli

(2007) destaca la importancia de la desaparición del Estado asistencial, con un drástico recorte en la intervención en materia de vivienda y la aparición de políticas gubernamentales que optaron por orientar la oferta y la demanda hacia la casa unifamiliar, criticando las teorías que interpretan el fenómeno de la dispersión urbana como eminentemente espontáneo.

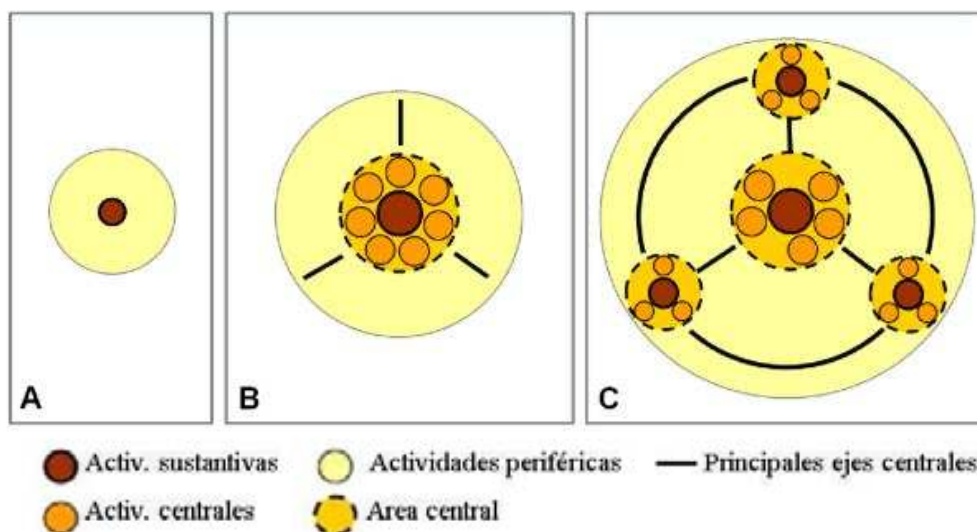
En esta década, una vez superados los problemas de estancamiento económico, comenzaron a detectarse en la mayoría de los países europeos procesos de crecimiento urbano discontinuo dominados por un paisaje residencial de baja densidad que, a diferencia del periodo anterior, se dieron con una población estancada o en retroceso (Muñiz *et al.*, 2007). Aunque en algunos espacios rurales marginados aún se mantenían dinámicas propias del pasado tales como el éxodo rural, en esta etapa las grandes ciudades pierden atractivo y son muchos los que deciden reubicar su residencia en entornos extraurbanos, en pequeños municipios, principalmente en el caso de las clases medias y más acomodadas. Se inicia un progresivo abandono de la aglomeración urbana, acompañado por un nuevo modelo de residencia, la vivienda unifamiliar, que imita los modelos anglosajones. Esto genera un proceso de relocalización de los servicios urbanos dirigidos a la población: comercio, restauración, equipamientos sociales, culturales, deportivos, etc., que comienzan a situarse fuera de la ciudad (Rodríguez, 1995; Miralles-Guasch, 2002; Torres, 2006; García Palomares, 2008).

A diferencia del área metropolitana del periodo anterior, este nuevo desarrollo urbano, denominado por algunos como ciudad-región o región urbana, es esencialmente policéntrico, e incluye diversas ciudades con sus respectivas periferias, que concentran una serie de funciones que antes estaban reservadas al centro metropolitano único.

Rodrigue *et al.* (2009) muestran la evolución de la estructura espacial de la ciudad en la figura 1.1. Estos autores clasifican las actividades en "sustantivas", aquellas que tienen un mayor valor añadido (actividades directivas y de consumo); actividades "centrales", las que se ocupan de la producción y distribución; y las "actividades periféricas", principalmente residenciales o de abastecimiento local.

A su vez, definen como área central de una ciudad aquella que se ha formado a lo largo de un proceso histórico y que aglutina una serie de actividades sustantivas y/o centrales.

Figura 1.1: Evolución de la estructura espacial de la ciudad



FUENTE: Rodrigue *et al.* (2009).

En base a este planteamiento, Rodrigue *et al.* (2009) identifican un proceso general común en la evolución de las ciudades, siempre teniendo en cuenta que cada ciudad tuvo su propia historia. La ciudad anterior a la Revolución Industrial sería aquella que coincide con la figura 1.1.A. Es una ciudad pequeña, ubicada cerca de los cursos de agua, en la que el centro cumplía funciones de mercado, espacio religioso y político. La figura 1.1.B corresponde a la ciudad surgida después de la Revolución Industrial, donde se separan las actividades directivas, que se sitúan en el Distrito Financiero Central en el corazón de la ciudad, de las manufactureras, que se ubican fuera de este centro, alrededor de él. A medida que avanza la Revolución Industrial, los ejes viarios se extienden desde el centro hacia la periferia. Después de la Segunda Guerra Mundial, la industria se traslada masivamente desde el centro hacia las áreas suburbanas, dejando espacio para el desarrollo de actividades financieras y administrativas (ver figura 1.1.C). Debido a la accesibilidad por carretera, surgen nuevos centros en las áreas suburbanas que ofrecen servicios a estas nuevas áreas. Como consecuencia, la estructura espacial de muchas ciudades se vuelve multi-nodal. En esta etapa se rompe la continuidad de la ciudad, característica básica de la urbe hasta ese momento, y ya no se diferencia con claridad del espacio rural. La polaridad campo-ciudad, vigente hasta el término de la Segunda Guerra Mundial, es sustituida por una variedad de escenarios (campo, campo urbanizado, urbanización difusa, ciudad, metrópoli) caracterizados por una mayor o menor urbanización, por tener un funcionamiento propio o por proyectar una imagen propia. Según Indovina (2007; p.18), "*esta variedad de escenarios provoca una serie de impactos sobre el medio*

ambiente, sobre el paisaje, sobre la organización de los servicios y sobre la funcionalidad de la administración".

La preocupación por el desarrollo sostenible surgida en Europa a finales del siglo XX y la creciente necesidad de controlar a largo plazo los efectos no deseables de esta dispersión urbana (*urban sprawl*) reactivó la reflexión sobre la forma de la ciudad. Se iniciaron una serie de investigaciones sobre el tema, entre las que cabe destacar el *Libro Verde sobre el Medio Ambiente Urbano* elaborado en 1990 por la Comisión Europea (EC, 1990), que recoge por primera vez los riesgos asociados a la dispersión urbana y define algunas políticas y actuaciones correctoras. En él, se lanza el concepto de "ciudad compacta" como alternativa para contrarrestar los efectos negativos de la dispersión. Asimismo, se trata de implementar estrategias orientadas a la contención del consumo de suelo, la reducción de los desplazamientos en automóvil, la potenciación de medios de transporte ecocompatibles, la rehabilitación de áreas centrales mediante la intensificación y la diversificación local de los usos del suelo. Esta idea fue adoptada e introducida por muchos países europeos en sus estrategias espaciales nacionales pero, según Gibelli (2007), sus aplicaciones prácticas han sido más bien modestas.

1.2 La ciudad actual: el fenómeno de la dispersión urbana

La dispersión urbana que ha caracterizado el desarrollo de la ciudad de las últimas décadas es un fenómeno muy complejo, que presenta patrones diferenciados en función del país y del período considerado. A pesar de ello, se pueden señalar como características del desarrollo urbano actual, las siguientes (véase CCCB, 1999; Capel, 2002; Miralles-Guasch y Cebollada i Frontera, 2003; Rérat, 2005; Indovina, 2007, entre otros):

- La fragmentación tanto física, institucional y funcional como social: la ciudad está organizada en diferentes áreas urbanas con cierta homogeneidad interna, pero claramente diferenciadas entre sí, incluso espacialmente.
- La utilización de una gran cantidad de espacio con una mínima implantación de usos, lo que produce una disminución de las densidades urbanas, un alejamiento entre las actividades y la incorporación de nuevos sistemas urbanos que hasta entonces eran independientes.

- El espacio urbano es esencialmente policéntrico y sus límites ya no son ni físicos ni administrativos, sino que se dibujan a partir de los flujos, sean de personas, de información o de mercancías, que la convierten en una unidad funcional. Esta ciudad real está constituida por distintos núcleos y poblaciones de distinto tamaño interrelacionados entre sí e interdependientes.
- Desaparece la contraposición clara entre campo y ciudad y surge una realidad donde ciudad y territorio se confunden.
- Es una ciudad desigual porque la disposición de los servicios en el territorio urbano no es homogénea, privilegiando ciertos espacios y penalizando otros.
- Es una ciudad caracterizada por el incremento del tráfico, con un transporte público que únicamente cubre algunas partes del territorio urbano. Este tipo de transporte tiene mayor presencia en las áreas centrales y en los recorridos radiales, mientras que en las periferias y entre ellas, el transporte privado es el medio más utilizado.

En resumen, se trata de una ciudad fragmentada, difusa, de baja densidad⁸, creciente, policéntrica y desigual, resultado de un complejo proceso de expansión urbana descontrolada⁹, de un desarrollo suburbano, de un proceso de rururbanización¹⁰ o de contraurbanización¹¹. Como se puede observar, se utilizan muchos términos para describir una realidad tan compleja como la actual. Cada una de las características de

⁸ Indovina (2007) distingue entre ciudad difusa y de baja densidad: “La *ciudad difusa* se da cuando una determinada y amplia porción de territorio urbanizado ofrece gran abundancia y variedad de funciones, caracterizándose por una amplia dotación de servicios pese a que estén esparcidos por el territorio, y cuando es utilizada por la población allí asentada como si de una ciudad se tratara. Es la cuestión de los equipamientos y de su uso lo que justifica dicha denominación” (2007, p.18). Sin embargo, “La *ciudad de baja densidad* tiene que ser a la vez ciudad y caracterizarse por ser de baja densidad; se define por la presencia de la complejidad urbana (funciones y equipamientos) en un área extensa y por un uso urbano de dicha área por parte de los ciudadanos” (2007, p.19). La primera tiende a destacar la difusión en cuanto a la organización del espacio y la segunda centra su atención en la densidad de construcción.

⁹ La Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 2006) habla de expansión urbana descontrolada cuando “la tasa de cambio del uso de suelo rústico a urbano es superior a la tasa de crecimiento demográfico de una determinada zona durante un período determinado”.

¹⁰ Término utilizado por los investigadores franceses para distinguir la dispersión de la difusión o periurbanización (Gibelli, 2007, p.281).

¹¹ El geógrafo norteamericano Brian Berry (1976) introdujo el término contraurbanización y lo caracterizó como antítesis de la urbanización, como un proceso de desconcentración poblacional desde las grandes regiones metropolitanas hacia los núcleos de menor tamaño, bajas densidades y carácter menos urbano.

esta ciudad ha dado lugar a un nombre (ciudad fragmentada, ciudad difusa, ciudad de baja densidad,...) que describe sólo parcialmente tal realidad.

La definición que proponen Muñiz *et al.* (2007) del término ciudad dispersa contiene varios de estos fenómenos y enfoques. Su objetivo es ofrecer una descripción neutra de un hecho que puede adoptar formas diferentes. Estos autores basan su definición en los aspectos morfológicos de la ciudad y definen la dispersión urbana como un modelo de expansión caracterizado por al menos una de las siguientes pautas:

- Baja densidad: la presencia de áreas periféricas residenciales poco densas con un importante peso de la vivienda unifamiliar.
- Baja centralidad: un peso creciente de las zonas periféricas respecto a las centrales, tanto en el aspecto económico como en el poblacional.
- Baja proximidad: un mayor aislamiento (falta de proximidad) entre cada una de las partes de la ciudad.
- Baja concentración: una menor concentración de la población en un número limitado de zonas densas y compactas.
- Discontinuidad: una creciente fragmentación del territorio, que se traduce en la pérdida de continuidad entre viejos y nuevos desarrollo urbanos dejando vacíos entre ellos.

Adoptando la definición propuesta por Muñiz *et al.* (2007), no se puede obviar que esta ciudad dispersa ofrece una serie de beneficios individuales y colectivos que han favorecido su difusión. Henry (2007) destaca los siguientes: una mejor calidad de vida por la cercanía a la naturaleza y el acceso a terrenos más baratos, mayores posibilidades locacionales para los negocios y una menor congestión, entre otros. Sin embargo, el autor comparte la opinión expresada por muchos expertos de considerar que este tipo de desarrollo urbano genera más costes que beneficios, aspecto que ampliaremos en el siguiente apartado.

1.2.1 Efectos negativos de la dispersión urbana

En las últimas décadas se está desarrollando una preocupación especial por la dispersión urbana y sus implicaciones negativas desde el punto de vista económico, social y/o medioambiental. Algunos estudios muestran que la dispersión urbana es "más cara" que la concentración. Henry (2007) estima que los costes directos de una vivienda unifamiliar repercutidos a los compradores son 2,2 veces mayores que los de

una vivienda situada en un bloque de apartamentos. Asimismo, los costes públicos de mantenimiento podrían llegar a ser hasta 7 veces mayores y los costes privados de mantenimiento hasta 2 veces superiores¹².

Además, la dispersión urbana se considera también económicamente ineficiente. Se trata de un sistema de planificación basado en la asignación de usos del suelo realizada a través del libre mercado, que ha dado como resultado el abandono o la subutilización de muchas áreas industriales tradicionales en Europa y ha generado áreas urbanas dispersas. Esta ineficiente disposición espacial de usos y actividades incrementa el número de desplazamientos e impide las sinergias entre las diversas actividades (Font, 2007). A pesar de los aspectos negativos, la concentración de la población y el empleo en entornos densos genera una serie de beneficios tanto para las empresas, ligados a la generación y difusión de conocimientos, aparición de suministradores de bienes y servicios intermedios que requieren una demanda mínima, etc., como para los individuos, en términos de ofertas variadas de trabajo, ambiente multicultural y creativo, aparición de servicios especializados como cines, teatros, etc. Por lo tanto, la dispersión de las actividades productivas y residenciales puede ser económicamente racional desde el punto de vista individual, pero es ineficiente desde el punto de vista social, "...*dado que este comportamiento tiende a erosionar las condiciones de densidad que permiten la generación de economías de aglomeración*" (Muñiz *et al.*, 2007, p. 325).

Otros estudios se han centrado en los impactos de este nuevo tipo de desarrollo disperso sobre su entorno natural (CCCB, 1999; EEA, 2005, 2006; MMA, 2007). La ocupación explosiva del territorio¹³ ha traído consigo la fragmentación y el aislamiento de los espacios naturales, con la consiguiente inviabilidad de muchos ecosistemas, la pérdida de biodiversidad biológica y de los valores paisajísticos. La ocupación urbana del suelo conlleva también su impermeabilización, causando alteraciones en el ciclo hídrico y la desaparición de suelos agrícolas cercanos al consumidor final. Este

¹² Henry (2007) considera *costes directos repercutidos a los compradores* los siguientes: repercusión del suelo, edificación, urbanización de viales y jardines, proyecto y dirección de arquitectura, licencia y gastos de notaría. Incluye como *costes públicos de mantenimiento* los siguientes: aguas y saneamiento, alumbrado público, urbanización pública y transporte público. Contabiliza como *costes privados de mantenimiento*: calefacción, consumo de agua, electricidad, seguridad, uso de transporte privado y mantenimiento de la urbanización.

¹³ Tradicionalmente, el crecimiento de las ciudades estaba motivado por el incremento de la población urbana. Actualmente los motivos de la expansión urbana son otros. En los últimos 20 años, el área construida en muchos países europeos ha crecido un 20% mientras que la población ha aumentado únicamente un 6% (EEA, 2005; EEA 2006).

fenómeno implica un aumento de la huella ecológica de las ciudades¹⁴ y un incremento de los gastos energéticos del transporte al tener que recurrir a productos agrícolas procedentes de lugares más lejanos. Además, la ciudad dispersa se ha caracterizado por un galopante consumo de materiales, agua y energía y una emisión de cantidades ingentes de contaminantes atmosféricos.

En lo que se refiere al punto de vista social, la dispersión de la ciudad y la residencia en viviendas unifamiliares disminuyen la interacción social, potenciando el aislamiento y debilitando el sentimiento de pertenencia a una comunidad. Además, la separación de usos del suelo y las diferencias de riqueza se traducen en la concentración de personas de características muy similares en una misma zona, dando lugar, por un lado, a la homogeneización en el interior de cada una de ellas y, por otro, a la segregación y exclusión social. La distancia entre las diferentes zonas amplifica este efecto (Henry, 2007; Muñiz *et al.*, 2007).

La tabla 1.1 muestra una larga lista de efectos negativos de la dispersión urbana, basándose principalmente en los resultados de una investigación dirigida por la Universidad de Rutgers en *New Jersey* orientada a identificar los efectos negativos de lo que se conoce como *urban sprawl* y que en gran medida pueden ser trasladados a la experiencia europea (TCRP, 2002).

Dado el objeto del presente trabajo, centraremos nuestra atención en los impactos relacionados con el modelo de movilidad y el transporte. La ciudad dispersa, caracterizada por la aparición de grandes distancias entre el centro y la periferia y una baja densidad poblacional en los asentamientos periurbanos, genera una mayor necesidad de desplazamiento para realizar cualquier tipo de actividad. Se han incrementado el tiempo y la distancia de los recorridos y se han ampliado las causas que motivan el desplazamiento, más allá de la movilidad cotidiana (Miralles-Guasch,

¹⁴ William Rees (1992) publicó el primer documento académico sobre la huella ecológica. Posteriormente, Mathis Wackernagel, en 1994, desarrolló el concepto y su método de cálculo en una tesis doctoral bajo la dirección de Rees. La huella ecológica es un indicador biofísico que se define como el área equivalente de suelo productivo o ecosistema acuático que se necesita para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos que genera una población definida con un estilo de vida concreto. En el libro *“Nuestra huella ecológica: reduciendo el impacto humano sobre la Tierra”* (1996), cuya versión traducida se dio a conocer en 2001, Wackernagel y Rees demostraban que, en ese momento se necesitaba el área equivalente a más de cinco planetas Tierra para proporcionar los recursos y absorber los contaminantes si quisiéramos alcanzar el estándar de consumo de un canadiense promedio. En el caso de la C. A. de Euskadi, el cálculo de la huella ecológica para el año 2001 puso en evidencia que si todos los habitantes del planeta siguieran las pautas de consumo de los de Euskadi, la superficie biológicamente productiva del planeta debería ser 2,5 veces mayor que la disponible (IHOBE, 2005b).

2002). A su vez, la difusión y la baja densidad dificultan la implementación de un sistema de transporte público eficaz. Como consecuencia, crea una dependencia del vehículo privado para cubrir esos trayectos y genera una serie de impactos negativos tanto desde el punto de vista económico, como social y ambiental. Estos impactos negativos de la movilidad y su relación con los usos del suelo derivados del modelo de desarrollo urbano son el objetivo central de esta investigación.

Tabla 1.1: Efectos negativos de la dispersión urbana

Áreas de mayor preocupación	Efectos negativos
Capital público y privado y gastos de explotación	<ul style="list-style-type: none"> • Más gastos en infraestructuras • Mayores gastos de explotación de servicios públicos • Mayores costes de promociones privadas • Mayores costes globales • Impactos adversos en las finanzas públicas
Gastos de transporte y desplazamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Más kilómetros recorridos en vehículo • Más tiempo de viaje • Más viajes en automóvil • Más gastos en transporte por familia • Transporte público menos rentable y eficaz • Mayores costes sociales de los desplazamientos
Conservación del territorio y del hábitat natural	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de tierras agrícolas • Productividad agrícola reducida • Menor viabilidad de los terrenos agrícolas • Pérdida de tierras medioambientalmente frágiles • Efecto barrera • Menos espacios abiertos en la región
Calidad de vida	<ul style="list-style-type: none"> • Sentimiento de comunidad debilitado • Estéticamente desagradable • Más estrés • Mayor consumo energético • Más contaminación atmosférica
Factores sociales	<ul style="list-style-type: none"> • Fomenta la exclusión suburbana • Fomenta la incompatibilidad espacial • Fomenta la segregación residencial • Empeora la presión fiscal urbana • Se agrava el deterioro del centro urbano

FUENTE: TCRP (2002); Henry (2007).

1.2.2 El modelo de movilidad actual

En la literatura reciente, se pueden encontrar un buen número de autores (Burdalo, 1995; Sanz y Esteban, 1996; CCCB, 1999; AEMA, 2001; WBCSD, 2001; Miralles-Guasch y Cebollada i Frontera, 2003; Muñiz *et al.*, 2007; CICCIP, 2008; EC, 2009b; IHOBE, 2009 entre otros) que consideran que uno de los principales responsables de la crisis en que se encuentra inmersa la ciudad actual es el transporte urbano: el espectacular incremento de la movilidad motorizada en general, y del automóvil privado en particular, está ocasionando la degradación paulatina del medio urbano.

Los últimos datos proporcionados por la Comisión Europea señalan que en 2007 el 80% de la población de la Unión Europea (UE-27) vivía en zonas urbanas. En ellas, la movilidad, definida como el promedio de kilómetros recorridos por persona y año, fue de 11,600 en 2007, comparados con los 9,100 km/persona en 1990. El coche privado contabilizaba el 72,5% de los kilómetros recorridos en las áreas urbanas (ADEME, 2009; EC, 2010).

El gráfico 1.1 muestra que, en la última década, el transporte de pasajeros y el stock de vehículos en la Unión Europea han experimentado un crecimiento más rápido que el de la población, como reflejo del incremento de la movilidad motorizada de las personas¹⁵. Este incremento del tráfico ha originado muchos problemas. Desde el punto de vista ambiental, la irrupción del automóvil ha ido acompañada de una creciente ocupación de espacio viario y para aparcamientos en las ciudades. Actualmente, cualquier plan de desarrollo urbano dedica como mínimo el 40% del espacio útil a usos viarios y a aparcamientos¹⁶. Además del impacto visual sobre el paisaje, estas infraestructuras viarias y ferroviarias se apoderan de terrenos agrícolas y urbanos, y afectan a una amplia gama de espacios y hábitats naturales.

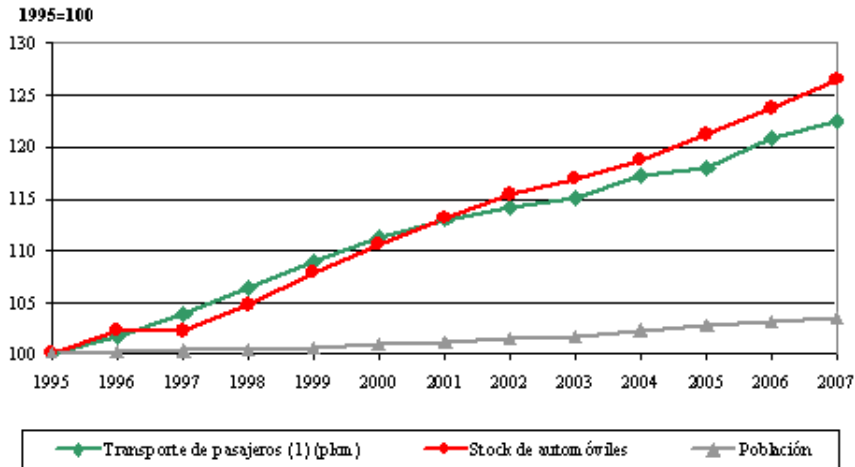
Por otro lado, los combustibles fósiles siguen siendo la principal fuente de energía utilizada por el transporte. El sector fue el responsable del 32% del gasto energético de la Unión Europea en el año 2007. En particular, el transporte por carretera representó el 82% del consumo energético del sector (ver gráfico 1.2). Sin embargo, el gasto

¹⁵ Las estadísticas sobre transporte urbano de pasajeros son escasas en la Unión Europea. El gráfico 1.1 incluye el transporte de pasajeros total en el interior de la UE-27.

¹⁶ En 1998, el espacio reservado exclusivamente al coche en Los Angeles (EEUU) superaba el 60% (CCCB, 1999).

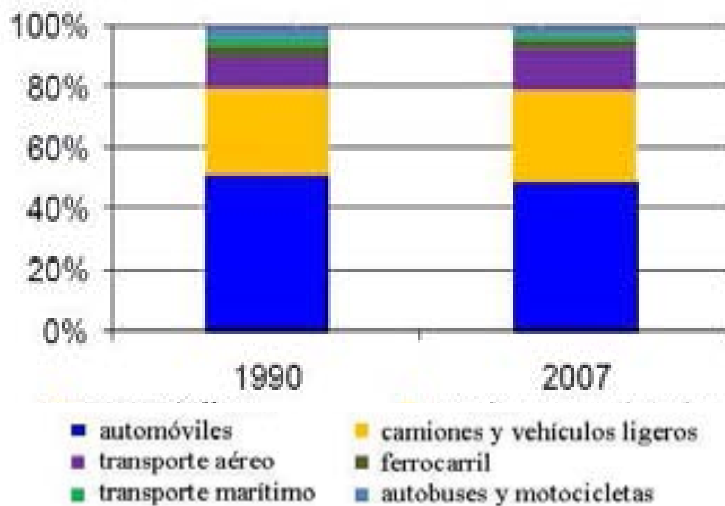
energético varía considerablemente en función del modo y del medio de transporte utilizado¹⁷. Según datos de la UE-27 correspondientes al año 2007, en promedio los coches requieren cuatro veces más energía por km para el transporte de un pasajero que lo que necesita el transporte público en general (ferrocarril y autobuses), y cinco veces más energía que el ferrocarril en particular (tren, metro y tranvía) (ADEME, 2009).

Gráfico 1.1: Evolución de la población, del transporte de viajeros y del número de vehículos privados en la UE-27



(1) pkm: pasajero-kilómetro: un pasajero transportado un kilómetro. Medios de transporte considerados: coche privado, moto, autobuses, tren, tranvía, metro, avión (dentro de la UE), mar (dentro de la UE).
FUENTE: EC (2009).

Gráfico 1.2: Consumo de energía por modo y medio de transporte (EU-27)

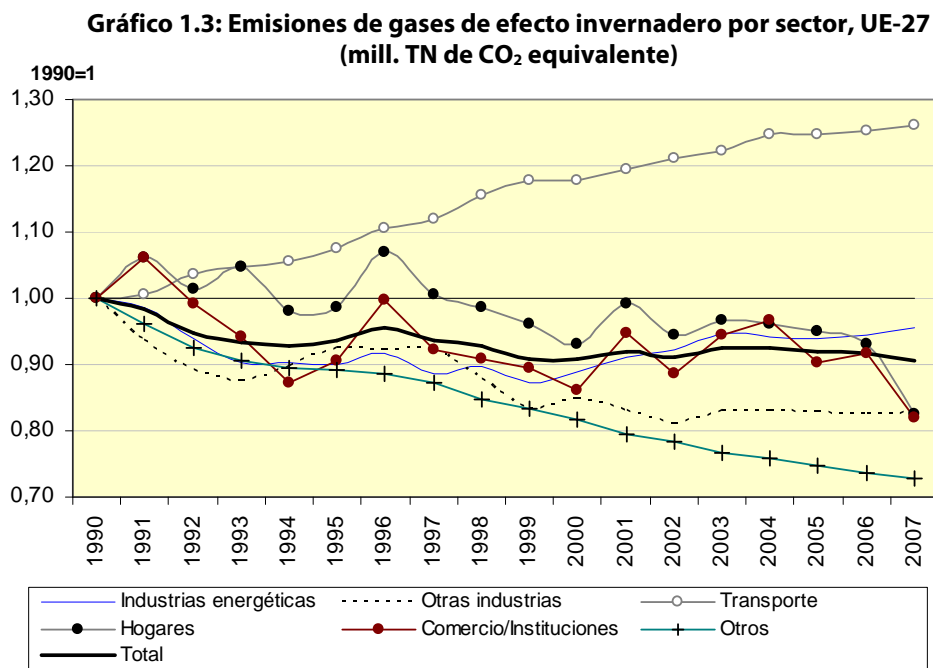


FUENTE: ADEME (2009).

¹⁷ Cuando hablamos de modos de transporte de pasajeros nos referimos al modo acuático, por carretera, ferroviario y aéreo. Los medios de transporte serán la bicicleta, el automóvil, el ferrocarril, el autobús, etc.

Sanz y Esteban (1996) calcularon el consumo energético del transporte en España en Kilogramos Equivalentes de Petróleo (KEP) en valores de 1992. Los resultados muestran que el transporte por carretera consume casi el doble que el ferrocarril y el modo aéreo tiene un consumo energético aproximadamente tres veces superior al ferrocarril. En el análisis por medio de transporte para el traslado de pasajeros, el más eficiente es el autobús (1.46 KEP por cada 100 viajeros-km), seguido del ferrocarril (alrededor de 3.15 KEP por cada 100 viajeros-km). La mayor ineficiencia energética corresponde a los turismos (6.19 KEP por cada 100 viajeros-km).

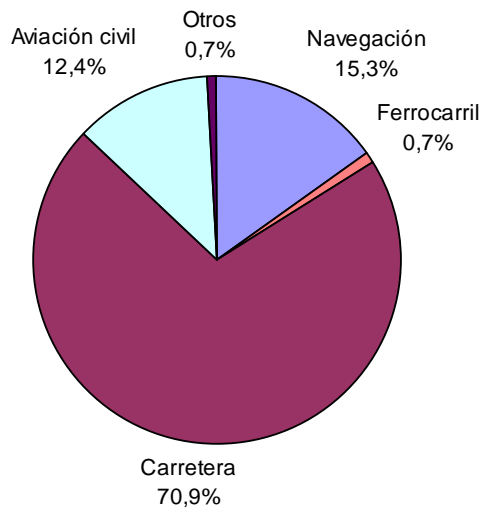
Asimismo, el tráfico es la principal fuente de contaminación atmosférica en las ciudades y es el sector cuyas emisiones crecen más. El gráfico 1.3 muestra la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero de los diferentes sectores en la Unión Europea (UE-27). Como se aprecia en el gráfico, las emisiones del sector transporte son las que reflejan un mayor crecimiento.



FUENTE: EC (2010).

Dentro del sector transporte, el transporte por carretera de bienes y servicios es el principal responsable de este tipo de emisiones (el 70,9% en el 2007), seguido de lejos por el transporte marítimo (15,3%) y la aviación civil (12,4%). El resto de modos de transporte generan en su totalidad menos del 2% de las emisiones de gases de efecto invernadero (ver gráfico 1.4).

Gráfico 1.4: Emisión de gases de efecto invernadero: participación por modo de transporte, EU-27 (2007)



FUENTE: EC (2010).

Paradójicamente, aunque uno de los factores que motivaron el progresivo abandono de la aglomeración urbana fue la congestión en las áreas centrales, la dispersión genera un incremento del tráfico urbano que trae como consecuencia la congestión en el acceso al centro de las ciudades. La congestión, además de aumentar las emisiones nocivas debido al mayor consumo de gasolina que comporta, genera unos costes que en los países de la OCDE suponen entre el 1% y el 3% del PIB en pérdida de horas por culpa de los atascos (EC, 2010).

Es de destacar la creciente importancia que se otorga en la literatura (Camagni *et al.*, 2002a, 2002b; Miralles-Guasch y Cebollada i Frontera, 2003; Cebollada i Frontera y Miralles-Guasch, 2004; Henry, 2007; Gibelli, 2007; Muñiz *et al.* 2007) a los costes sociales asociados a este incremento del tráfico. En cuanto a su efecto sobre la salud de los habitantes de las ciudades, la contaminación urbana se traduce en problemas respiratorios crónicos que afectan al conjunto de los ciudadanos y que suponen unos costes importantes para los sistemas sanitarios públicos. Además, el uso masivo del automóvil se ha relacionado con el aumento de riesgo de enfermedades coronarias y con la obesidad, uno de los problemas sanitarios más graves de la cultura occidental. La creciente motorización provoca también altos niveles de ruido. La Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 2006) calcula que más del 30 % de la población está expuesta a niveles de ruido de tráfico que pueden ser molestos o perjudiciales para la salud.

Este modelo de movilidad ha cambiado también la función de las calles y plazas, que han pasado de ser espacios para la convivencia, el juego y la compraventa a tener como principal objetivo la conexión. Como consecuencia, el espacio consagrado a las aceras es insuficiente, caminar se ha vuelto cada vez más peligroso y obliga al viandante a sortear toda clase de obstáculos: coches aparcados en aceras, señales de tráfico, semáforos, etc. El tráfico creciente da lugar a accidentes, en los que un porcentaje importante de afectados (entre el 11% y el 32%, según los países) son peatones, lo que genera miedo e inseguridad en la población no motorizada (ver tabla 1.2). Esto afecta especialmente a algunos segmentos de la población, como la infantil. Los niños ya no pueden jugar solos en el espacio público y han experimentado una progresiva pérdida de autonomía en los desplazamientos que, en opinión de los especialistas, puede perjudicar su desarrollo mental y psicológico (Miralles-Guasch y Cebollada i Frontera, 2003; EC, 2009).

Tabla 1.2: Accidentes de carretera por tipo de usuario en algunos países europeos

	Año	Total	Conductor (1)	Pasajero	Peatón	Otros	Peatón (%)
Bélgica	2006	1.069	767	139	122	41	11,4%
Dinamarca	2007	406	281	57	68	0	16,7%
Alemania	2006	5.091	3.582	791	711	7	14,0%
Grecia	2007	1.612	1.013	344	255	0	15,8%
España	2006	4.104	2.569	922	613	0	14,9%
Francia	2007	4.620	3.239	820	561	0	12,1%
Italia	2004	5.625	3.739	1.164	710	12	12,6%
Hungría	2007	1.232	687	257	288	0	23,4%
Holanda	2007	709	518	105	86	0	12,1%
Austria	2007	691	474	109	108	0	15,6%
Polonia	2005	5.444	2.472	1.216	1.756	0	32,3%
Portugal	2007	974	605	212	156	1	16,0%
Reino Unido	2007	2.946	1.748	552	646	0	21,9%

(1) Incluye ciclistas.

FUENTE: EC (2009).

Continuando en el ámbito social, conviene destacar el proceso de exclusión de amplios colectivos (ancianos, mujeres, personas de rentas bajas, etc.), que tienen dificultades para acceder a algunos puestos de trabajo y a un número creciente de equipamientos, servicios y áreas comerciales que han surgido en torno a la cultura del automóvil. La falta de disponibilidad de un vehículo privado y el déficit de oferta de

transporte público en partes del territorio urbano, limitan las posibilidades de movilidad y accesibilidad de estos colectivos.

La accesibilidad hace referencia a la facilidad con la que cada persona puede superar la distancia que separa dos lugares y ejercer su derecho como ciudadano a participar en las actividades que ofrece el medio urbano. En este sentido, los datos del Eustat, obtenidos en la última Encuesta sobre Medio Ambiente y Familia (2008), muestran que en la Comunidad Autónoma del País Vasco la elección del medio de transporte utilizado en la movilidad cotidiana varía en función del sexo y de la edad de la persona que realizó el desplazamiento. Tal como se observa en la tabla 1.3, mientras que más de la mitad de los varones utilizaron el transporte privado (52,8%) frente a otras alternativas, en el caso de las mujeres el reparto modal fue más equilibrado (las tres opciones rondaron el 30%). Entre los motivos expresados para optar en menor medida por el transporte privado, se encuentran la menor proporción de mujeres que disponen de vehículo y de permiso de conducir. Miralles-Guasch y Cebollada i Frontera (2003) señalan como motivo adicional el hecho de que las mujeres valoran más la proximidad del domicilio al lugar de trabajo y operan en un mercado laboral territorialmente más pequeño, lo que favorece los desplazamientos en transporte público, en bicicleta o a pie.

Tabla 1.3: Personas de 16 y más años según medio de transporte utilizado, por sexo y edad (%). CAE, 2008.

	Sexo		Edad		
	Varones	Mujeres	16 - 44	45 - 64	>65
Medio de transporte utilizado					
Transporte privado	52,8	30,4	50,9	42,1	19,0
Transporte público	21,9	33,8	28,0	26,9	29,7
A pie o en bici	25,4	35,9	21,2	31,0	51,2
Motivo para utilizar el transporte público					
Comodidad	50	48,9	44,6	54,4	52,0
Parada próxima	30,7	32,6	32,7	30,9	31,2
Seguridad	7,6	6,4	5,7	8,1	7,8
Rapidez	18,0	20,6	22,8	19,1	13,8
Es más barato	16,7	17,6	17,0	18,0	16,8
No dispone de vehículo	21,1	23,7	23,4	16,4	29,9
No dispone de permiso	8,4	13,1	11,8	12,2	9,1

FUENTE: Eustat. Encuesta de Medio Ambiente y Familias (2008).

En cuanto a la edad, los rangos utilizados en la tabla 1.3 no permiten analizar adecuadamente las dificultades de acceso de los más jóvenes al vehículo privado. La

tabla muestra que la mitad de los adultos entre 16 y 44 años recurren al transporte privado, a pesar de que un 23,4% de ellos no dispone de vehículo y el 13,1% no ha obtenido el permiso de conducir (posiblemente los de menor edad). A partir de los 65 años se observa una caída espectacular en el uso del vehículo privado a favor de los desplazamientos a pie o en bicicleta. La práctica desaparición del motivo laboral para la realización de los desplazamientos será el factor fundamental de este cambio, acompañado de un aumento en la proporción de personas que no disponen de coche. En cambio, el porcentaje de personas que utilizan el transporte público no experimenta grandes variaciones entre los diferentes rangos de edad.

Tabla 1.4: Costes por pasajero y medio de transporte (euros). Madrid, 1996.

Costes	Viajes urbanos			Viajes metropolitanos		
	Bus	Metro	Coche	Bus interurbano	Cercanías	Coche
Económicos	0,422	0,687	4,259	1,704	1,315	4,259
Infraestructuras	0,001	0,008	0,073	0,012	0,594	0,073
Tiempo de viaje	2,724	3,219	1,855	3,888	4,715	2,251
Accidentes	0,006	0,023	0,389	0,013	0,059	0,389
Contaminación atmosférica	0,003	0,001	0,388	0,035	0,003	0,388
Ruido	0,003	0,001	0,052	0,034	0,048	0,052
Total	3,160	3,939	7,016	5,687	6,735	7,1412

FUENTE: Basado en Monzón de Cáceres (2006).

Finalmente, aunque toda movilidad motorizada implica una serie de consecuencias no deseadas, algunos estudios demuestran que los impactos del uso del coche son, en comparación, mucho más elevados que los asociados a otros medios de transporte. Por ejemplo, Guerrero y Monzón (2003) calcularon los costes por pasajero y modo de transporte en la Comunidad de Madrid correspondientes al año 1996, incluyendo las externalidades sociales y ambientales¹⁸. La tabla 1.4 muestra que el coste de un viaje en coche en la zona urbana casi duplica al realizado en transporte público. En el caso de viajes metropolitanos, esta diferencia se reduce, aunque sigue siendo superior. En

¹⁸ Guerrero y Monzón (2003) incluyeron los siguientes costes: costes económico (personal, energía, mantenimiento, seguros, amortizaciones), tiempo de viaje (acceso, transbordo, búsqueda de aparcamiento), accidentes (pérdida de capacidad productiva, daños morales, costes para la seguridad social, etc.), contaminación atmosférica, emisión de gases de efecto invernadero (CO₂), ruido (morbilidad) y costes de infraestructuras.

general, la suma de los costes es favorable al transporte colectivo, salvo en el aspecto relacionado con el tiempo de viaje. El estudio concluye que toda política para hacer más competitivo el transporte colectivo debe ir orientada a reducir el diferencial de tiempo de viaje con el coche.

En este contexto, la comunidad científica y la opinión pública comienzan a cuestionar la presencia abusiva y hegemónica del coche y a reivindicar un cambio radical de los sistemas de transporte urbano, apostando por un modelo más equilibrado en términos ecológicos, sociales y económicos.

Las políticas convencionales que se han venido aplicando en los últimos 60 años, empeñadas en adaptar la ciudad al coche, han demostrado sobradamente su fracaso a pesar de los desmesurados costes económicos y ambientales que han supuesto. Las crecientes inversiones en infraestructuras viarias destinadas a facilitar la circulación, no han podido seguir el ritmo del aumento de los desplazamientos. No sólo no han servido para garantizar una mayor y mejor movilidad, sino que han supuesto un estímulo para el crecimiento del parque automovilístico, con el consiguiente aumento de la congestión.

Ya en los años 60, el conocido como *Informe Buchanan* (Buchanan, 1963), encargado por el gobierno británico, puso de manifiesto la dificultad de satisfacer la demanda de transporte en automóvil sin sacrificar la calidad de vida. En la misma línea, en 1990 la Comisión Europea, en el ya mencionado *Libro Verde sobre el Medio Ambiente Urbano* (EC, 1990) criticaba el modelo de movilidad basado en el vehículo privado y planteaba la necesidad de fomentar una *movilidad sostenible*.

Recientemente y en un entorno más cercano se han publicado diversos documentos relacionados con el tema: el *Manual para la redacción de planeamientos urbanísticos con criterios de sostenibilidad* (IHOBE, 2005c), *El Libro Verde de Medio Ambiente Urbano* (MMA, 2007) y *La Estrategia española de movilidad sostenible* (MF, 2009). Esta última define la movilidad sostenible como "...el conjunto de procesos y acciones orientados a desplazar personas y bienes en el territorio para acceder a las actividades y servicios, con un coste económico razonable y que minimiza los efectos negativos sobre el entorno y la calidad de vida de las personas" (p. 45). La movilidad sostenible debe garantizar la accesibilidad de todos los ciudadanos y mercancías en condiciones de seguridad, calidad y eficiencia y hacer frente a los principales problemas que genera actualmente (congestión, derroche energético, excesiva ocupación del suelo, contaminación y elevada siniestralidad) (Gizloga, 2008). Para ello, los estudios mencionados sugieren la necesidad de integrar las políticas de transporte y planificación urbanas. Los esfuerzos en esta dirección deben encaminarse a frenar en lo posible el desarrollo urbano disperso y de baja densidad, y a promover, por el contrario, la mezcla de usos y

actividades. Junto a estos aspectos claves de planificación de los usos del suelo, recomiendan poner en marcha otra serie de medidas que posibiliten un reparto más equitativo del espacio viario, limitando radicalmente el uso del coche en la ciudad y, simultáneamente, potenciando los medios más ecológicos, como el transporte colectivo, el peatonal y la bicicleta.

1.3 Relación entre desarrollo urbano y modelo de movilidad

A lo largo de este capítulo hemos comprobado que la dispersión urbana y el incremento de la movilidad motorizada han sido procesos que han discurrido paralelos en el tiempo, pero ¿están relacionados entre sí? Si es así, ¿existe una relación de causalidad y en qué sentido?

1.3.1 ¿Existe esta relación?

La investigación del fenómeno *sprawl*, término con el que se conoce la dispersión urbana en Estados Unidos, tiene una consolidada tradición en ese país. En Europa, tanto la dispersión urbana como la preocupación por su análisis surgieron de manera más tardía. La gran diversidad de términos utilizados para definir esta nueva realidad urbana (*ville éclatée, mitage urbain, ciudad difusa, ciudad dispersa, ville émergente, ville à la campagne, ciudad infinita*, entre otros) es reflejo de la multiplicidad de enfoques que se pueden encontrar en la literatura especializada europea a la hora de describir e interpretar la creciente dispersión de la ciudad. Camagni *et al.* (2002a) y Gibelli (2007) proponen clasificar la literatura existente sobre el tema del desarrollo urbano y la movilidad en dos enfoques principales, ideológicamente enfrentados entre sí: un primer enfoque “neoliberal” y “justificacionista”, con más arraigo en la literatura norteamericana; un segundo enfoque “neorreformista” e “intervencionista”, mejor representado en Europa, dada la tradición existente en materia de intervención pública en la planificación del territorio. Aunque ambos enfoques coinciden en reconocer la existencia de un nexo entre la tendencia hacia la dispersión urbana y el incremento del tráfico, discrepan a la hora de valorar la magnitud de dicha relación y de proponer soluciones para resolver los problemas generados por la creciente movilidad.

Los estudios elaborados desde la perspectiva neoliberal, con autores como Gordon y Richardson (1997, 2000), analistas urbanos y profesores de la Universidad del Sur de California, consideran sobreestimados los problemas causados por la suburbanización. En lo que se refiere a su impacto sobre la movilidad, afirman que las nuevas tecnologías de información van a acelerar la dispersión de la población y de los trabajos, sin que necesariamente se genere una mayor necesidad de desplazamiento. La revolución tecnológica en el mundo de las telecomunicaciones permitirá que muchas de las tareas cotidianas que hoy llevan aparejados desplazamientos puedan realizarse sin salir de casa, utilizando el ordenador, de forma que la distancia sea irrelevante. El teletrabajo, la aplicación de la telemática en el ámbito del comercio y los servicios (telecompra, teleeducación, telebanco, telediagnóstico, etc.) contribuirán a reducir las necesidades de transporte (Burdalo, 1995; Camagni *et al.*, 2002a). Por lo tanto, estos autores se oponen al control de la expansión urbana a través de la intervención pública y de la planificación como medio para resolver los problemas del tránsito en la ciudad.

No obstante, hay opiniones más escépticas respecto al potencial efecto beneficioso de las telecomunicaciones sobre la movilidad urbana, porque aunque se puedan reducir los viajes por motivos de trabajo, hay que tener en cuenta que son los viajes relacionados con el tiempo libre y con el consumo los que cada vez ocasionan mayores problemas de tráfico.

El enfoque denominado "neorreformista", apoyado en las reflexiones sobre la ciudad sostenible impulsadas por diferentes organismos internacionales (Naciones Unidas, Organización Mundial de la Salud, Comisión Europea sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos y la Unión Europea, entre otros) ha dado lugar, sobre todo en América, al movimiento *New Urbanism* y a sus diferentes corrientes¹⁹, entre ellas, *Smart Growth*, *Transit-Oriented Development* o *Traditional Neighborhood Development*. Este movimiento apoya la necesidad de adoptar políticas de planificación sectorial y espacial para contener la expansión urbana como medio para resolver los problemas originados por la

¹⁹ El movimiento *New Urbanism*, surgido en los años 80, plantea básicamente la necesidad de localizar viviendas, comercios y oficinas en un mismo espacio para mejorar el acceso de los residentes y los empleados y reducir la necesidad del automóvil. Más específicamente, *Transit-oriented development* propone agrupar numerosos edificios comerciales y residenciales cerca de un centro de transporte público para reducir la necesidad de tener y usar el automóvil. *Smart Growth* considera que la concentración de viviendas y empleos dentro de las áreas urbanas existentes tiende a incrementar la eficiencia de los sistemas de transporte público. Por último, *Acces management* sugiere agrupar una serie de comercios en un centro comercial, para mejorar el acceso de los compradores en comparación con situar las mismas tiendas dispersas a lo largo de las carreteras (Litman y Steele, 2009).

suburbanización, entre los que se encuentra la presencia de una creciente movilidad basada en el vehículo privado. Frente a la ciudad difusa, con espacios monofuncionales y paraíso de la movilidad, propone la ciudad compacta y diversa, sustancialmente menos consumidora de energía, de espacio y de tiempo. Sin embargo, esta corriente mantiene cierta incertidumbre sobre cuál es el tamaño y la densidad óptimas, ya que a partir de ciertos niveles de densidad y tamaño podría volver a surgir la congestión y las deseconomías de la aglomeración que fueron algunas de las causas de la actual tendencia hacia la suburbanización. Si se piensa en la vivienda, los servicios, el comercio y la industria desde una perspectiva integrada, diversa y combinada, la necesidad del coche se reducirá sustancialmente. Se trata de aumentar la complejidad de la ciudad, de concentrar en un mismo espacio diferentes elementos de características distintas. De este modo, los distintos elementos están más cercanos, disminuye el tiempo de contactos entre los mismos y se reduce la demanda de tráfico. La cuestión clave está en que los servicios y las funciones de la vida cotidiana sean fácilmente accesibles, sea por su proximidad o, en su defecto, por la existencia de una red de transporte público eficiente que compita con ventaja frente al vehículo privado. Según estos autores, hay que ser móvil sin necesidad de recurrir al coche (CCCB, 1999; Fouchier, 1998; Camagni *et al.*, 2002a; Pouyanne, 2005; Salatino, 2006).

Litman y Steele (2009) señalan que actualmente estas estrategias se han vuelto más flexibles y no necesariamente requieren que todas las comunidades se vuelvan más urbanizadas. En el caso de las áreas urbanas implican la necesidad de redensificar las áreas existentes, favoreciendo la mezcla de usos y mejorando los servicios de transporte público y para los peatones. Para las áreas suburbanas, consisten en crear centros compactos y potenciar un desarrollo orientado al transporte público y a los desplazamientos a pie. Si se trata de nuevos desarrollos urbanos, las decisiones irían orientadas a mejorar la conexión de la red de carreteras y caminos, a construir aceras para los peatones y a crear centros con diversidad de usos. Por último, en las zonas rurales implican la creación de poblados y la mejora de las instalaciones para caminar y del servicio de transporte público.

Ambos enfoques, el neoliberal y el neorreformista, muestran un punto de debilidad según Gibelli (2007): el marcado predominio de los análisis de tipo cualitativo, que corren el riesgo de quedar viciados por prejuicios ideológicos, y la insuficiente profundización de índole cuantitativa. Sin embargo, en los últimos años ha empezado a desarrollarse una línea de investigación en torno a los costes colectivos y públicos de la dispersión urbana, cuyo hilo conductor es el propósito de fijar parámetros objetivos de valoración de los costes de la dispersión urbana, que sirvan de apoyo a las políticas urbanas y territoriales.

1.3.2 ¿Existe una relación de causalidad?

Las investigaciones desarrolladas en las dos últimas décadas proporcionan abundante evidencia que avala la existencia de una estrecha relación entre el crecimiento de las ciudades y el desarrollo de los diferentes medios de transporte, pero advierten que no es fácil diferenciar causa y efecto cuando se habla de las implicaciones del modelo de movilidad sobre el desarrollo urbano o de las implicaciones en la movilidad del modelo urbano actual (véase CICCIP, 2008). Cabe destacar que la mayoría de las reflexiones analizan la relación entre los usos del suelo en el entorno urbano y el transporte, más que la movilidad, entendiendo el transporte como el sistema que tiene como objetivo la satisfacción de la necesidad de desplazamiento de personas o bienes (Díaz y Ureña, 2007).

En la exposición que realizo a continuación, se puede observar cómo han ido evolucionando los planteamientos en torno a este tema hasta llegar a una concepción en la que se abandona la relación causa-efecto y se incorpora el concepto de congruencia, haciendo referencia a un proceso de adaptación recíproca entre las dinámicas del sector transporte y las dinámicas territoriales (Offner, 1993).

LA FORMA DE LA CIUDAD COMO CONSECUENCIA DEL MODELO DE MOVILIDAD

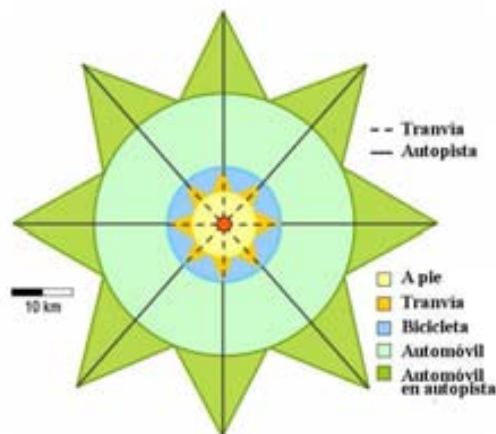
Los primeros análisis realizados sobre la relación causa-efecto entre desarrollo de la ciudad y transporte, consideraron que el crecimiento de la ciudad ha sido consecuencia directa del desarrollo de medios de transporte eficientes. Diversos autores, entre los que se encuentran Miralles-Guasch (2002), Pouyenne (2005) y Rodrigue *et al.* (2009), destacan el hecho de que los procesos de urbanización basados en diferentes medios de transporte han dado lugar a diferentes tramas urbanas. Esto es debido a que, a pesar de que los diferentes medios de transporte están asociados a distintas velocidades y que los sistemas de transporte y los patrones de movilidad hayan variado a lo largo del tiempo, la duración de los desplazamientos cotidianos ha tendido a mantenerse constante. En general, cada *commuter* consume alrededor de 1,2 horas al día en sus desplazamientos, sea cual sea el medio de transporte utilizado.

En la figura 1.2, Rodrigue *et al.* (2009) ilustran esta relación entre forma espacial y medio de locomoción utilizado. Teniendo en cuenta la capacidad de desplazamiento de una persona en una hora ²⁰, un peatón caminando a 5 km/h. podría atravesar

²⁰ Entre los 4 km/h. indicados por Miralles-Guasch (2002) y los 5 km/h. según Rodrigue *et al.* (2009).

alrededor de 5 km, lo que define un círculo con un diámetro de 10 km. representado en color amarillo. Esta es la explicación de la compacidad de las primeras ciudades, cuya movilidad se basaba en los desplazamientos a pie. Un tranvía como los que operaban en la primera mitad del siglo XX podría desplazarse a 15 km/h. a lo largo de líneas fijas. Esta relación espacio/tiempo se puede representar mediante una estrella, para reflejar el tiempo dedicado a caminar hasta el tranvía, que hay que deducir del tiempo de viaje total (líneas discontinuas y desarrollo en forma de estrella de color naranja). El espacio recorrible en bicicleta, con una velocidad parecida al tranvía pero sin las limitaciones que imponen las vías, se puede dibujar con un círculo de 15 km. de diámetro, representado en azul. El automóvil, en carreteras normales, puede desplazarse a 30 km/h. (teniendo en cuenta las paradas, la congestión y el aparcamiento), lo que genera una relación espacio/tiempo esférica de un diámetro aproximado de 30 km, dibujada en círculo verde claro²¹. Si nos referimos a la circulación en autopistas, una infraestructura fija, la velocidad se duplica y genera un ratio espacio/tiempo en forma de estrella²², representado en verde. Según este esquema, la inclinación por uno u otro tipo de transporte condiciona la forma de la ciudad.

Figura 1.2: Desplazamiento de una hora según medio de transporte



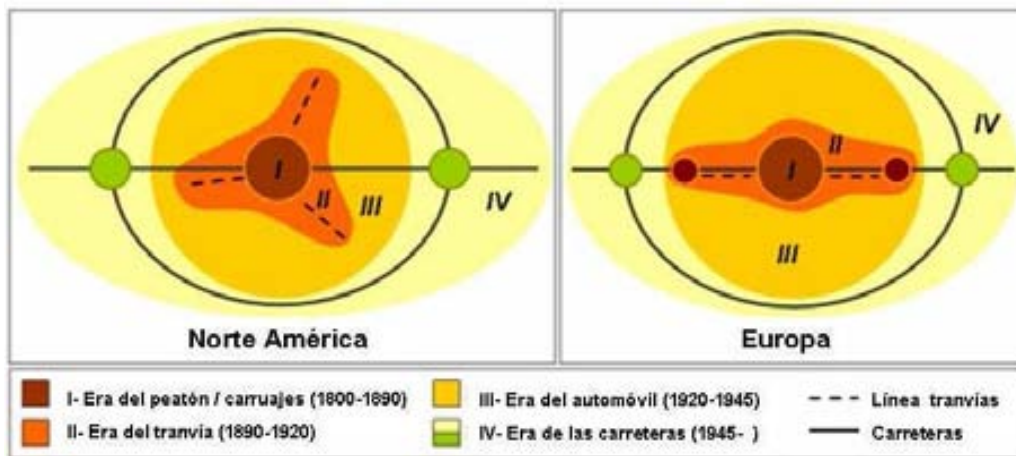
FUENTE: Rodrigue *et al.* (2009).

²¹ Aunque Rodrigue *et al.* (2009) representan la relación espacio/tiempo recorrida en bicicleta y en vehículo por carreteras normales a través de círculos de 15km. y 30 km. de diámetro respectivamente, siguiendo el razonamiento utilizado con los desplazamientos a pie y observando la figura 1.2, consideramos que éstos deberían de ser de 30km. para la bicicleta y 60km. para los vehículos.

²² En el caso de una carretera convencional, el viajero puede salirse de ella en muchos puntos a lo largo de su recorrido, mientras que en las autopistas únicamente puede hacerlo en las salidas previstas. En consecuencia, estas últimas favorecen el desarrollo urbano en forma de estrella, tal como ocurre con el ferrocarril.

En consecuencia, Rodrigue *et al.* (2009) concluyen que la inclinación por uno u otro medio se ha traducido en una evolución diferente de las ciudades europeas y norteamericanas, sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XX. Mientras las primeras se han inclinado hacia el transporte público, las segundas han dependido del automóvil y esta tendencia ha tenido un impacto directo en la forma urbana.

Figura 1.3: Evolución del transporte y de la forma urbana en las ciudades norteamericanas y europeas



FUENTE: Rodrigue *et al.* (2009).

La figura 1.3 muestra las fases del desarrollo de las ciudades marcadas por la evolución de los diferentes medios de transporte, evidenciando el impacto de los sistemas de transporte en la morfología de las ciudades:

- 1 En la era del peatón y de los carruajes (1800-1890) las distancias recorridas no excedían los 45 minutos de duración (entre 4 y 6 km), las densidades urbanas eran muy elevadas y las actividades económicas se concentraban en el centro de la ciudad.
- 2 En la era de los tranvías (1890-1920) se desarrollaron los primeros medios de transporte de masas y aumentó la velocidad de los desplazamientos. Todo ello permitió el crecimiento de las ciudades a lo largo de las líneas del tranvía y el centro comenzó a especializarse en actividades comerciales y de servicios. En Europa, los trazados de las líneas del tranvía se extendieron hacia poblaciones cercanas, que se fueron integrando en esta ciudad creciente, permitiendo el desarrollo de actividades urbanas más allá de los límites de la ciudad.
- 3 En la era del automóvil (1920-1945), el transporte motorizado, principalmente autobuses y coches, permitió el crecimiento radial de las ciudades. Es la fase en la

que comienza a diferenciarse el desarrollo urbano de las ciudades norteamericanas y europeas. En Estados Unidos, empresas interesadas en facilitar la difusión del transporte por carretera se encargaron de comprar y dismantelar compañías de tranvía, tal como ocurrió en 1938 con General Motors y Standard Oil, que adquirieron y dismantelaron la compañía Pacific Electric Railway de Los Angeles, sustituyéndola por una flota de autobuses. En consecuencia, la influencia de los tranvías fue desapareciendo en el desarrollo urbano de Norte América, mientras que continuó en muchas ciudades europeas.

- 4 La era de las carreteras (1945-2000) vino caracterizada por la generalización del uso del automóvil y de la movilidad individual una vez finalizada la Segunda Guerra Mundial. Las carreteras favorecieron la extensión de los suburbios, especialmente en Norte América y en menor medida en Europa. Las ciudades europeas conservaron densidades más elevadas y crecieron a lo largo de los ejes viarios existentes. Las mejoras en las infraestructuras de transporte favorecieron notablemente la accesibilidad y la descentralización residencial y del empleo. La construcción de carreteras de circunvalación alrededor de las áreas metropolitanas favoreció la concentración de actividades comerciales, de distribución y manufactureras en sub-centros con alta accesibilidad, creados para servir a las áreas suburbanas.
- 5 En la era de las telecomunicaciones iniciada en el siglo XXI, Rodrigue *et al.*, (2009) esperan un declive de la movilidad individual y la concentración de actividades a lo largo de los corredores de transporte, sobre todo en Norte América. Este proceso estará relacionado con elevados precios de la movilidad privada e intentos de sustitución del transporte por las comunicaciones, especialmente en algunos sectores de actividad, como el terciario y cuaternario. La futura forma urbana podría caracterizarse por la presencia de altas densidades concentradas alrededor de clusters.

EL PATRÓN DE MOVILIDAD COMO CONSECUENCIA DEL MODELO DE PLANIFICACIÓN URBANÍSTICA

Podríamos invertir la relación causa-efecto y plantear que la forma de la ciudad y la localización de las actividades en el territorio son las que determinan los modelos de tránsito urbano. Es lo que sugiere, por ejemplo, el Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de Madrid cuando afirma que *"... la movilidad es una de las consecuencias del urbanismo (efecto causal)"* (CICCP, 2008, p.22). Miralles-Guasch y

Cebollada i Frontera (2003) también consideran que, aunque el modelo de movilidad actual tiene su origen en un conjunto de factores²³, la planificación urbanística y la organización de la ciudad influyen directamente en las características de la movilidad y en las políticas de transporte. *“Los usos de los distintos medios de transporte mecánicos, la proporción de peatones que conservan las ciudades o la reintroducción de la bicicleta son elementos que derivan directamente de la planificación de la ciudad, ya que algunas políticas urbanas apuestan por una ciudad donde se priorizan los medios de transporte públicos, en otras se intenta modelar un equilibrio entre los transporte motorizados y los no motorizados, y en otras se apuesta por el transporte privado con la construcción de grandes infraestructuras viarias”* (Miralles-Guasch y Cebollada i Frontera, 2003, pp.18-19).

Asimismo, estos autores identifican cuatro características urbanas que determinan la eficacia del transporte:

- 1 Las densidades urbanas que, cuanto más bajas sean, reducen la posibilidad de oferta de transporte colectivo y justifican el uso del vehículo privado.
- 2 La multifuncionalidad, que reduce las distancias y favorece el uso de los medios de transporte no motorizados.
- 3 El diseño urbano, que puede facilitar los desplazamientos en medios no motorizados mediante itinerarios peatonales y desincentivar el uso del vehículo privado.
- 4 La oferta de transporte público de uso colectivo, que suele ser desigual en el interior de un sistema urbano, con grandes diferencias de cobertura territorial, horaria y de frecuencia.

En las últimas décadas, la evolución de estas cuatro características urbanas ha ido en detrimento de la eficiencia del transporte colectivo. El incremento de las distancias entre el lugar de residencia y el trabajo, los servicios, el ocio, etc. ha convertido el desplazamiento de las personas en una actividad de carácter obligado y la velocidad del peatón ha dejado de ser apta para cubrir estas necesidades de desplazamiento. A esto hay que añadir que un patrón difuso de desarrollo urbano no puede ser cubierto adecuadamente por el transporte público, ya que la densidad de la demanda es baja, la dispersión de la demanda sobre el territorio es alta y la dispersión de los destinos es también creciente debido a la tendencia a la suburbanización de los trabajos (Camagni

²³ Kaufmann *et al.* (2003) identifica los siguientes: el nivel de renta, los cambios demográficos (mayor peso de los grupos de edad con capacidad potencial para conducir), nuevos estilos de vida, el deseo de organizar libremente el uso del tiempo, entre otros.

et al., 2002a). La elevada inversión que requiere una red de transporte público (sobre todo el ferrocarril y el metro) hace necesario un número suficiente de usuarios para rentabilizar los costes fijos, difícil de alcanzar en un entorno suburbano. Además, un nivel de dispersión elevado implica que el tiempo utilizado en el desplazamiento a pie entre la vivienda y la estación sea lo suficientemente importante como para desincentivar el uso del transporte público (Muñiz *et al.*, 2007). Producto de todo ello ha sido el despliegue sin precedentes del tráfico automovilístico privado a costa del paulatino declive tanto del transporte público como de otros medios de movilidad alternativa, fundamentalmente los desplazamientos a pie y en bicicleta. En muchas ciudades europeas el coche representa el 80% del transporte motorizado (Burdalo, 1995).

INTERACCIÓN ENTRE MODELO URBANO Y PATRÓN DE MOVILIDAD

Aunque en un inicio las opiniones se inclinaron hacia una u otra dirección de la relación causa-efecto, pronto se planteó la existencia de una relación bidireccional entre la estructura espacial de las actividades y los sistemas de transporte, siendo ambas causa y efecto al mismo tiempo. Así, Alan Altshuler (1999), profesor de la Universidad de Harvard, afirmaba que en un período breve de tiempo los modelos de tránsito eran indiscutiblemente consecuencia de la distribución geográfica de las actividades, mientras que ampliando el período de análisis, el transporte se convierte en un factor que influye en la forma urbana.

Otros teóricos como Offner (1993), cuestionaron la existencia de una causalidad lineal entre el desarrollo de una nueva oferta de transporte y de las transformaciones espaciales, sociales o económicas. Según este autor, analizar la relación únicamente desde el punto de vista de los sistemas de transporte induce a considerar solamente los impactos de las infraestructuras sobre el territorio y no al revés, la influencia que el territorio (organización económica, social y política) puede tener sobre las infraestructuras. Además, el territorio se concibe simplemente como un soporte, lo que limita la posibilidad de entender las interacciones que se establecen entre las intervenciones infraestructurales y el territorio. De hecho, los efectos de las intervenciones infraestructurales no son los mismos en todos los ámbitos territoriales. En consecuencia, Offner abandona la relación causa-efecto e incorpora el concepto de congruencia, haciendo referencia a un proceso de adaptación recíproca, de coherencia, entre las dinámicas del sector transporte y las dinámicas territoriales. Esta nueva apuesta metodológica impone que la relación transporte-territorio debe insertarse en las dimensiones espaciales y temporales, porque son relaciones que se configuran en el tiempo y en el espacio (Miralles-Guasch, 2002).

Figura 1.4: Interacción transporte - uso del suelo



FUENTE: Lautso (2004).

Desde una perspectiva similar, Lautso (2004) propone la teoría de la “interacción transporte y uso del suelo” (*Land-use transport feedback cycle*) representada en la figura 1.4, según la cuál:

- La distribución de los *usos del suelo* (uso residencial, industrial o comercial) sobre el área urbana determina la localización de las diferentes *actividades* humanas (residencia, trabajo, compras, educación u ocio).
- La distribución de las *actividades* humanas en el espacio requiere un *sistema de transporte* para superar las distancias entre las diferentes actividades.
- La distribución de las infraestructuras del *sistema de transporte* crea oportunidades para la interacción espacial y puede ser medida a través de la *accesibilidad*.
- La distribución de la *accesibilidad* en el espacio determina en alguna medida las decisiones de localización y, de este modo, provoca cambios en el sistema de *usos del suelo*.

En la misma dirección, Litman y Steele (2009) afirman que el uso del suelo y el transporte son dos caras de la misma moneda. Las decisiones que afectan a uno también afectan al otro. Como resultado, es importante coordinar las decisiones sobre la planificación del transporte y del uso del suelo ya que son complementarias.

1.4 Principales resultados empíricos

Además de la discusión teórica sobre la naturaleza de la relación entre forma urbana y modelo de movilidad, la creciente conciencia de que las tendencias actuales en las pautas de movilidad urbana son insostenibles ha llevado a que en los últimos años haya aparecido un número elevado de estudios empíricos sobre este tema. Algunos de estos trabajos han centrado su atención en el análisis de los efectos del uso del suelo sobre la movilidad urbana; otros en estudiar los impactos de los sistemas de transporte en los usos del suelo urbano; y una última línea de investigación se ha basado en la utilización de modelos integrados para analizar la relación en ambas direcciones.

En este apartado se van a presentar los principales resultados obtenidos en este campo, si bien, dado el objetivo de esta investigación, nos vamos a centrar en aquellos estudios que analizan el efecto de diferentes factores de uso del suelo sobre la movilidad.

1.4.1 Revisión bibliográfica

En general, los estudios realizados hasta el momento sobre la relación entre desarrollo urbano y movilidad son en cierta forma parciales, en el sentido de que examinan una o varias hipótesis acerca de los efectos esperados de algún factor de uso del suelo sobre la movilidad. Por otro lado, estos estudios trabajan con diferentes conceptos de movilidad que, a su vez, se miden a través de distintos indicadores, tal como se muestra en la tabla 1.5²⁴.

En primer lugar nos encontramos con los trabajos que miden la movilidad en función de la distancia recorrida, horas viajadas, número de vehículos o desplazamientos por hogar.

Otros han analizado el reparto modal, medido por el porcentaje de viajes realizados en cada medio de transporte (vehículo privado, transporte público, en bicicleta o a pie) sobre el total de desplazamientos (Cervero, 1991, 1994, 1995; Frank y Pivo, 1995; Camagni *et al.* 2002a, 2002b; TRCP, 2002; Trivisi *et al.*, 2006).

²⁴ La tabla 1.5 se ha diseñado en base a la bibliografía revisada por la autora y se ha completado con referencias bibliográficas recopiladas en los trabajos de Ewing *et al.* (2007) y Brownstone (2008).

Por último, algunas investigaciones se han centrado en analizar el impacto de la movilidad en los costes privados derivados del transporte (TCRP, 2002) o en el medio ambiente. Estos últimos han medido el impacto ambiental de la movilidad a través de diferentes indicadores, tales como las emisiones contaminantes generadas por el transporte privado (Newman y Kenworthy, 1989; Fouchier, 1998), el consumo de energía de este tipo de transporte (Newman y Kenworthy, 1989, 2006; Kenworthy y Laube, 2001), o algunos indicadores sintéticos como el Índice de impacto de la movilidad (Camagni *et al.*, 2002a, 2002b; Trivisi *et al.*, 2006) o la huella ecológica (Muñiz y Galindo, 2005).

En lo que se refiere a las características del desarrollo urbano que explican el comportamiento de la movilidad, la literatura especializada evidencia la falta de consenso a la hora de determinar cuáles son las dimensiones de la dispersión urbana que tienen un mayor impacto potencial. La densidad, en sus diferentes versiones (habitantes por área, empleos por área, viviendas por área, etc.), ha sido la variable más utilizada desde el principio. En las primeras investigaciones (Newman y Kenworthy, 1989; Holtzclaw, 1994; Frank y Pivo, 1995; Cervero, 1996; Cervero y Kockelman, 1997, etc.), existe cierto acuerdo en considerar la presencia de una fuerte correlación entre la *densidad* y variables como la distancia recorrida en vehículo privado.

Pouyanne (2005) señala que el surgimiento posterior de una forma urbana policéntrica, con desplazamientos de periferia a periferia que sustituyen en parte los desplazamientos radiales tradicionales de las ciudades monocéntricas, ha cuestionado esta relación entre densidad y movilidad. En este contexto, los estudios comienzan a investigar otros factores de uso del suelo que puedan influir en el comportamiento de los desplazamientos.

Así, a partir de la década de 1990 los resultados de algunos trabajos (Frank y Pivo, 1995; Cervero, 1996; Cervero y Kockelman, 1997; Kockelman, 1997, etc.) comenzaron a demostrar que la *diversidad de usos del suelo*, entendida como el balance entre los diferentes usos en un área determinada, podía ser una herramienta útil para controlar los desplazamientos. A partir de estos resultados, al modelo de ciudad compacta como solución a los problemas de movilidad se le exigió, además, que fuera funcionalmente diversa: “...no hay que confundir compacidad y densidad. La ciudad compacta es un modelo de ciudad en el que la densidad sólo es un indicador” (Pouyanne, 2004a, p. 52).

Tabla 1.5: Indicadores de movilidad utilizados en los estudios empíricos

MOVILIDAD	VARIABLE	ESTUDIO
Distancia recorrida en vehículo privado	Millas recorridas en vehículo privado.	Newman y Kenworthy (1989, 1999, 2006); Parsons <i>et al.</i> (1996a, 1996b); Holtzclaw (1991, 1994); Ewing (1995); Cervero y Kockelman (1997); Kockelman (1997); Fouchier (1998); Holtzclaw <i>et al.</i> (2002); TCRP (2002); Ewing <i>et al.</i> (2002, 2007); Frank <i>et al.</i> (2005); Bento <i>et al.</i> (2005); Pouyanne (2005); Chen <i>et al.</i> (2008); Brownston (2008); Brownston <i>et al.</i> (2009); Rodrigue <i>et al.</i> (2009).
	Millas recorridas en vehículo privado por hogar (promedio).	
	Millas (Km) recorridas en vehículo privado por persona.	
	Km recorridos en vehículo privado por persona y día.	
Horas recorridas en vehículo privado.		Parsons <i>et al.</i> (1996a, 1996b); Frank <i>et al.</i> (2005); García Palomares (2008).
Nº de vehículos hogar		Holtzclaw (1994); Fouchier (1998).
Desplazamientos en vehículo privado	Nº de viajes en vehículo privado.	Parsons <i>et al.</i> (1996a, 1996b); Ewing <i>et al.</i> (1996, 2002); Frank <i>et al.</i> (2005).
	Nº de viajes en vehículo privado por hogar.	Ewing <i>et al.</i> (1996).
Desplazamientos en un medio de transporte entre el total de desplazamientos.	Participación modal	Cervero (1991, 1994, 1995); Frank y Pivo (1995); Camagni <i>et al.</i> (2002a, 2002b); TCRP (2002); Traversi <i>et al.</i> (2006); García Palomares (2008); Litman y Steele (2009).
Impacto de la movilidad	Costes diarios del transporte: costes directos, valor del tiempo de viaje, costes gubernamentales, sociales y ambientales.	TCRP (2002); Burchell <i>et al.</i> (2005).
	Emissiones CO ₂ ,...	Newman y Kenworthy (1989); Fouchier (1998).
	Consumo de combustible per capita	Newman y Kenworthy (1989).
	Consumo de energía per capita	Newman y Kenworthy (1989, 2006); Kenworthy y Laube (2001).
	Intensidad del impacto de la movilidad	Camagni <i>et al.</i> (2002a, 2002b); Traversi <i>et al.</i> (2006).
	Huella ecológica	Muñiz <i>et al.</i> (2007).

FUENTE: Elaboración propia, a partir de Ewing *et al.* (2007) y Brownstone (2008).

Sin embargo, una ciudad puede ser densa y diversa y no ser adecuada para los desplazamientos a pie o en transporte colectivo. Tal es el caso de una ciudad compuesta por núcleos aislados, una red de carreteras mal conectada y no adaptada al transporte público por la excesiva distancia entre los edificios y las carreteras. En base a esta idea, Cervero y Kockelman (1997) definen las conocidas 3D, *Densidad, Diversidad y Diseño*, como los factores de uso del suelo con mayor impacto sobre el modelo de movilidad. Salatino (2006) asocia la densidad a la cantidad (número de habitantes, número de empleos, etc.), la diversidad a la localización espacial de las funciones urbanas (dónde se desarrollan las diferentes funciones) y el diseño urbano a cómo están conectadas las diferentes partes de la ciudad.

En la literatura actual (Ewing *et al.*, 2007; TRB, 2009, entre otros) la lista de factores de uso de suelo que afectan a la movilidad se ha ampliado a cinco, las 5D, añadiendo a los tres anteriores aspectos relacionados con la *accesibilidad de los destinos* y al *transporte público*. Según Ewing *et al.* (2007), las investigaciones realizadas en las dos últimas décadas han aportado abundante evidencia empírica que demuestra la existencia de un efecto significativo de las 5D sobre las características de la movilidad, principalmente a través de su efecto sobre la distancia recorrida y el medio de transporte elegido.

Por último, hay una serie de estudios que reconocen la importancia de otro tipo de factores en la explicación del comportamiento de los desplazamientos. Frank y Pivo (1995) proponen por primera vez un marco conceptual en el que se incluyen los factores no relacionados con la forma urbana como elementos explicativos del comportamiento de los desplazamientos. En esta misma línea, Polzin (2004) presenta un modelo conceptual en el que agrupa estos elementos en tres áreas principales: factores socio-económicos, factores de uso del suelo y factores relacionados con los sistemas de transporte. Según este autor, estas áreas interactúan entre sí e influyen en el comportamiento de los viajes de diferentes maneras.

Centrando la atención en la influencia de los factores relacionados exclusivamente con los usos del suelo, la tabla 1.6 resume los resultados de algunas investigaciones, siguiendo el criterio utilizado por M. Wegener y F. Fürst (1999) en su análisis del estado del arte elaborado dentro del programa TRANSLAD financiado por la Comisión Europea. La tabla se ha completado con referencias recopiladas en sendas revisiones bibliográficas realizadas con posterioridad por Handy (2006), Ewing *et al.* (2007), Brownstone (2008), TRB (2009) o Litman y Steele (2009) y por la autora de esta investigación.

Tabla 1.6: Factores de uso del suelo y su impacto en la movilidad

FACTOR DE USO DEL SUELO	ESTUDIOS EMPIRICOS	CONCLUSIONES
Densidad residencial	Marwick y Mitchell (1975); Pushkarev y Zupan (1977); Smith (1984); Newman y Kenworthy (1989); Breheny (1992, 1995); Holtzclaw (1994); Holz-Rau y Kutter (1995); Frank y Pivo (1995); Cervero (1996); Dunphy y Fisher (1996); Messenger y Ewing (1996); Schimek (1996); Bahrenberg (1997); Cervero y Kockelman (1997); Holz-Rau (1997); Kagermeier (1997); Kitamura <i>et al.</i> (1997); Loutzenheiser (1997); Miller e Ibrahim (1998); Camagni <i>et al.</i> (2002a, 2002b); Holtzclaw <i>et al.</i> (2002); Muñiz y Galindo (2005); Pouyanne (2005); Frank <i>et al.</i> (2005); Trivisi <i>et al.</i> (2006); García Palomares (2008); Rodrigue <i>et al.</i> (2009); Litman y Steele (2009).	Numerosos estudios apoyan la hipótesis de que mayores densidades, combinadas con una mayor mezcla de usos, llevan a reducir las distancias recorridas. Sin embargo, el impacto es más débil si se tienen en cuenta las diferencias en los costes de viaje. Asimismo, se ha confirmado ampliamente la hipótesis de que la densidad residencial está positivamente correlacionada con el uso del transporte público y negativamente con la utilización del vehículo privado.
Densidad de empleos	Fishman (1987); Cervero (1989a); Frank y Pivo (1995); Ewing (1995); Holz-Rau y Kutter (1995); Schimek (1996); Banister <i>et al.</i> (1997); Miller e Ibrahim (1998); Camagni <i>et al.</i> (2002a, 2002b); Pouyanne (2005); Newman y Kenworthy (2006); Trivisi <i>et al.</i> (2006); Litman y Steele (2009).	Diversos estudios han confirmado que el balance entre trabajadores y empleos acorta las distancias recorridas, aunque este no ha sido un resultado general. Por otro lado, densidades de empleo elevadas están relacionadas con un mayor uso del transporte público.
Mezcla funcional	Frank y Pivo (1995); Cervero (1989a, 1996); Cervero y Kockelman (1997); Kockelman (1997); Ewing <i>et al.</i> (2002); Camagni <i>et al.</i> (2002a, 2002b); Pouyanne (2005); Muñiz y Galindo (2005); Muñiz <i>et al.</i> (2007); Trivisi <i>et al.</i> (2006).	La presencia de áreas monofuncionales (centros de trabajo y barrios dormitorio) está claramente relacionada con desplazamientos más largos.
Diseño de la ciudad	Fehrs y Peers (1992); Friedman <i>et al.</i> (1994); Handy (1995, 1996); Holz-Rau y Kutter (1995); Cervero (1996); Cervero y Kockelman (1997); Kockelman (1997); McNally y Kulkarni (1997); Winter y Farthing (1997); Camagni <i>et al.</i> (2002a, 2002b).	Los barrios “tradicionales” muestran desplazamientos más cortos que los suburbios diseñados para el uso del vehículo (<i>car-oriented suburbs</i>). Además, los barrios tradicionales presentan una mayor participación de los desplazamientos en transporte público, bicicleta o a pie. Sin embargo, los factores de diseño pierden importancia si se tienen en cuenta las características socio-económicas de la población.
Localización de la residencia en relación a diferentes equipamientos	Cervero (1994); Frank y Pivo (1995); Ewing (1995); Naess <i>et al.</i> (1995); Spence y Frost (1995); Kitamura <i>et al.</i> (1997); Ewing <i>et al.</i> (2002).	La distancia respecto a los principales centros de trabajo es un determinante importante de la distancia recorrida. La distancia hasta la parada de transporte público más cercana influye fuertemente en el uso del transporte público.

FUENTE: Elaboración propia, a partir de Wegener y Fürst (1999); Ewing *et al.* (2007); Handy (2006); Brownstone (2008); TRB (2009) y Litman y Steele (2009).

Las principales conclusiones generales que se obtienen de estos estudios son las siguientes:

- La mayoría de los análisis muestran que el uso del transporte público varía, en primer lugar, con las densidades y, en segundo lugar, con el grado de mezcla funcional. En cambio, los desplazamientos a pie dependen en mayor grado de la mezcla funcional y en menor grado de la densidad. Un tema que aún no se ha resuelto es si la relación entre la densidad y el comportamiento de la movilidad depende de la densidad en sí misma o de otras variables que están relacionadas con ella, tales como la oferta de un servicio de transporte público adecuado, la oferta limitada de aparcamientos, etc.
- La relación entre la tercera D, el diseño, y el comportamiento de la movilidad es más ambigua. Cualquier efecto puede ser una consecuencia de múltiples características de diseño en su conjunto. Por este motivo se han utilizado medidas compuestas como el "factor de entorno peatonal" (*pedestrian environment factor*), el "índice del transporte público" (*transit serviceability index*) o el "factor de diseño urbano" (*urban design factor*), cuyo cálculo involucra diferentes variables relacionadas con el diseño, tales como la facilidad para cruzar las calles, la continuidad de las aceras, el grado de conectividad del entramado de calles, la topografía, o la densidad de intersecciones (Ewing *et al.*, 2007). En este sentido, algunos estudios realizados en Estados Unidos confirmaron que un diseño adecuado contribuye a acortar las distancias recorridas y los barrios "tradicionales" muestran una mayor participación de medios de transporte distintos al vehículo privado que los nuevos suburbios (Lautso, 2004).
- Los resultados empíricos indican que, en general, la accesibilidad del destino (medida en términos de la distancia entre la ubicación de las viviendas y los centros de empleo) es un determinante importante de la distancia promedio recorrida. Finalmente, la facilidad de acceso a las paradas de transporte público desde una localización determinada mostró una correlación positiva con la participación modal del transporte público (Wegener y Fürst, 1999; Lautso, 2004).

Por último, encontramos algunos trabajos que, en lugar de analizar cada factor de uso del suelo por separado, han medido el grado de dispersión urbana a través de índices multidimensionales sintéticos obtenidos mediante técnicas estadísticas. Este es el caso del Índice Compuesto propuesto por Galster *et al.* (2001), calculado a partir de 6 dimensiones del uso del suelo: densidad, concentración, agrupamiento, centralidad, nuclearidad y proximidad. En la misma línea, Ewing *et al.* (2002) crearon un Índice Total de Dispersión (*Overall Sprawl Index*) para las 83 áreas metropolitanas de Estados Unidos, basado en 22 variables reagrupadas en 4 factores: densidad residencial, mezcla funcional, centralidad y accesibilidad a la red de carreteras. Posteriormente,

Ewing *et al.* (2006) elaboraron un índice de dispersión urbana más sencillo, a una escala geográfica inferior, el condado, como combinación lineal de 6 variables: densidad bruta de población; porcentaje de población que vive en las zonas suburbanas de baja densidad; porcentaje de población que habita en las zonas de densidad moderada o alta; densidad neta de las áreas urbanas; tamaño promedio de las manzanas de edificios; porcentaje de manzanas de tamaño inferior a 1/100 milla cuadrada.

1.4.2 Planteamiento de la investigación

En este contexto, la presente investigación se sitúa dentro de la línea que estudia la influencia de los factores de uso del suelo en el patrón de movilidad, teniendo en cuenta también otro tipo de factores, como los socioeconómicos y los relacionados con el acceso al transporte público. Se ha elegido como área de estudio la provincia de Bizkaia, que vivió en la década de los noventa un desarrollo urbano con ciertas características de un proceso de contraurbanización, acompañado por un incremento de la movilidad en transporte motorizado. La presencia simultánea de ambos fenómenos permite comprobar una vez más si existe o no relación entre ellos, aportando evidencia empírica en uno u otro sentido.

El repaso bibliográfico del apartado anterior nos saca a la luz ciertos aspectos de interés que hay que tener en cuenta tanto al abordar una nueva investigación como a la hora de comparar los resultados de diferentes estudios.

Así, la escala elegida en el análisis es relevante, dado que los factores de uso del suelo que pueden afectar a la movilidad dentro de un barrio pueden ser diferentes a los que influyen en el comportamiento de los desplazamientos a nivel de una región. En el primer caso, puede ser más importante el diseño del barrio (facilidades para caminar, seguridad, etc.) y el número de destinos cercanos (empleos, comercios, escuelas, etc.), mientras que en el segundo será determinante la distancia entre la ubicación de las residencias y los centros de trabajo o comerciales. Igualmente, la magnitud de los cambios en el comportamiento de la movilidad debidos a variaciones en los factores de uso del suelo depende también de la escala elegida. La mejora de la accesibilidad y del balance empleos-residentes en una región podría tener como resultado reducciones más importantes en la distancia recorrida que a nivel de un barrio.

Por otra parte, cuanto más agregados sean los datos utilizados, más ocultas quedarán las diferencias en el interior de la unidad territorial elegida. Si trabajamos con datos definidos a nivel de áreas metropolitanas, éstos ocultarán las diferencias de densidad dentro del área o diferencias en el comportamiento de los desplazamientos de las subpoblaciones, que variarán en función de sus características socioeconómicas.

Como ejemplo, se puede suponer que algunas ciudades centrales, con altas densidades, pueden tener una proporción mayor de residentes de bajos ingresos, con menor capacidad de disponer y utilizar un automóvil. Sin embargo, en las áreas suburbanas puede residir una mayor proporción de familias de mayores ingresos, con más posibilidades de disponer de un vehículo privado. Para reducir al mínimo o eliminar los problemas de agregación, muchos estudios utilizan datos desagregados a nivel intraurbano. En vez de analizar diferentes ciudades, estudian el comportamiento de la movilidad en diversas zonas en el interior de una misma ciudad. En nuestro caso, no obstante, debido a las características de los datos y a la necesidad de utilizar mapas estadísticos disponibles únicamente a escala municipal, el estudio se realizará con datos desagregados a nivel de municipio.

Otro aspecto importante es el de la comparabilidad de los resultados de diferentes investigaciones. En este tema, es importante tener en cuenta cuál ha sido la opción elegida por el investigador en la medición de las variables, ya que podrían explicar en parte las diferencias observadas. Se ha comprobado que los estudios empíricos sobre la relación entre los usos del suelo y movilidad utilizan diferentes indicadores para medir ambos aspectos. Mientras unos optan por analizar separadamente los efectos de algunas características del uso del suelo (densidad, mezcla funcional, diseño, etc.), otros eligen un indicador sintético para describir el grado de dispersión de una determinada área urbana. Asimismo, algunos estudios deciden examinar la influencia de los factores de uso del suelo sobre alguno de los aspectos del transporte urbano (distancia recorrida, tiempo de los desplazamientos, etc.) y otros los relacionan con un índice compuesto que mide el impacto global de la movilidad (Índice de intensidad de la movilidad o Huella Ecológica, entre otros).

Incluso en aquellos casos en los que se utilicen los mismos indicadores, autores como Pouyane (2004b) y Litman (2009) dudan de la pertinencia de las comparaciones internacionales. Comparar resultados de investigaciones realizadas en ciudades de países tan diferentes como los Estados Unidos, Australia o Reino Unido en base a variables como el consumo de energía per capita debido al transporte (entre otros, Newman y Kenworthy, 1989, 1999, 2006), obliga a tomar algunas precauciones estadísticas. Las diferencias sustanciales en estilos de vida, ingresos, precios de los combustibles o políticas públicas en relación al uso del suelo, podrían ejercer una influencia al menos tan determinante como las variaciones en el uso del suelo.

En cuanto a la metodología utilizada en las investigaciones, la mayoría trabaja con datos de corte transversal y analiza la relación entre usos del suelo y movilidad en un momento determinado de tiempo. Generalmente recurren al análisis de regresión múltiple, incluyendo ciertas las variables demográficas y socioeconómicas, para aislar el efecto de las variables de interés. Estos estudios de sección cruzada pueden encontrar una relación estadísticamente significativa entre los usos del suelo y las

características de la movilidad, pero estos resultados no pueden ser utilizados para determinar cuál es la relación temporal entre las variables, ni sirven como evidencia para asumir una relación causal entre ellas. Para ello necesitaríamos un enfoque longitudinal, con datos de panel de varios periodos. No obstante, para observar cambios significativos en los usos del suelo se necesitan datos correspondientes a varias décadas, lo que explica que la mayoría de los estudios no hayan adoptado un enfoque longitudinal (TRB, 2009).

Finalmente, al trabajar con datos de corte transversal y tratar de explicar el comportamiento de cierta variable observada en una serie de puntos del espacio (relacionada con la movilidad) a través de un conjunto de variables observadas en los mismos puntos (que describen las características de uso del suelo), los datos son fuertemente interdependientes y es frecuente la aparición de los denominados efectos espaciales: la heterogeneidad y la dependencia espacial. Las consecuencias de estos efectos no siempre pueden ser tratadas por la econometría estándar. Sin embargo, este aspecto no ha sido tenido en cuenta salvo por algunos investigadores como Camagni *et al.* (2002a, 2002b) o Travisi *et al.* (2006), que han incorporado tímidamente los métodos propuestos por la econometría espacial, con el fin de incorporar la dependencia espacial dentro de los modelos econométricos. Aunque los factores de uso del suelo en la mayoría de los casos siguen siendo estadísticamente significativos en la explicación del comportamiento de la movilidad, la incorporación de los efectos espaciales en los modelos econométricos reduce su magnitud y significatividad.

En este sentido, la falta de datos de movilidad correspondientes a diferentes momentos de tiempo no nos permite adoptar un enfoque longitudinal en nuestra investigación. La necesidad de realizar un análisis de corte transversal, con la consiguiente presencia de posibles efectos espaciales, ha sido determinante a la hora de elegir la econometría espacial como herramienta de trabajo.

CAPITULO 2

Crisis industrial, transformación urbana y modelo de movilidad en Bizkaia

2.0 Introducción

En las últimas décadas el Territorio Histórico de Bizkaia ha experimentado procesos similares a los observados en el contexto europeo en relación a la terciarización de su base económica y a la tendencia hacia el crecimiento suburbano de sus ciudades. Algunos estudios sitúan en los años noventa la consolidación del paso de una economía basada en la industria a una economía fundamentada en gran parte en los servicios y en las actividades de alto valor añadido (DMAOT, 2009a). Este cambio en la base económica tuvo su reflejo en las ciudades industriales vizcaínas, que comenzaron a experimentar los primeros signos de descentralización residencial y de desplazamiento de las actividades industriales hacia la periferia. Las migraciones internas desde los antiguos centros industriales hacia entornos más rurales y con menor presencia de transporte público dieron lugar a un proceso de expansión urbana, caracterizado por una disminución de la densidad y de la diversidad funcional de los municipios, acompañado de un aumento de la movilidad en vehículo privado. El incremento de la movilidad motorizada y, fundamentalmente, en vehículo privado, tuvo efectos socio-económicos y ambientales similares a los que se han descrito en el capítulo 1 para el contexto europeo y norteamericano (exclusión social, contaminación, congestión, accidentes, etc.).

Tal como ha ocurrido en otros casos, la suburbanización de las ciudades y la tendencia hacia una movilidad basada fundamentalmente en el vehículo privado fueron fenómenos que coincidieron en el tiempo. Pero ¿se puede afirmar que las transformaciones urbanas experimentadas en Bizkaia en la década de 1990 explican en parte los cambios en el patrón de movilidad observados en dicho periodo? La presencia simultánea de ambos fenómenos representa una oportunidad para analizar la relación entre las transformaciones urbanas y el comportamiento de la movilidad, demostrada empíricamente en Estados Unidos y en Europa, pero poco investigada

aún en nuestro entorno más cercano. Todo ello hace que la elección de la provincia de Bizkaia como caso de estudio para realizar esta investigación sea de gran interés.

En este contexto, el presente capítulo tiene como objetivo describir las características generales del territorio vizcaíno y exponer el proceso de transformación urbana y los cambios en la movilidad observados en los municipios de Bizkaia en la década de los noventa, periodo elegido para realizar la investigación. Esta información servirá de base al análisis empírico que se llevará a cabo en los capítulos posteriores y en el que se tratará de estudiar en qué medida las características urbanas y los factores socioeconómicos explican las variaciones en el patrón de movilidad.

El capítulo comienza con una descripción del medio físico y de la división administrativa de Bizkaia a lo largo del apartado 2.1, aspectos que ayudarán a caracterizar la provincia como un territorio lleno de contrastes. En el apartado 2.2 se presenta una breve reseña histórica, señalando las etapas más significativas desde el punto de vista del proceso de urbanización de Bizkaia. Una vez descritos los antecedentes históricos, el capítulo centra su atención fundamentalmente en la década de los noventa. Así, en el apartado 2.3 se exponen las dinámicas demográficas de la época que tuvieron como consecuencia la redistribución de la población desde las antiguas ciudades industriales hacia los pequeños municipios del litoral y del entorno rural²⁵. Además de analizar los flujos de las migraciones internas que dieron lugar a esta redistribución de la población, se describen también las características socioeconómicas de sus protagonistas. El apartado 2.4 proporciona información sobre las transformaciones en los usos del suelo derivados de estos cambios e intenta demostrar que se orientaron hacia una mayor dispersión urbana y hacia la pérdida de diversidad funcional, con una marcada tendencia hacia la especialización en la función residencial en algunos municipios. Para ello comienza analizando la construcción de nueva vivienda, fijándose en el tipo de vivienda construida y en la densidad de edificación, y finaliza proporcionando datos sobre la evolución de la oferta de empleos en los municipios vizcaínos que es, en alguna medida, un indicador de la evolución en la mezcla funcional. Una vez descritas las características de las transformaciones de los usos del suelo, el apartado 2.5 aborda el tema de la movilidad. La atención se centra en el transporte de pasajeros, presentando una realidad en la que cada vez es mayor el número y el motivo de los desplazamientos, especialmente los realizados por carretera y en vehículo privado.

²⁵ El estudio adoptará la definición del INE y del Eustat que consideran rurales aquellas entidades singulares de población con menos de 10.000 habitantes. Una entidad singular es cualquier parte habitable del término municipal, habitada o excepcionalmente deshabitada, claramente diferenciada dentro del mismo y que es conocida por una denominación específica que la identifica sin posibilidad de confusión. Por lo tanto, el carácter rural de un municipio viene determinado por el tamaño y no por las actividades económicas que se desarrollen en él.

Este capítulo de carácter básicamente descriptivo va a presentar resultados a nivel municipal, agregados por tamaño de municipio y por comarca²⁶, estos últimos con el fin de ofrecer una visión más global del territorio de Bizkaia. El periodo analizado se ha elegido teniendo en cuenta la fecha de los dos últimos Censos de Población y Viviendas disponibles que datan de los años 1991 y 2001. La comparación entre ambos censos permite obtener resultados útiles para analizar las características y las tendencias que han asumido el proceso de desarrollo urbano y la movilidad en el pasado más reciente. Cabe señalar que la ausencia de datos suficientes sobre movilidad correspondientes al año 1991 obliga a realizar el análisis empírico sobre la relación entre movilidad y desarrollo urbano referido únicamente al año 2001, por lo que los resultados obtenidos corresponderán al último año del periodo de estudio y no se podrá realizar un análisis comparativo en el tiempo.

2.1. Características generales del área de estudio

El medio físico y la división administrativa del territorio son elementos que han condicionado la evolución del Territorio Histórico de Bizkaia hasta nuestros días. Son, por lo tanto, aspectos que hay que conocer para poder situar la investigación en un contexto geográfico determinado.

2.1.1 El medio físico

Bizkaia es uno de los tres territorios históricos que conforman la Comunidad Autónoma de Euskadi. Según datos de la Diputación Foral de Bizkaia, su extensión es de 2.221 kilómetros cuadrados, divididos en diferentes zonas teniendo en cuenta los siguientes factores físicos:

²⁶ La ordenación del territorio en la CAE tiene su base legal en una ley marco, como es la Ley 4/1990, de Ordenación del Territorio del País Vasco. De esta ley surge el Decreto 28/1997 por la que se aprueban las Directrices de Ordenación Territorial de la CAE, conocidas como DOT. Las DOT delimitan 15 áreas funcionales en la CAE, 7 de ellas sobre territorio vizcaíno que, aunque prácticamente coinciden con las comarcas existentes en Bizkaia, algunas incorporan municipios de más de una comarca o, incluso, de otras provincias. Esta investigación ha decidido agrupar los datos por comarca para limitar el área de estudio a la provincia de Bizkaia, y así facilitar el análisis estadístico y el manejo de los mapas. Asimismo, las características de la variable dependiente utilizada en el análisis econométrico de los capítulos 4 y 5 apoyan tal elección. La variable dependiente, el impacto de la movilidad, está relacionada con el municipio que genera el desplazamiento (municipio del que parte el viaje) y no con su destino. Por lo tanto, se ha elegido la provincia de Bizkaia como generadora de movilidad, sin considerar hacia dónde se extiende esta movilidad.

1. Al norte, una franja litoral de 111 km, que recibe la influencia directa del mar Cantábrico.
2. Los valles de los ríos:
 - Ibaizabal y Nervión: el primero divide el territorio vizcaíno en dirección Este – Oeste; el segundo penetra en Araba.
 - El resto de los ríos, de menor tamaño, desembocan en el mar Cantábrico, como el río Oka y el río Butroe (en la zona de Urdaibai).
3. Las montañas, que determinan la divisoria de aguas cántabro-mediterránea, entre las que destacan Gorbea o Amboto. A pesar de su abundante sistema montañoso, Bizkaia tiene una altitud media de 125 metros, teniendo solamente el 8,1 % de su territorio una altura superior a los 600 metros (Erquicia, 2003).

El medio físico ha limitado la disponibilidad de suelo para la expansión urbana en muchas zonas de Bizkaia. Las condiciones orográficas con fuertes pendientes que desaconsejan su desarrollo urbanístico o la necesidad de preservar recursos ambientales esenciales como espacios forestales, márgenes de ríos o el litoral²⁷, han reducido considerablemente las opciones de incrementar la superficie destinada a actividades residenciales y económicas, o a la construcción de infraestructuras viales en algunas zonas de la provincia.

²⁷ Las Directrices de Ordenación del Territorio (DOT) establecen ámbitos cuyo desarrollo urbanístico debería restringirse de forma estricta con el fin de preservar recursos ambientales esenciales. Ya se han aprobado, entre otros, los siguientes Planes Territoriales Sectoriales (PTS) que desarrollan las DOT: PTS de Ordenación de los Márgenes de Ríos y Arroyos, PTS de Zonas Húmedas, y el PTS de Protección y Ordenación del Litoral. Se encuentra en trámite el PTS Agroforestal.

Mapa 2.1: Mapa físico de Bizkaia

FUENTE: Diputación Foral de Bizkaia. Disponible en web: www.bizkaia.net , consultada el 20/11/2011.

A esto hay que añadir el intenso desarrollo urbano e industrial de ciertas áreas del territorio, que limitan aún más las escasas posibilidades físicas de crecimiento. El reestudio de las Directrices de Ordenación del Territorio realizado en 2008 ²⁸ refleja índices de ocupación de suelo urbano y urbanizable muy elevados en Sestao (94,07%), Getxo (91,44%), Portugalete (89,26%) o Basauri (80,83%), localidades que están llegando al límite de sus posibilidades de crecimiento urbano. No parece casualidad que tres de estos municipios se sitúen actualmente entre las localidades que presentan mayores índices de densidad residencial (Sestao 137 viv./ha. urbana residencial, Portugalete 174 viv./ha. y Basauri 151 viv./ha. en 2008).

²⁸ Disponible en la web de la Dirección de Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco: http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49565/es/contenidos/informacion/dots_reestudio/e_s_1165/adjuntos/2008/sist_asentam.pdf

2.1.2 Los municipios de Bizkaia en 2001

La división administrativa de Bizkaia en 111 municipios y 7 comarcas de rasgos diferenciados ha contribuido a configurar un territorio lleno de contrastes (ver mapa 2.2). La tabla 2.1 enumera los municipios pertenecientes a cada una de estas comarcas, señalando en negrita las cabeceras comarcales.

Tabla 2.1: Las comarcas de Bizkaia y sus municipios

Comarca	Municipios
ARRATIA-NERVION	Arakaldo, Arantzazu, Areatza, Arrankudiaga, Artea, Dima, Igorre , Orozko, Otxandio, Ubide, Ugao-Miraballes, Urduña, Zeanuri, Zeberio.
BUSTURIALDEA	Ajangiz, Arratzu, Bermeo, Busturia, Ea, Elantxobe, Ereño, Errigoiti, Forua, Gautegiz Arteaga, Gernika-Lumo , Ibarangelu, Kortezubi, Mendata, Morga, Mundaka, Murueta, Muxika, Nabarniz, Sukarrieta.
DURANGUESADO	Abadiño, Amorebieta-Etxano, Atxondo, Bedia, Berriz, Durango , Elorrio, Ermua, Garai, Iurreta, Izurtza, Lemoa, Mallabia, Mañaria, Zaldibar.
ENCARTACIONES	Artzentales, Balmaseda , Galdames, Gordexola, Güeñes, Karrantza Harana, Lanestosa, Sopuerta, Trucios, Zalla.
GRAN BILBAO	Abanto-Zierbena, Alonsotegi, Arrigorriaga, Barakaldo, Basauri, Berango, Bilbao , Derio, Erandio, Etxebarri, Galdakao, Getxo, Larrabetzu, Leioa, Lezama, Loiu, Muskiz, Ortuella, Portugalete, Santurtzi, Sestao, Sondika, Valle de Trápaga, Zamudio, Zaratamo, Zierbena.
LEA-ARTIBAI	Amoroto, Aulesti, Berriatua, Etxebarria, Gizaburuaga, Ispaster, Lekeitio, Markina-Xemein , Mendexa, Munitibar-Arbatzegi, Ondarroa.
URIBE-BUTROE	Arrieta, Bakio, Barrika, Fruiz, Gamiz-Fika, Gatika, Gorliz, Laukiz, Lemoiz, Maruri-Jatabe, Meñaka, Mungia , Plentzia, Sopelana, Urduliz.

FUENTE: Eustat.

Mapa 2.2: Municipios y comarcas de Bizkaia, 2001

FUENTE: Eustat.

Las comarcas de Bizkaia tienen personalidad y características propias. Con sólo pasar de un valle a otro es posible saltar de áreas industriales a parques naturales, de zonas muy urbanizadas a otras que mantienen el carácter rural, de villas señoriales a poblaciones marcadas por una rápida urbanización. Los rasgos más destacables de cada una de las siete comarcas vizcaínas son los siguientes (Erquicia, 2003; Ocio, 2006):

- 1. Arratia-Nervi3n.** Comprende el valle de Arratia, la cuenca media del Nervión y el enclave de Urduña en territorio alavés. Se trata de una comarca eminentemente industrial (ver tabla 2.2), actividad concentrada fundamentalmente en el valle del Nervión. En este valle han proliferado empresas relacionadas con la máquina-herramienta y la fabricación de vehículos. En la comarca destaca Igorre como municipio en el que se centralizan la mayoría de los servicios de la zona. Sin embargo, el valle de Arratia sigue manteniendo un marcado carácter rural.

Tabla 2.2: VAB (%) por rama de actividad. Arratia-Nervi3n.

Sector	1996	2000	2005
Agricultura y pesca	3,8	3,2	1,9
Industria	48,8	50,7	47,3
Construcción	6,7	7,4	11,7
Servicios	40,7	38,7	39,2

FUENTE: Eustat.

2. **Busturialdea.** La comarca gira en torno a Gernika y ha estado vinculada tradicionalmente al sector primario, dedicándose sobre todo a la agricultura en los pequeños municipios del interior como Muxika, Forua o Ajangiz, y a la pesca en los municipios costeros como Bermeo o Elantxobe. Sin embargo, en las últimas décadas el sector primario ha perdido protagonismo y ha aumentado considerablemente la presencia de empresas dedicadas a la construcción y, sobre todo, a los servicios (ver tabla 2.3). Merece especial atención el espacio natural de Urdaibai, catalogado por la Unesco como reserva de la biosfera y alrededor de la cual se ha ido desarrollando cierta infraestructura turística.

Tabla 2.3: VAB (%) por rama de actividad. Busturialdea.

Sector	1996	2000	2005
Agricultura y pesca	7,6	10,2	10,4
Industria	31,5	26,3	24,2
Construcción	7,3	8,3	11,7
Servicios	53,6	55,2	53,7

FUENTE: Eustat.

3. **Duranguesado.** Se sitúa en la cuenca alta del río Ibaizabal en torno a la Villa de Durango, con poblaciones importantes como Amorebieta-Etxano y Ermua. Es una comarca eminentemente industrial, con un alto grado de diversificación de la actividad en municipios como Durango, Berriz, Elorrio o Abadiño, en los que destacan las fundiciones, las papeleras, las fabricas de herramientas y las pequeñas y medianas empresas que elaboran piezas para la industria de la automoción. Dentro del sector primario, la minería del hierro, plomo y cobre ha sido históricamente importante en municipios como Atxondo, pero en la actualidad se reduce a la explotación de piedra caliza y mármol en localidades como Mañaria, cerca del Parque Natural de Urkiola. Asimismo, en algunos pequeños municipios rurales como Garai todavía son importantes la ganadería y la explotación maderera.

Tabla 2.4: VAB (%) por rama de actividad. Duranguesado.

Sector	1996	2000	2005
Agricultura y pesca	0,8	0,7	0,4
Industria	51,8	51,3	46,6
Construcción	5,9	5,7	8,7
Servicios	41,5	42,3	44,3

FUENTE: Eustat.

4. **Encartaciones.** Es la comarca más occidental que limita con Cantabria, Burgos y Araba. Es una zona de tránsito entre las áreas industriales vizcaínas y las zonas rurales de Cantabria. Aunque se encuentra situada cerca del mar Cantábrico, sus habitantes han vivido históricamente principalmente de la agricultura y de la ganadería. La minería tuvo también un peso destacado en la comarca, debido a la presencia de mineral de hierro que fue explotado masivamente en los montes de Galdames y Sopuerta. No obstante, en las últimas décadas los alrededores de Zalla y Balmaseda se han convertido en vivero de numerosas pequeñas empresas, muchas de ellas dedicadas a la fabricación de muebles.

Tabla 2.5: VAB (%) por rama de actividad. Encartaciones.

Sector	1996	2000	2005
Agricultura y pesca	8,3	5,6	2,8
Industria	31,2	30,1	33,7
Construcción	8,2	10,3	14,0
Servicios	52,3	54,0	49,5

FUENTE: Eustat.

5. **Gran Bilbao.** Es la conurbación²⁹ creada en torno a Bilbao, la capital de la provincia. Fundada en el año 1300, Bilbao nació como una ciudad dedicada al comercio marítimo, con una actividad portuaria basada principalmente en la exportación del hierro extraído de las canteras vizcaínas. A lo largo del siglo XIX y principios del XX experimentó una fuerte industrialización centrada en la siderurgia, la minería y la construcción naval, acompañada de una extraordinaria explosión demográfica y urbanística que originó la anexión de varios municipios colindantes. Aunque la crisis industrial de los años 80 afectó fuertemente a la localidad, en la actualidad Bilbao es una ciudad dinámica, con un tejido económico basado en los servicios, la cultura y las nuevas industrias.

En la comarca del Gran Bilbao vive la mayor parte de la población de Bizkaia (según datos del Eustat, cerca del 76% en el año 2007). Partiendo de la capital, en la margen izquierda de la ría se concentran los municipios industriales más significativos de Bizkaia: Sestao, Barakaldo, Santurtzi y Portugalete. Antes del proceso de desindustrialización de los años 80, en esta zona se ubicaban grandes empresas como Altos Hornos, General Electric y los astilleros, que han sido

²⁹ Una conurbación es el resultado del crecimiento de varias ciudades que se integran para formar un solo sistema que suele estar jerarquizado (en este caso, encabezado por Bilbao), aunque las distintas ciudades pueden mantener cierta independencia.

sustituidas por numerosas fábricas pequeñas, muchas de ellas dedicadas al sector servicios.

Más al interior se encuentra la que fuera zona minera por excelencia, con los municipios de Gallarta, Ortuella y Trapagarán, que han pasado de la explotación del hierro al desarrollo de una industria moderna y del sector servicios. En la margen derecha de la ría se sitúan los municipios industriales de Erandio y Leioa. Rodeando a Bilbao, por el este, se completa el cinturón industrial con municipios como Basauri, Arrigorriaga y Galdakao.

En la margen derecha de la ría encontramos dos zonas bien diferenciadas: Txorierrri y Uribe-Kosta. A pesar de tratarse de una zona agrícola poco poblada, el Txorierrri se ha convertido en un centro industrial en el que se sitúan municipios como Derio, Loiu, Sondika, Zamudio, Lezama y Larrabetzu que atraen a miles de trabajadores de los pueblos vecinos. En los últimos 20 años numerosas empresas, tanto tecnológicas como de otro tipo, se ha desplazado a la zona atraídas por los bajos precios de los terrenos y las buenas infraestructuras. Por el contrario, en Uribe-Kosta la industria tiene poco peso y los servicios representan casi la totalidad de su VAB. Se trata de una zona residencial, en la que Getxo es el municipio mayor y motor de la economía del entorno, cuya actividad principal está relacionada con el comercio y el ocio.

Tabla 2.6: VAB (%) por rama de actividad. Gran Bilbao.

Sector	1996	2000	2005
Agricultura y pesca	0,1	0,1	0,1
Industria	22,6	22,0	20,3
Construcción	7,5	8,1	10,3
Servicios	69,8	69,8	69,3

FUENTE: Eustat.

6. **Lea-Artibai.** Comprende las cuencas de los ríos Lea y Artibai. Tiene dos áreas bien definidas: la marinera, con Ondarroa como municipio más importante, y la rural, que gira en torno a la villa de Markina-Xemein. En el entorno de Ondarroa, la pesca es la actividad principal que dinamiza a su alrededor una gran cantidad de empresas relacionadas con la actividad conservera y las artes y herramientas de pesca. Es bastante común que los habitantes de los núcleos poblacionales rurales complementan su actividad agrícola y ganadera con trabajos en otros sectores, como el industrial o el de servicios.

Tabla 2.7: VAB (%) por rama de actividad. Lea-Artibai.

Sector	1996	2000	2005
Agricultura y pesca	25,1	7,7	6,4
Industria	25,3	35,8	36,4
Construcción	8,1	8,0	10,0
Servicios	41,5	48,4	47,2

FUENTE: Eustat.

7. **Uribe-Butroe.** Linda con las comarcas de Gran Bilbao y Busturialdea y con el mar Cantábrico. Los municipios costeros como Barrika, Gorliz, Lemoiz, Plentzia, Sopela y Urduliz, han desplazado su antigua actividad pesquera para convertirse en alguna medida en ciudades-dormitorio del Gran Bilbao. Dedicados en gran medida a la hostelería y al turismo, cuentan con pocos medios para cubrir las necesidades laborales de su población durante el resto del año y muchos de sus habitantes se desplazan diariamente a Bilbao o a otros municipios del Txorierri para acudir a su puesto de trabajo.

La explotación forestal, la agricultura y la ganadería se concentran al interior de la comarca y se orientan principalmente a abastecer al área metropolitana. La construcción ha ido adquiriendo importancia en la comarca y la actividad industrial está en auge en los alrededores de Mungia.

Tabla 2.8: VAB (%) por rama de actividad. Uribe-Butroe.

Sector	1996	2000	2005
Agricultura y pesca	2,7	2,8	1,8
Industria	38,8	35,2	34,5
Construcción	10,9	11,5	16,3
Servicios	47,6	50,5	47,4

FUENTE: Eustat.

2.2 Etapas significativas en el desarrollo urbano de Bizkaia

Cada uno de estas comarcas ha afrontado de forma diferente las transformaciones experimentadas durante el último siglo. El Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco identifica tres etapas o "revoluciones" en la evolución de la C. A. de Euskadi hacia la sociedad actual, en las que Bizkaia ha

tenido un protagonismo muy marcado (DMAOT, 2009a): la etapa industrial (1880-1983); la primera transformación y la ciudad-región de Euskal Hiria (1983-2008); y la sociedad del conocimiento, etapa que acaba de comenzar en 2008. La tabla 2.9 resume las principales características de cada una de estas tres etapas, que se exponen brevemente a continuación.

Tabla 2.9: Las Tres Revoluciones, CAE

Características	Etapa industrial (1880-1983)	Primera transformación (1983-2008)	Sociedad del conocimiento (2008- ..)
Población	Crecimiento.	Estabilización.	Aumento de la esperanza de vida. Inmigración. Diversidad étnica y cultural.
Medio ambiente	Deterioro.	Toma de conciencia. Políticas ambientales.	Energías renovables. Movilidad sostenible. Biodiversidad y paisaje. Salud y seguridad. Sostenibilidad.
Calidad urbana	Ciudad del desarrollismo.	Renovación urbana.	Ciudad digital. Oportunidades. Estímulos. Espacios de fusión. Local y global.
Sistema urbano	Concentración de la población.	Expansión de las áreas metropolitanas.	Ciudad en red.
Economía	Economía industrial: 49% industria. 36% servicios.	Economía terciaria: 62% servicios. 27% industria.	Economía del conocimiento: Nuevas tecnologías. I+D+i Creatividad Aumento de la productividad. Clusters.

FUENTE: Elaboración propia, basado en DMAOT (2009a).

2.2.1 La etapa industrial: 1880-1983

Bizkaia ha sido y es el centro industrial y financiero de la C. A. de Euskadi. Este territorio histórico fue pionero en el desarrollo industrial desde finales del siglo XIX hasta los años 70, desarrollo basado en la minería, la siderurgia y la metalurgia. La puesta en marcha de Altos Hornos de Vizcaya en 1880 marcó un hito en la aparición de la gran industria en la economía vasca. A esto hay que añadir la importancia histórica del Puerto de Bilbao para el acceso a Europa de los productos de Castilla, condición que, junto con el intenso movimiento mercantil que impulsó la exportación de hierro

vizcaíno, ha determinado la importancia comercial de Bilbao y de otros municipios del entorno (Erquicia, 2003; DMAOT, 2009a).

Mientras que la actividad industrial se ha concentrado históricamente en Bilbao, en la margen izquierda del río Nervión y en otros grandes núcleos de población, los municipios costeros como Bermeo, Ondarroa o Lekeitio han desarrollado una importante actividad pesquera, siendo ésta otra de las bases de la economía vizcaína en esa época.

El fuerte desarrollo industrial atrajo a una gran población, tanto desde las áreas rurales de influencia como desde otras regiones con menor crecimiento, especialmente a partir de 1950, lo que originó una creciente expansión urbana, principalmente en la capital y en las áreas industriales. De modo que se puede concluir que, en esta etapa, la industria fue el principal motor del proceso de urbanización.

A finales de los años setenta y en la década de los ochenta la industria vizcaína sufrió una profunda crisis, que llevó a la desaparición de numerosas empresas, a elevadas tasas de desempleo y al estancamiento demográfico. La crisis industrial destapó una serie de problemas asociados al modelo económico de los años del desarrollismo, en los que el acelerado crecimiento urbano e industrial se produjo a costa de un grave deterioro ambiental. Fueron las épocas de los polígonos de vivienda popular y de los barrios de urbanización marginal. Numerosas áreas residenciales presentaban densidades edificatorias muy elevadas, con bajos niveles de calidad urbana y carencias en cuanto a disponibilidad de espacios libres, equipamientos, infraestructuras o transporte. Se puede observar que los espacios que experimentaron un mayor crecimiento con el auge de la industria fueron los que mayor retroceso sufrieron como consecuencia de la crisis (DMAOT, 2009a).

Pero esta época significó, también, el tiempo de la institucionalización administrativa de la vivienda (con la creación del Ministerio de la Vivienda a nivel del Estado), del urbanismo (con la aprobación de la ley estatal del Suelo de 1956) y de la planificación del desarrollo (Font, 2007). En la esfera política, comienza la transición posterior a la dictadura, se aprueba la Constitución de 1978 y se forman los primeros ayuntamientos democráticos, con competencias exclusivas en temas como el urbanismo.

2.2.2 La primera transformación: 1983-2008

A mediados de los ochenta, una vez superada la crisis económica, comienza la recuperación de la producción y del consumo. Ya en los años noventa Bizkaia consolida su paso hacia una nueva estructura económica, produciéndose la adaptación de su tradicional base industrial a una economía más terciarizada,

fundamentada en los servicios y en las actividades de alto valor añadido. La dinámica urbana también experimenta un cambio de signo. Una vez finalizada la transición política, los ayuntamientos comienzan a desarrollar diversas operaciones de mejora urbana, primero en la capital y posteriormente en otras ciudades. En el espacio metropolitano de Bilbao, la renovación urbana se convirtió en la clave para la transformación económica. En este sentido, es de destacar la labor de la Sociedad BILBAO Ría 2000, entidad creada en 1992 con el objeto de dirigir la recuperación de los antiguos espacios industriales de la metrópoli.

El modelo de ciudad industrial densa empieza a evolucionar. Se produce también un cambio en la dinámica demográfica: se estabiliza la población, disminuye la migración del campo a la ciudad y comienzan a observarse los primeros signos de descentralización residencial. Los receptores de la reubicación residencial fueron los municipios con menos de 10.000 habitantes, más accesibles y mejor comunicados por carretera con los centros urbanos, muchos de ellos situados en la comarca de Uribe-Butroe, como Sopelana o Barrika. En esta etapa surgen nuevas tipologías habitacionales de baja densidad en contacto con la naturaleza y aparecen municipios intermedios entre los tradicionales modos de vida urbano y rural, como es el caso de Mungia. Con la progresiva terciarización de la estructura económica, se inicia también un proceso de desplazamiento de las actividades industriales hacia la periferia. Algunas de ellas, las denominadas de "nuevo cuño" por la DMAOT (1997), relacionadas con áreas como las Tecnologías de la Información y la Comunicación, la Electrónica y la Ingeniería Avanzada, el Medio Ambiente, la Biotecnología y la Aeronáutica, se concentran en parques de actividades económicas, situados fuera de las grandes ciudades, en pequeñas localidades como Zamudio. Las DOT aprobadas en 1997 hacen referencia, en su diagnóstico, a este cambio observado en la dinámica de asentamientos de la población y de distribución de la actividad económica, y señalan como factores que han favorecido este proceso los siguientes: el mencionado declive industrial de los últimos lustros, una valoración social mayor de los costos de la congestión, la progresiva terciarización de la economía, una mayor aplicación de la robótica a los procesos productivos industriales, y una mejora en los sistemas de comunicación.

En el recién iniciado proceso de revisión de las DOT se menciona como característica de las últimas décadas el surgimiento de una ciudad-región, conocida como Euskal Hiria, que aglutina a toda la Comunidad Autónoma. *"De un espacio organizado en torno a ciudades centrales, núcleos industriales y núcleos rurales con funciones bien definidas y jerarquizadas y muy vinculadas a sus estructuras económicas se ha evolucionado hacia una ciudad-región en la que los límites de los centros y las funciones y actividades se difunden por territorios cada vez más amplios y más diversos"* (DMAOT, 2009a).

Bizkaia forma parte de esta realidad urbana y comparte las oportunidades y los riesgos de la configuración de la ciudad-región. Entre los elementos centrales que, según la DMAOT, deben ser objeto de especial atención en esta nueva etapa destacan como aspectos relacionados con el objeto de esta investigación los problemas derivados de la urbanización difusa y desordenada, el desajuste en la localización relativa de las áreas de residencia y de empleo, y la necesidad de articular sistemas eficaces de movilidad sostenible, temas que se abordarán detalladamente a lo largo de este capítulo.

2.2.3 Hacia la sociedad del conocimiento: 2008 en adelante

En los últimos años se asiste a una cierta recuperación de la dinámica demográfica y a un cambio en las características de la población, con un aumento de la esperanza de vida y una nueva inmigración con mayor diversidad étnica y cultural.

En el ámbito de las ciudades, los procesos de renovación de las áreas deterioradas en la etapa industrial han supuesto una profunda revolución urbana. En la actualidad, se considera, cada vez más, que el éxito de las ciudades depende del modo en el que éstas se articulen a la nueva economía global. Como consecuencia, la búsqueda de la competitividad territorial se ha transformado en uno de los principales objetivos de las políticas urbanas. En este contexto aparece el concepto de ciudad creativa, que es aquella que, además de ser capaz de captar empresas, tiene la habilidad de atraer, retener y movilizar los recursos creativos y el talento incorporados en las personas creativas. Estas son las claves para la competitividad de un territorio en la nueva economía del conocimiento. Para ello, las ciudades tienen que poner en marcha políticas orientadas a mejorar tanto el entorno empresarial como el entorno de vida. Se trata de producir nuevos espacios urbanos adaptados a las necesidades de la comunidad creativa, definiendo nuevas estrategias basadas en la innovación y la creatividad (Rodríguez y Esteban, 2008).

En el marco ambiental, la sostenibilidad integral del territorio es una condición necesaria del desarrollo en la sociedad del conocimiento. El Departamento de Medio Ambiente estima que *"...el hábitat del futuro se va a caracterizar por unas ciudades más complejas, atractivas y diversas, con mezcla de usos, mayor interacción y nuevas oportunidades derivadas de la revolución digital y de nuevos estilos de vida. Hacia el futuro, un Territorio en Red, más integrado, con nuevas centralidades y espacios urbanos más diversos e interconectados, puede ser la clave para un nuevo equilibrio y para la puesta en valor de las numerosas oportunidades y opciones que ofrece nuestro territorio"* (DMAOT, 2009a, p.18). Estos son los retos a los que se enfrentan las ciudades vizcaínas en el presente. Para ello es importante analizar las dinámicas del pasado y la realidad

actual, y así conocer las debilidades y potencialidades antes de emprender el camino hacia la ciudad del futuro.

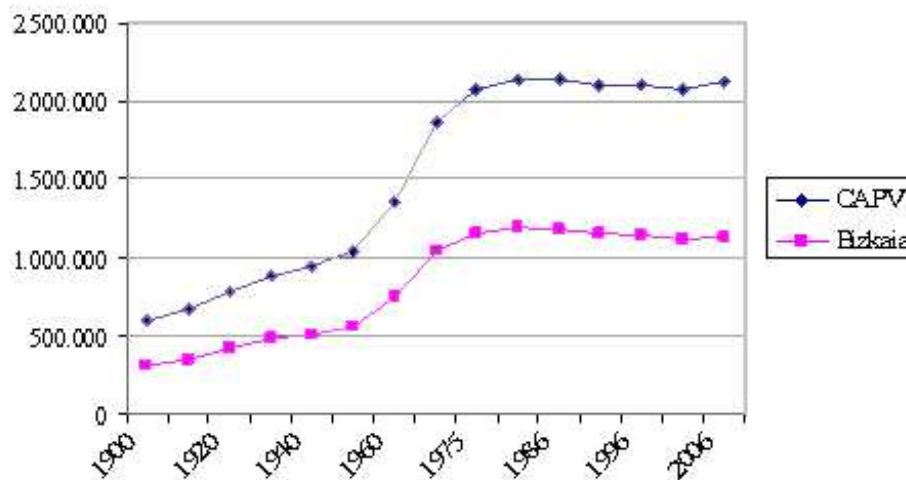
2.3 Dinámica de la población

Bizkaia es el territorio histórico con mayor peso demográfico de los tres que integran la C. A. de Euskadi. Considerando los datos proporcionados por el Eustat correspondientes al año 2007, en Bizkaia reside más de la mitad (53%) de la población total de la comunidad autónoma.

Tanto Bizkaia como la C. A. de Euskadi en su conjunto experimentaron un crecimiento demográfico sostenido desde inicios del siglo XX hasta los años 50. En la década de los sesenta y primeros años de los setenta este crecimiento se convirtió en un “boom demográfico” como consecuencia de la llegada masiva de inmigrantes atraídos por el desarrollo industrial de la época. La crisis económica de 1975 dio comienzo a una etapa de estancamiento poblacional o evolución regresiva (Erquicia, 2003) que continuó en la década de los noventa y primeros años del siglo XXI. Sólo recientemente parece observarse una ligera recuperación de la población (ver gráfico 2.1).

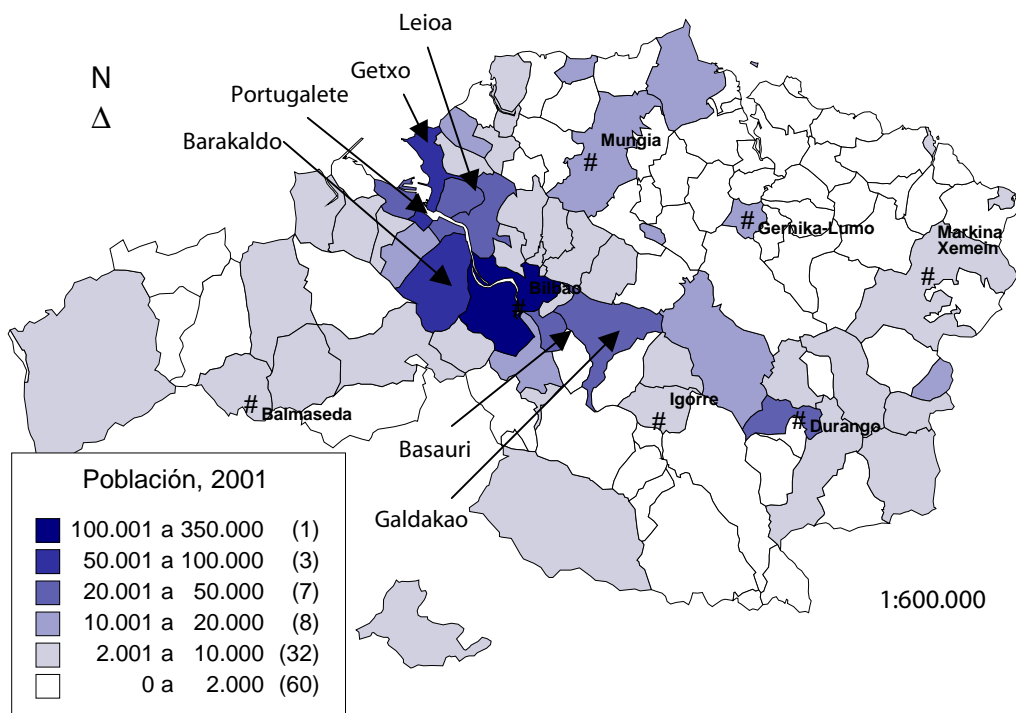
Como se ha apuntado anteriormente, en Bizkaia la distribución espacial de la población ha sido determinada en gran medida por el proceso de industrialización que históricamente se ha concentrado en Bilbao, la margen izquierda del río Nervión y otros grandes núcleos como Basauri, Galdakao o Leioa. El Censo de Población y Viviendas del año 2001 apoya dicha afirmación, mostrando una distribución muy desigual de la población y con importantes niveles de congestión en algunos puntos del territorio (Erquicia, 2003), tal y como se puede observar en el mapas 2.3.

Gráfico 2.1: Evolución de la población en la CAE y en Bizkaia, 1900-2006



FUENTE: Elaboración propia con datos del Eustat.

Mapa 2.3: Tamaño de los municipios de Bizkaia según su población (2001)



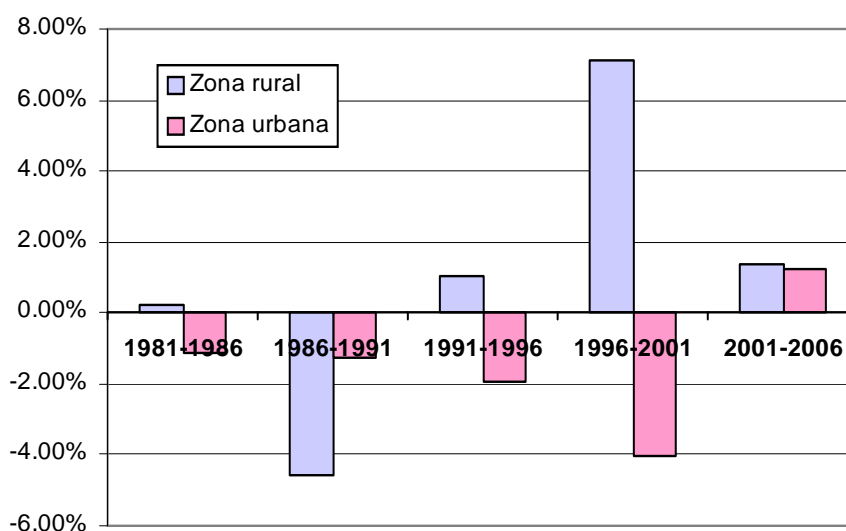
FUENTE: Elaboración propia, con datos del Censo de Población y Viviendas (2001).

Según los datos del Censo, en el año 2001 únicamente Bilbao superaba los 100.000 habitantes y sólo Barakaldo, Getxo y Portugalete tenían una población comprendida entre los 50.000 y 100.000 habitantes. En el otro extremo, el 83% de los municipios de Bizkaia (92 de 111) eran pequeñas localidades de menos de 10.000 habitantes de carácter eminentemente rural.

En relación a la densidad, en 2001 la provincia tenía en promedio 506 habitantes por km², valor que oscilaba entre los 15.900 hab./km² de Portugalete, los más de 8000 hab./km² de Sestao o Bilbao, y localidades con menos de 20 hab./km² como Turtzios o Mendata. Veinticinco municipios mostraban una densidad superior a la media (la mayoría de ellos ubicados en la comarca del Gran Bilbao), mientras que 53 localidades presentaban densidades inferiores a los 100 habitantes por Km². Fuera de la comarca del Gran Bilbao, destacan por su elevada densidad los municipios costeros de Lekeitio (3.872 hab./km²) y Ondarroa (2.703 hab./km²) y el municipio de Ermua (2.722 hab./km²), en el límite con la provincia de Gipuzkoa.

En general, la dinámica demográfica de las zonas urbanas y rurales de Bizkaia ha sido diferente. Así, el gráfico 2.2 muestra que se ha producido una pérdida de población en las zonas urbanas a lo largo de la década de los 80 y 90 del siglo pasado. Sin embargo, el fuerte descenso experimentado por la población rural en la segunda mitad de los años 80 vivió un cambio de tendencia a partir del periodo siguiente, con un incremento espectacular en la segunda mitad de los años 90. Con el cambio de siglo comenzó una nueva etapa de crecimiento positivo y moderado tanto de la población urbana como de la rural.

Gráfico 2.2: Variación de la población en la zona rural y urbana de Bizkaia.



FUENTE: Elaboración propia con datos del Eustat.

Tabla 2.10: Variación de la población por tamaño del municipio (Bizkaia, 1991-2001)

Tamaño del municipio	Población		
	1991	2001	Variación total (1991-2001)
<2.000 habitantes	46.817	49.842	6,5%
2.001-10.000	156.452	164.274	5,0%
10.001-20.000	104.005	101.339	-2,6%
20.001-50.000	137.397	137.123	-0,2%
50.001-100.000	235.440	225.609	-4,2%
>100.001	477.731	444.450	-7,0%
Bizkaia	1.157.842	1.122.637	-3,0%

FUENTE: Elaboración propia, con datos de los Censos de Población y Viviendas (1991, 2001).

En concreto, en el periodo estudiado 1991-2001, el Territorio Histórico de Bizkaia perdió el 3 % de su población total. Sin embargo, el gráfico 2.2 y la tabla 2.10 reflejan un importante crecimiento demográfico en las zonas rurales, sobre todo en la segunda mitad de la década de los 90. Sólo los municipios menores de 10.000 habitantes conocieron tasas de crecimiento poblacional positivas, siendo especialmente significativas las de los núcleos menores de 2.000 habitantes, donde la población creció en conjunto más del 6 %. Dentro de este último grupo sobresalen los crecimientos poblacionales de Murueta (49%), Gatika (42%), Bakio (41%), Barrika (39%), Maruri-Jatabe (29%), Gamiz-Fika (28%), Garai (23%) y Ajangiz (22%). En el extremo opuesto aparecen los grandes municipios urbano-industriales de más de 50.000 habitantes que vieron disminuido su número de habitantes, entre los que destacan Barakaldo (-11%), Portugalete (-8%) y Bilbao (-6%) como municipios con mayores pérdidas poblacionales. La única excepción en esta categoría fue Getxo, que experimentó un crecimiento positivo del 3,4%.

Si analizamos el comportamiento de la población en las siete comarcas en las que se agrupan los municipios de Bizkaia (ver tabla 2.11), observamos que Uribe-Butroe fue la única que experimentó un aumento significativo en el número de habitantes (20,3%), convertida en la principal zona de expansión residencial del Gran Bilbao. En cambio, las comarcas del Gran Bilbao y Busturialdea fueron los territorios que perdieron más población en el periodo 1991-2001: el 4,7% y el 3,3% respectivamente.

Tabla 2.11: Variación de la población por comarca (Bizkaia, 1991-2001)

Comarcas de Bizkaia	Variación de la población (1991-2001)
Arratia-Nervión	0,0%
Busturialdea	- 3,3%
Duranguesado	0,8%
Encartaciones	0,5%
Gran Bilbao	- 4,7%
Lea-Artibai	0,3%
Uribe-Butroe	20,3%

FUENTE: Elaboración propia, con datos de los Censos de Población y Viviendas (1991, 2001).

2.3.1 Las migraciones internas

La causa principal de las variaciones de la población en algunos municipios y comarcas de Bizkaia ha sido la migración interna; es decir, la generada exclusivamente dentro de los límites de la provincia. Algunos autores (Galdós y Ruiz, 2001; Torres, 2006; DMAOT, 2009a) identifican tres direcciones fundamentales en los desplazamientos de la población dentro del territorio de Bizkaia en la década que estamos estudiando:

1. Por un lado, continúa el proceso de expulsión de población desde los pequeños municipios rurales iniciado con la industrialización y motivado por las razones económico-laborales tradicionales, movimiento que aún perdura pese a que su intensidad ha disminuido.
2. La crisis iniciada en los años 80 da lugar a un nuevo movimiento migratorio que lleva al abandono de las zonas en declive industrial, situadas principalmente en la margen izquierda del Nervión y en el Duranguesado.
3. Por último, surge un movimiento de atracción hacia los pequeños municipios rurales, que corresponde a un proceso migratorio nuevo, característico de la sociedad post-industrial:
 - Parte de la población se desplaza hacia comarcas rurales localizadas en los entornos de las zonas densamente urbanizadas, con buenas comunicaciones con las grandes áreas urbanas, como es el caso de Uribe-Butroe.
 - Algunas familias optan por trasladarse a comarcas más alejadas en la zona de Urdaibai (Busturialdea) o en la comarca de Arratia-Nervión, en búsqueda de entornos ambientalmente atractivos y valorados.

Los datos del Censo confirman estas tendencias. Tal como muestra la tabla 2.12, los municipios de menor tamaño registraron un saldo migratorio interno³⁰ positivo de casi un 8% en diez años, lo que refleja el gran atractivo que han ejercido estos pequeños municipios rurales para el asentamiento de población proveniente de otros puntos de Bizkaia. Esto marca un punto de inflexión respecto a la dinámica demográfica imperante durante las pasadas décadas de intenso desarrollo urbano e industrial, que supuso una sangría demográfica constante en las áreas rurales. A pesar de ello, alrededor del 7% de la población de estos municipios menores de 10.000 habitantes ha emigrado hacia otros puntos de Bizkaia, lo que puede responder a parte de la población rural que sigue emigrando a los municipios mayores en busca de mejores oportunidades.

Tabla 2.12: Migraciones internas e incremento porcentual del número de núcleos familiares por tamaño de municipio (Bizkaia, 1991-2001)

Tamaño del municipio	Migraciones internas (% sobre población de 2001)			Incremento de núcleos familiares	
	De destino	De origen	Saldo	Total	Con hijos
<2.000 habitantes	14,5%	6,8%	7,7%	7,9%	4,9%
2.001-10.000	10,6%	6,6%	4,1%	10,3%	4,8%
10.001-20.000	9,9%	6,7%	3,3%	4,4%	-1,3%
20.001-50.000	13,9%	13,2%	0,8%	6,3%	0,8%
50.001-100.000	6,3%	8,5%	-2,2%	1,7%	-4,1%
>100.001 hab.	2,2%	4,4%	-2,2%	-2,8%	-7,8%

FUENTE: Elaboración propia, con datos de los Censos de Población y Viviendas (1991, 2001).

³⁰ El INE y el Eustat definen el saldo migratorio interno como la diferencia entre las migraciones internas con destino a los municipios de un ámbito territorial (Bizkaia) y las migraciones internas que tienen su origen en el mismo ámbito.

Tabla 2.13: Migraciones internas e incremento porcentual del número de núcleos familiares por comarca (Bizkaia, 1991-2001)

Comarcas	Migraciones internas (% población 2001)			Incremento de núcleos familiares	
	De destino	De origen	Saldo	Total	Con hijos
Arratia-Nervión	21,2%	18,0%	3,3%	3,6%	-1,1%
Busturialdea	15,2%	14,4%	0,8%	1,5%	-2,4%
Duranguésado	16,9%	15,5%	1,4%	7,4%	-0,7%
Encartaciones	18,6%	15,5%	3,1%	3,0%	-0,1%
Gran Bilbao	14,1%	15,6%	-1,4%	0,4%	-4,8%
Lea-Artibai	11,9%	15,6%	-3,6%	0,2%	-4,2%
Uribe-Butroe	40,6%	24,3%	16,3%	31,1%	28,1%

FUENTE: Elaboración propia, con datos de los Censos de Población y Viviendas (1991, 2001).

Un dato relevante es el relativo a los núcleos familiares con hijos³¹, que han incrementado su número casi en un 5% en los municipios menores de 10.000 habitantes en su conjunto, mientras que en los urbano-industriales de mayor tamaño han disminuido. Se puede decir que estas familias muestran una mayor inclinación hacia entornos menos congestionados y ambientalmente más atractivos para la vida familiar (Torres, 2006).

Si nos fijamos en las comarcas (ver tabla 2.13), llama poderosamente la atención la de Uribe-Butroe, que muestra las cifras más elevadas tanto en las migraciones de destino como de origen (40,6% y 24,3% respectivamente) y es la única con un saldo migratorio interno positivo (16,3%), lo que demuestra que ha sido la más dinámica desde el punto de vista demográfico. Asimismo, es la única que ha experimentado un incremento en el número de núcleos familiares con hijos (28,1%). El resto de las comarcas reflejan una dinámica demográfica más débil y, en algunos casos, las salidas de población superan a las entradas:

El Gran Bilbao (-1,4%), con zonas industriales en declive (margen izquierda del Nervión) y municipios que han remontado la crisis industrial pero que apenas disponen de terrenos para uso residencial. Además, la comarca del Gran Bilbao muestra los menores índices de hogares nuevos con menores (8%). Sin embargo, se trata de una comarca caracterizada por grandes contrastes, en la que algunos municipios de la margen derecha, como Berango (20%), han mostrado saldos migratorios positivos muy significativos.

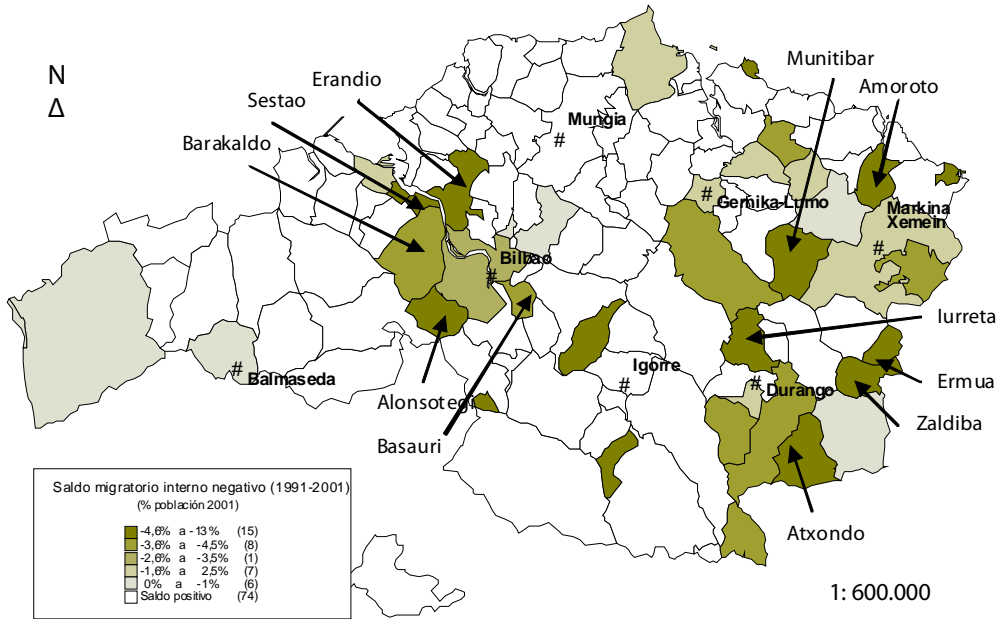
³¹ El INE y el Eustat denominan núcleo familiar a la unidad jerárquica intermedia entre el habitante y la familia. Puede ser de cuatro tipos: pareja sin hijos, pareja con uno o más hijos, padre con uno o más hijos, y madre con uno o más hijos. Para formar parte del núcleo familiar de sus padres, los hijos no deben estar emparejados ni tener hijos.

Lea-Artibai (-3,6%), con municipios rurales que aún siguen expulsando gente joven ante la falta de perspectivas laborales. Normalmente se trata de zonas algo alejadas de las áreas más urbanizadas o mal conectadas con ellas.

Por último, a nivel municipal, el mapa 2.4 representa aquellas localidades cuyo saldo migratorio interno es negativo, que tienden a situarse en el entorno de Bilbao y en el sector oriental de Bizkaia. Se trata fundamentalmente de municipios de vieja industrialización (Gran Bilbao y Duranguesado) y de núcleos rurales periféricos (Lea-Artibai). Entre los primeros destacan Sestao (-5%), Portugalete (-4%) y Barakaldo (-4%) en la margen izquierda del Nervión; Basauri (-4%), Alonsotegi (-7%) y Erandio (-5%) en el entorno de Bilbao; y Iurreta (-13%), Atxondo (-8%), Zaldibar (-5%) y Ermua (-5%) en la comarca del Duranguesado, municipios cuya pérdida de población responde a la lógica de abandono de las zonas en declive industrial. Por otro lado, Munitibar (-9%) y Amoroto (-7%), en la comarca de Lea-Artibai, representan a aquellos núcleos cuyo saldo migratorio interno negativo obedece todavía principalmente al proceso de abandono de las áreas rurales iniciado con la industrialización.

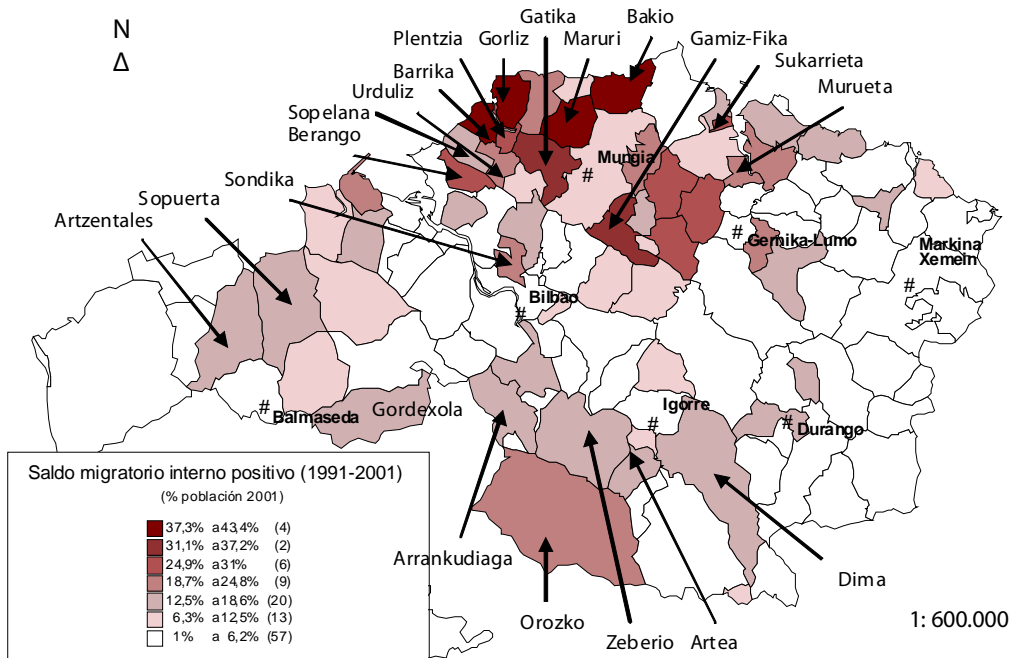
El mapa 2.5 muestra los principales destinos hacia los que se dirigen estas migraciones internas. Se observa que los saldos migratorios internos positivos de mayor entidad se localizan básicamente en la margen derecha del Nervión, abarcando toda la comarca de Uribe-Butroe, desbordándose hacia los municipios más occidentales de Busturialdea. Los municipios con saldo migratorio interno positivo más relevantes han sido: las localidades costeras de Gorniz (30%), Plentzia (21%), Bakio (28%), Barrika (29%), Sukarrieta (19%) y Sopelana (12%); y, más al interior, Maruri (26%), Gatika (23%), Gamiz-Fika (22%), Berango (20%), Sondika (17%), Murueta (17%) y Urduliz (14%). El crecimiento de esta zona, funcionalmente dependiente de la capital vizcaína, es interpretado como un desbordamiento del Gran Bilbao hacia municipios con menor degradación ambiental y mayor disponibilidad de suelo urbano. Cabe destacar que es una zona relativamente bien comunicada con Bilbao a través de carretera (BI-637 y BI-2120) y en transporte público (223,3 plazas hora /1000 habitantes en Uribe-Butroe) (ver apartado 2.5.2 de este capítulo).

Mapa 2.4: Municipios con saldo migratorio interno negativo (Bizkaia, 1991-2001)



FUENTE: Elaboración propia, con datos de los Censos de Población y Viviendas (1991, 2001).

Mapa 2.5: Municipios con saldo migratorio positivo (Bizkaia, 1991-2001)



FUENTE: Elaboración propia, con datos de los Censos de Población y Viviendas (1991, 2001).

Asimismo, en las comarcas de Arratia-Nervi3n y las Encartaciones se identifican 1reas con saldo migratorios internos positivos. Se trata de zonas menos compactas y que muestran valores m1s moderados. Arratia-Nervi3n est1 situada en una zona de alto valor ambiental y cuenta con una accesibilidad relativamente buena desde la comarca del Gran Bilbao por carretera (N-240) y en transporte p1blico (299,5 plazas hora/1000 habitantes) (ver apartado 2.5.2). Destacan Orozko (13%), Zeberio (12%), Dima (10%) Arrankudiaga (10%) y Artea (9%) como municipios que han experimentado un incremento de poblaci3n mayor a consecuencia de las migraciones internas. En el caso de las Encartaciones, aunque la comarca limita al noreste con el Gran Bilbao, se trata de un 1rea que era menos accesible por carretera en la d1cada analizada (BI-630) y que contaba con una limitada oferta de transporte p1blico (66,2 plazas hora/1000 habitantes) (ver apartado 2.5.2). A pesar de ello, en localidades como Artzentales (12%), Sopuerta (11%) y Gordexola (9%), las migraciones internas de destino superaron a las migraciones internas de origen en el periodo intercensal.

Tabla 2.14: Características socio-econ3micas y culturales de la poblaci3n, por tama1o de municipio (Bizkaia, 1991-2001)

Tama1o del municipio	Incremento de poblaci3n con estudios superiores (1991-2001)	Incremento de ocupados en profesiones t1cnicas y directivas (1991-2001)	Renta bruta per capita (2001)
<2.000 habitantes	136%	149%	11.049€
2.001-10.000	174%	120%	10.235€
10.001-20.000	118%	152%	10.888€
20.001-50.000	136%	194%	10.711€
50.001-100.000	84%	55%	10.442€
>100.001 hab.	71%	30%	10.786€

FUENTE: Elaboraci3n propia, con datos de los Censos de Poblaci3n y Viviendas (1991, 2001).

Como se ha se1alado anteriormente, los cambios residenciales m1s importantes en n1mero han sido motivados por factores extraecon3micos, relacionados con la b1squeda de h1bitats de calidad, y sus protagonistas tienen caracter1sticas socioecon3micas particulares. A la luz de los datos de la tabla 2.14, la poblaci3n con estudios superiores ha aumentado en mayor proporci3n (174%) en los municipios de entre 2.001 y 10.000 habitantes, seguidos de los peque1os municipios rurales y de los n1cleos de tama1o mediano (136%). El incremento porcentual de este tipo de poblaci3n es sensiblemente menor en los municipios mayores de 50.000 habitantes (entre el 71% y el 84%).

Del mismo modo, los municipios de entre 20.001 y 50.000 habitantes han tenido un incremento espectacular (194%) de residentes ocupados en profesiones directivas y

técnicas³², seguidos de los municipios entre 10.001-20.000 habitantes (152%), siendo también muy significativo el que presentan los pequeños municipios rurales (149%). No ha ocurrido lo mismo en las localidades mayores de 50.000 habitantes, que han registrado un crecimiento muy inferior de este tipo de residentes (entre el 30% y el 50%).

A falta de datos sobre la renta per capita por tamaño de municipio correspondiente al año 1991, la tabla 2.14 muestra únicamente los valores del año 2001 y refleja que, en ese año, son los municipios de menos de 2.000 habitantes los que disfrutaban de una mayor renta per capita (11.049€).

Todo ello nos lleva a concluir que son los municipios medianos y de menor tamaño los que han conocido los incrementos más importantes de habitantes de elevado nivel cultural y socio-económico. Según diversos autores (DMAOT, 2001; Torres, 2006), esto se puede deber fundamentalmente a dos causas que han actuado de forma simultánea:

- la equiparación de oportunidades formativas y laborales de los habitantes de estos núcleos rurales con los habitantes de las grandes ciudades;
- la emigración de las clases urbanas de elevado status socio-económico y cultural a los asentamientos rurales.

Analizando este tema por comarcas, se puede observar en la tabla 2.15 que ha sido la comarca de Uribe-Butroe la que ha conocido un incremento más acusado de población de elevado nivel socio-económico, con un aumento de residentes con estudios superiores del 238%, un incremento de ocupados en profesiones técnicas y directivas del 126% y una renta bruta per capita más elevada (11.645€).

El 87% de los municipios muestran un nivel de renta que se sitúa entre los 8.700 euros y los 12.500 euros en el año 2001. Sólo seis localidades presentan rentas superiores a este rango: Plentzia (13.093€), Lezama (13.406€), Gordexola (14.439€), Getxo (14.922€), Sukarrieta (17.038€) y Laukiz (19.958€). Exceptuando Getxo, todos son pequeños municipios de menos de 4.000 habitantes. En el otro extremo, ocho son los municipios que se encuentran por debajo de los 8.700 euros de renta per capita bruta: Lanestosa (6.879€), Karrantza (7.045€), Turtzioz (7.647€), Erandio (8.305€), Ortuella (8.445€), Sestao (8.529€), Balmaseda (8.544€) y Ondarroa (8.662€). Entre ellos se encuentran municipios

³² Debido a cambios metodológicos en la clasificación de los ocupados entre el Censo de 1991 y de 2001, las cifras sobre ocupados en profesiones técnicas y directivas según tamaño de municipio se deben considerar aproximadas, pero son adecuadas para conocer las diferencias significativas entre los diferentes grupos de municipios. En el caso de las comarcas, las cifras de ambos Censos si son comparables.

agrícolas y alejados de la capital, como Karrantza o Turtzioz, y localidades que tuvieron un gran peso económico en la época anterior a la crisis de los ochenta, como es el caso de Erandío, Ortuella, Ondarroa o Sestao.

Tabla 2.15: Características socio-económicas y culturales de la población, por comarca (Bizkaia, 1991-2001)

Comarcas	Incremento de población con estudios superiores (1991-2001)	Incremento de ocupados en profesiones técnicas y directivas (1991-2001)	Renta bruta per capita (2001)
Arratia-Nervión	164%	68%	10.270€
Busturialdea	119%	58%	9.814€
Duranguesado	178%	59%	10.478€
Encartaciones	190%	69%	9.158€
Gran Bilbao	108%	31%	10.654€
Lea-Artibai	118%	38%	9.416€
Uribe-Butroe	238%	126%	11.645€

FUENTE: Elaboración propia, con datos de los Censos de Población y Viviendas (1991, 2001).

A la vista de los datos expuestos en este apartado se puede concluir que, como consecuencia de las dinámicas demográficas de la década 1991-2001, los pequeños municipios rurales han experimentado incrementos poblacionales espectaculares, mientras que los mayores centros urbanos-industriales han perdido población. Además, las comarcas colindantes con el Gran Bilbao han sido las destinatarias de incrementos demográficos más elevados, en contraste con otras de carácter más periférico que han perdido parte de sus habitantes. La causa principal de estas variaciones han sido las migraciones internas, fundamentalmente las que se han dirigido desde las zonas en declive industrial, situadas en la margen izquierda del Nervión y en el Duranguesado, hacia pequeños municipios localizados en los entornos del Gran Bilbao (Uribe-Butroe) o en comarcas más alejadas pero con alto valor ambiental (Busturialdea y Arratia-Nervión). Estos cambios de residencia han sido protagonizados en gran medida por personas con estudios superiores, muchos de ellos ocupados en profesiones técnicas y directivas, y por familias con hijos en busca de hábitats de calidad.

2.4 Transformación en el uso del suelo en Bizkaia en el periodo 1991-2001

En el capítulo 1 se describió el desarrollo urbano en Europa durante las últimas décadas del siglo XX como una expansión por la dispersión y la disminución de la

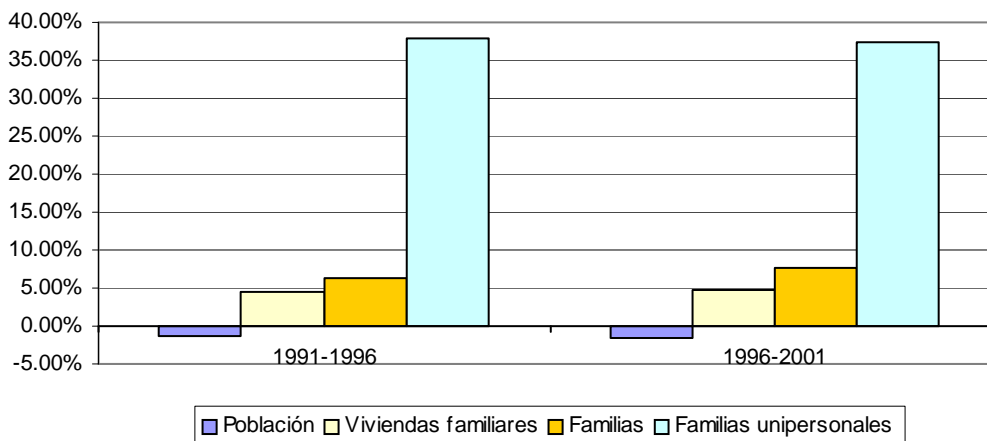
diversidad funcional de la ciudad. Basándose en los aspectos morfológicos de la ciudad, Muñiz *et al.* (2007) definen la dispersión urbana como un modelo de expansión caracterizado por al menos una de las siguientes pautas: baja densidad, baja centralidad, baja proximidad, baja concentración y discontinuidad. En este sentido, teniendo en cuenta la primera hipótesis de trabajo planteada en el capítulo introductorio de esta investigación, ¿podemos afirmar que la expansión de las ciudades vizcaínas en los años 90 respondió a un patrón de desarrollo urbano disperso, con una tendencia hacia la especialización funcional y generadora de una mayor necesidad de desplazamiento en transporte motorizado?

2.4.1 La construcción de nueva vivienda

Tradicionalmente el crecimiento de las ciudades estuvo motivado por el incremento de la población urbana. Sin embargo, actualmente los motivos de la expansión urbana son otros. Ejemplo de ello es la tendencia demográfica regresiva experimentada en Bizkaia en el periodo 1991-2001, que contrasta con el incremento en el número de viviendas familiares a lo largo de la década³³ (10,1% entre 1991 y 2001). El fenómeno de la segunda residencia, la disminución del tamaño medio familiar y el incremento espectacular de las familias unipersonales han influido decisivamente en el aumento de la demanda de vivienda, a pesar del estancamiento demográfico (ver gráfico 2.3).

La construcción de nuevas viviendas ha tenido una enorme trascendencia en muchos municipios pequeños. La tabla 2.16 muestra que son los municipios entre 2.001 y 10.000 habitantes los que han experimentado los mayores incrementos en el número de viviendas familiares (17,4%), seguidos de las poblaciones entre 10.001 y 20.000 habitantes (13,9%) y las menores de 2.000 habitantes (12,9%). Estos índices disminuyen a menos de la mitad en el caso de los municipios mayores de 50.000 habitantes (alrededor del 6%).

³³ El INE y el Eustat definen como vivienda familiar toda habitación o conjunto de habitaciones y sus dependencias que ocupan un edificio o una parte estructuralmente separada del mismo y que, por la forma en que han sido construidas, reconstruidas o transformadas, están destinadas a ser habitadas por una o varias personas, y en la fecha censal no se utilizan totalmente para otros fines. Las viviendas familiares están incluidas en el Censo de Viviendas con independencia de que estén ocupadas o no en el momento del Censo.

Gráfico 2.3: Variación de la población, del número de viviendas familiares, número de familias y familias unipersonales (Bizkaia, 1991-2001)

FUENTE: Elaboración propia, con datos del Eustat.

Tabla 2.16: Incremento porcentual de viviendas según clase por tamaño de municipio (Bizkaia, 1991-2001)

Tamaño del municipio	Incremento de viviendas familiares	Incremento de viviendas principales	Incremento de viviendas no principales
<2.000 habitantes	12,9%	14,6%	10,2%
2.001-10.000	17,4%	16,3%	21,1%
10.001-20.000	13,9%	13,0%	18,6%
20.001-50.000	12,7%	11,7%	21,1%
50.001-100.000	6,7%	6,0%	12,4%
>100.001 hab.	5,9%	5,7%	7,6%

FUENTE: Elaboración propia, con datos de los Censos de Población y Viviendas (1991, 2001).

Sin embargo, en las poblaciones con menos de 2.000 habitantes, el aumento del conjunto de viviendas familiares es inferior al de viviendas principales³⁴ (12,9% frente a 14,6%, respectivamente), de lo que cabe deducir que parte de las nuevas viviendas principales se han creado a través de la conversión de residencias secundarias y viviendas vacías en viviendas principales.

La tabla 2.17 refleja una vez más que, por comarcas, es Uribe-Butroe (47,4%) la que ha registrado los mayores incrementos de viviendas principales entre 1991 y 2001.

³⁴ El INE y el Eustat consideran que una vivienda familiar es principal cuando es utilizada toda o la mayor parte del año como residencia habitual de una o más personas. Una vivienda familiar se considera no principal si es secundaria o está desocupada. Una vivienda familiar se considera secundaria cuando es utilizada solamente parte del año, de forma estacional, periódica o esporádica y no constituye residencia habitual de una o varias personas.

Además, parte de estas viviendas principales se han creado a expensas de la ocupación permanente de viviendas secundarias (-7%) o vacías (-13,7%). En el otro extremo, las comarcas de Lea-Artibai (7,6%) y Gran Bilbao (8%) muestran un ritmo más lento de construcción de nuevas viviendas. Es de destacar la disminución de viviendas vacías en el Gran Bilbao (-24,5%) y Busturialdea (-16,6%). Asimismo, llama la atención la disminución del número de viviendas secundarias en Lea-Artibai (-19,9%) y en el Duranguesado (-16,9%), muchas de las cuales se han convertido en residencias principales.

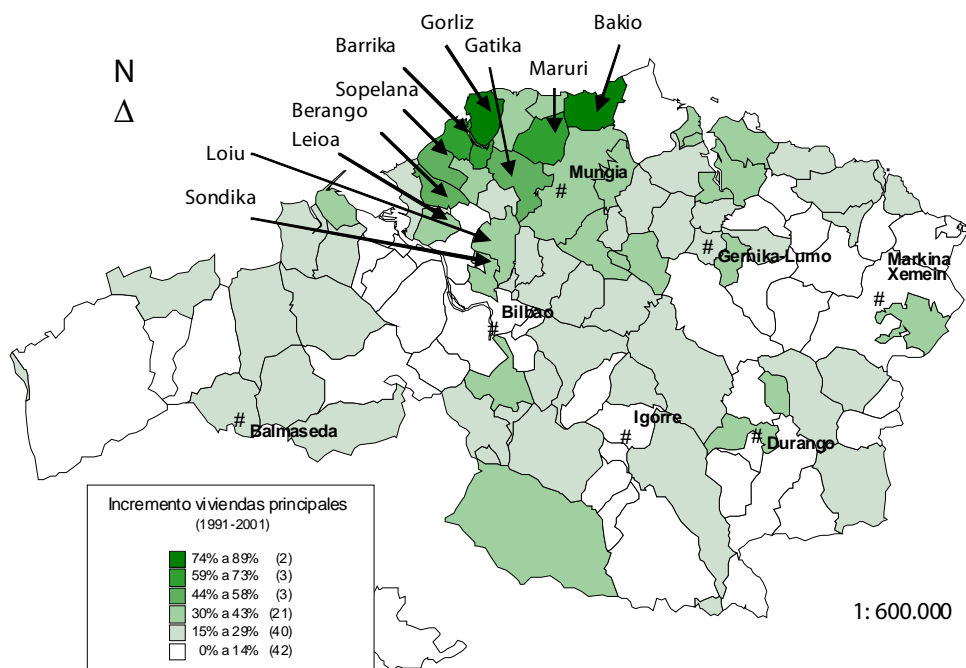
Tabla 2.17: Incremento porcentual de las viviendas y sus clases por comarca (Bizkaia, 1991-2001)

Comarcas	Incremento del total de viviendas			
	Viviendas familiares	Principales	Secundarias	Vacías
Arratia-Nervión	12,0%	16,9%	-1,1%	1,4%
Busturialdea	10,0%	15,8%	8,7%	-16,6%
Duranguesado	16,2%	19,9%	-16,9%	-1,1%
Encartaciones	14,7%	17,3%	0,5%	8,5%
Gran Bilbao	8,0%	12,9%	2,8%	-24,5%
Lea-Artibai	7,6%	16,0%	-19,9%	2,9%
Uribe-Butroe	20,6%	47,4%	-7,0%	-13,7%

FUENTE: Elaboración propia, con datos de los Censos de Población y Viviendas, (1991, 2001).

El mapa 2.6 constata que los mayores índices de aumento de viviendas principales se localizan en algunos municipios de la margen derecha del Nervión: Berango (57%), Sondika (40%), Loiu (34%) y Leioa (33%); y en la comarca de Uribe-Butroe: Gorniz (89%), Bakio (81%), Maruri-Jatabe (66%), Plentzia (65%), Barrika (64%), Gatika (53%) y Sopelana (47%). La magnitud que ha adquirido el incremento del número de viviendas principales en muchos municipios pequeños de Bizkaia entre 1991 y 2001 ha sido verdaderamente espectacular, lo que ha causado importantes transformaciones en el tamaño y en la morfología tradicional de los núcleos rurales. Los municipios rurales localizados en los radios de acción de los grandes centros de población y que gozan de mayor accesibilidad desde los grandes centros urbano-industriales son los que han conocido las transformaciones más espectaculares. Se identifican siete municipios en toda Bizkaia en los que al menos el 25% de las viviendas existentes en 2001 fueron construidas en el periodo estudiado. Los mayores porcentajes se observan en Gatika (37,4%), Etxebarri (31,5%), Garai (29%) y Murueta (28,6%).

Mapa 2.6: Incremento de viviendas principales en los municipios de Bizkaia (1991-2001)



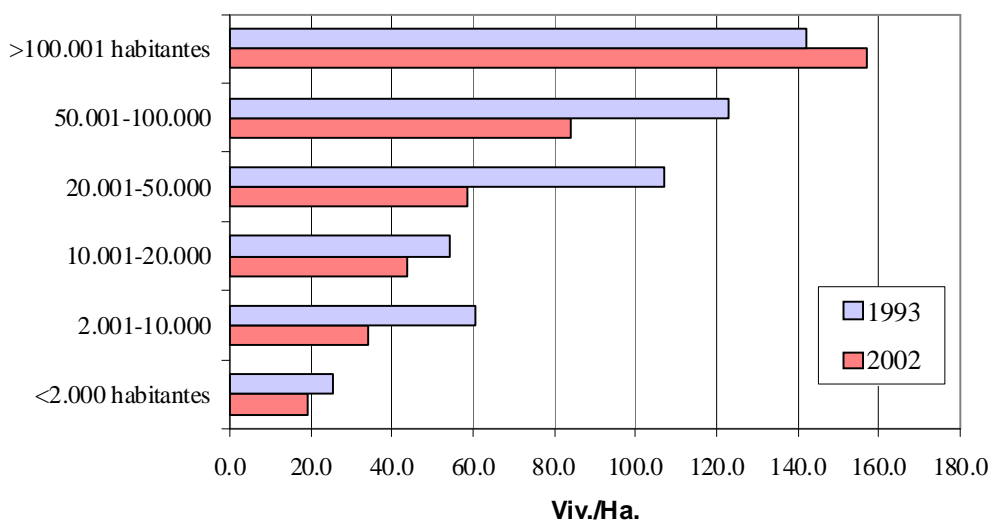
FUENTE: Elaboración propia, con datos de los Censos de Población y Viviendas (1991, 2001).

En cuanto a las características de los nuevos desarrollos urbanos se refiere, las DOT de la C. A. de Euskadi definen tres modos de intervención en cuanto a la construcción de nuevas viviendas:

1. Regeneración: la adecuación de determinadas áreas, generalmente industriales, surgidas durante la época de industrialización masiva de la CAE o la reconversión a usos mixtos de suelos urbanos ocupados por la industria a usos mixtos.
2. Redensificación: la modificación de los parámetros de suelos urbanizables, o aptos para urbanizar, en los que se considera que la densidad de viviendas por hectárea es excesivamente baja y, por ello, no atiende a la demanda de asentamientos o no optimiza el uso del suelo como recurso. Se puede diferenciar entre desarrollos de:
 - Baja densidad: inferior a 30 viviendas por hectárea.
 - Media densidad: entre 30 y 50 viviendas por hectárea.
 - Alta densidad: superior a 50 viviendas por hectárea.
3. Nuevos desarrollos: la creación de nuevos suelos de residencia o actividad económica. En estos nuevos desarrollos se distinguen los mismos niveles de densidad del tipo anterior.

Dependiendo del tipo de intervención, las nuevas construcciones afectarán de forma diferente a la densidad de viviendas del municipio. Los datos proporcionados por UDALPLAN correspondientes a los años 1993 y 2002 nos servirán para aproximarnos a la evolución de la densidad de edificación a lo largo de la década estudiada. El gráfico 2.4 y la tabla 2.18 muestran un descenso generalizado en la densidad de edificación, exceptuando el caso de Bilbao (único municipio de más de 100.000 habitantes), en el que el número de viviendas por hectárea urbana residencial ha aumentado un 10%.

Gráfico 2.4: Densidad de edificación por tamaño de municipio (Bizkaia, 1993-2002) (Viv./Ha. urbana residencial)



FUENTE: Elaboración propia, con datos de UDALPLAN (1994, 2003).

Los grandes municipios vizcaínos se caracterizan por la escasez de suelo urbano, por lo que la construcción de nuevas viviendas se ha basado fundamentalmente en la regeneración de áreas antes industriales ubicadas dentro del área urbana y por la redensificación. En contraste, en los municipios medianos y de menor tamaño es de destacar el incremento de viviendas unifamiliares y bifamiliares, superior al incremento total de viviendas, con un mayor peso de los desarrollos urbanos de baja densidad y el descenso general en la densidad de viviendas (ver tabla 2.18). En este sentido, destaca la presencia de viviendas unifamiliares en los municipios de menos de 2.000 habitantes (47,3% de las nuevas construcciones) en comparación a la utilización de este tipo de viviendas en los municipios con más de 100.000 habitantes (en Bilbao representaron el 0,6%). Hay que tener en cuenta que la vivienda unifamiliar, en el caso de Bizkaia el caserío, es la forma habitual de edificación en los pequeños municipios rurales.

Tabla 2.18: Variación de la densidad de viviendas por hectárea en Bizkaia, por tamaño de municipio (1993-2002)

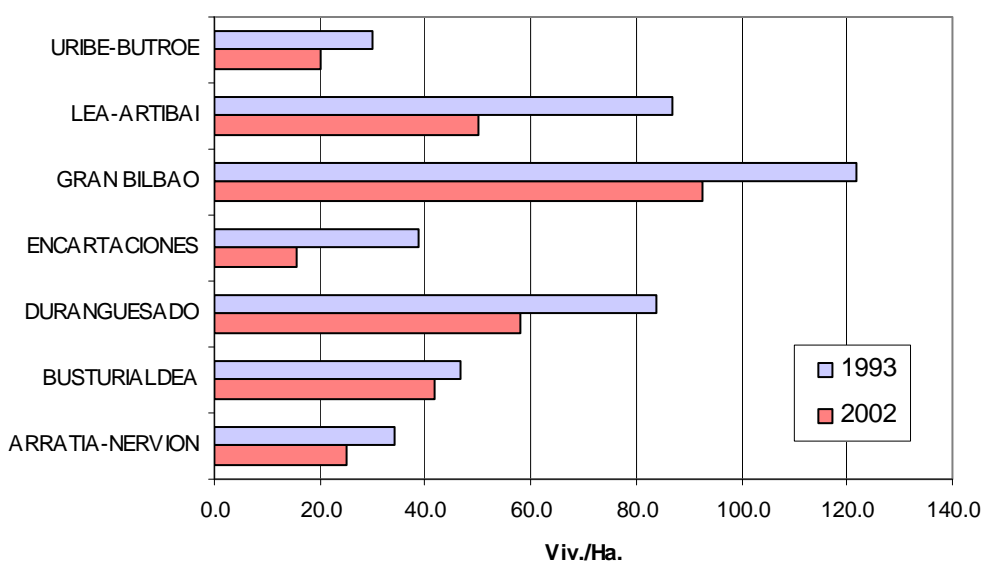
Tamaño del municipio	Viviendas /Ha. de superficie residencial urbana (2002)	Variación de la densidad (1993-2002)	Incremento viviendas familiares (1991-2001)		Proporción de viviendas unifamiliares nuevas ⁽¹⁾
			Total	Unifamiliares y bifamiliares	
<2.000 hab.	19,1	-25%	13%	14%	47,3%
2.001-10.000	34,2	-43%	17%	21%	17,9%
10.001-20.000	43,8	-20%	14%	23%	12,7%
20.001-50.000	58,4	-46%	13%	14%	4,9%
50.001-100.000	83,8	-32%	7%	25%	9,3%
>100.001 hab.	157,0	10%	6%	4%	0,6%

(1) Calculado sobre el total de viviendas nuevas.

FUENTE: Elaboración propia con datos de UDALPLAN (1994, 2003).

El gráfico 2.5 y la tabla 2.19 presentan el número de viviendas por hectárea urbana residencial en las comarcas de Bizkaia según datos de UDALPLAN (1994, 2003) y muestran que ninguna de ellas ha quedado al margen de este descenso generalizado en la densidad de edificación entre 1993 y 2002. Encartaciones, Uribe-Butroe y Arratia-Nervi6n son las comarcas con menos viviendas por hectárea de superficie urbana residencial en 2002 (15,7, 20,3 y 24,9 respectivamente, valores considerados de baja densidad). La comarca de Busturialdea muestra una densidad media de 41,5 viviendas por hectárea residencial urbana, mientras que Lea-Artibai, Duranguesado y el Gran Bilbao son comarcas en las que predomina la alta densidad (50,3 , 58,2 y 92,6 viv./ha. respectivamente). Se puede observar que la disminuci6n en la densidad de viviendas es general, aunque con diferencias entre las comarcas. Encartaciones, Lea-Artibai y Uribe-Butroe son las que han experimentado un mayor descenso (-60%, -42% y -32%, respectivamente), en contraste con Busturialdea y el Gran Bilbao que muestran las cifras m1s bajas (-11% y -24%, respectivamente).

Gráfico 2.5: Densidad de edificación por comarca (Bizkaia, 1993-2002)



FUENTE: Elaboración propia con datos de UDALPLAN (1994, 2003).

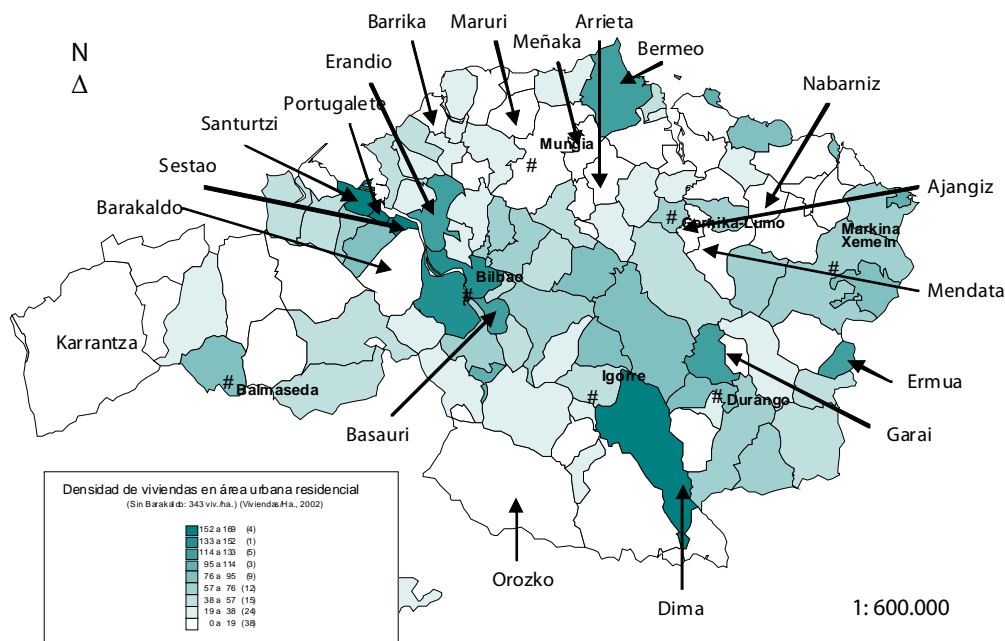
Tabla 2.19: Variación de la densidad de viviendas por hectárea en Bizkaia, por comarca (1993-2002)

Comarcas	Viviendas / Ha. de superficie residencial urbana (2002)	Variación de la densidad en el periodo 1993-2002	Incremento viviendas familiares (1991-2001)		Proporción de viviendas unifamiliares nuevas ⁽¹⁾
			Total	Unifamiliares y bifamiliares	
Arratia-Nervión	24,9	-27%	12,0%	10,9%	32,4%
Busturialdea	41,5	-11%	10,0%	19,3%	21,8%
Duranguésado	58,2	-31%	16,2%	20,8%	7,8%
Encartaciones	15,7	-60%	14,7%	24,7%	31,2%
Gran Bilbao	92,6	-24%	8,0%	3,8%	4,2%
Lea-Artibai	50,3	-42%	7,6%	22,4%	19,8%
Uribe-Butroé	20,3	-32%	20,6%	68,6%	23,6%

(1) Calculado sobre el total de viviendas nuevas.

FUENTE: Elaboración propia con datos de UDALPLAN (1994, 2003); Censos de Población y Viviendas (1991, 2001).

**Mapa 2.7: Densidad de viviendas por hectárea de área urbana residencial.
Bizkaia, 2002 (Sin Barakaldo: 343 viv./ha.)**



FUENTE: Elaboración propia, con datos de UDALPLAN (2003).

El mapa 2.7 muestra las diferencias significativas que existen en cuanto a densidades de edificación en los municipios vizcaínos. Los datos correspondientes al año 2002 oscilan entre las 343 viviendas por hectárea urbana residencial de Barakaldo (que no se ha incluido en el mapa por ser un valor muy elevado en comparación a los demás) y las 3 viv./ha. de Garai. Los municipios con mayor densidad se encuentran situados fundamentalmente alrededor de la capital, Bilbao (134 viv./ha.): Santurtzi (168 viv./ha.), Sestao (156 viv./ha.), Portugalete (153 viv./ha.), Erandio (126 viv./ha.) y Basauri (125 viv./ha.). Fuera de este área destacan únicamente el municipio pesquero de Bermeo con 129 viv./ha y la villa industrial de Ermua con 127 viv./ha. Llama la atención también la densidad de viviendas de Dima (157 viv./ha.) debida no al elevado número de viviendas por hectárea en todo su territorio, sino a la reducida área clasificada como residencial urbana (4,4 hectáreas de un total de 6.180). Entre las poblaciones de menor densidad residencial encontramos los núcleos rurales de Karrantza (5 viv./ha.), Laukiz (6 viv./ha.), Nabarniz (6 viv./ha.), Ajangiz (6 viv./ha.), Meñaka (7 viv./ha.), Arrieta (7 viv./ha.), Mendata (8 viv./ha.), Maruri (9 viv./ha.), Mallabia (9 viv./ha.), Trutzioz (10 viv./ha.), Zalla (10 viv./ha.), Orozko (11 viv./ha.) y Barrika (15 viv./ha.).

De los datos se desprende que Bizkaia es un territorio de grandes contrastes, con comarcas de elevada densidad de viviendas por hectárea urbana como el Duranguesado, Lea-Artibai o el Gran Bilbao (esta última con cifras muy superiores a las 50 viv./ha. urbana considerados como alta densidad); comarcas con una densidad media como Busturialdea (41,5 viv./ha. urbana); y comarcas con una densidad por

debajo de las 30 viv./ha. urbana como Arratia-Nervión, Uribe-Butroe y Encartaciones. Todas ellas, exceptuando la ciudad de Bilbao, han experimentado una tendencia hacia la disminución de esa densidad en sus nuevos desarrollos urbanos, que ha afectado en mayor medida a los pequeños municipios rurales con disponibilidad de suelo para la expansión urbana.

2.4.2 Evolución de la diversidad funcional en los municipios

En las ciudades se llevan a cabo diferentes actividades o funciones, siendo las principales la económica, la residencial y la cultural. Actualmente, la mayoría de las ciudades son multifuncionales, con unas funciones más desarrolladas que otras, aunque la importancia relativa de cada una de ellas puede variar con el tiempo. En el capítulo 1, se observó una propensión hacia la pérdida de diversidad funcional y aumento de la especialización de las ciudades europeas, que tiene un efecto directo sobre la movilidad. Vamos a analizar cuál ha sido la tendencia en Bizkaia durante la década analizada.

Para medir el carácter multifuncional de un municipio, algunos investigadores han utilizado como indicador el ratio empleos/residentes totales (Ewing *et al.*, 2002); Camagni *et al.*, 2002a, 2002b; Trivisi *et al.*, 2006, entre otros) o la relación empleos/población activa, conocido como *job ratio* (Cervero, 1989a; Pouyanne, 2004a, 2004b, 2005; Muñiz y Galindo, 2005; Muñiz *et al.*, 2007). Ambos indicadores miden el grado de mezcla entre las dos funciones esenciales de la ciudad: la residencial y la económica. Así, valores altos de los mismos indican un predominio de la función económica del municipio, en el sentido de que ofrece un número elevado de puestos de trabajo en relación a su población. Por otro lado, valores bajos de los indicadores muestran una especialización en la función residencial del municipio, mientras que los valores intermedios corresponden a municipios con una mezcla equilibrada entre ambas funciones.

El índice de autocontención laboral utilizado por Camagni *et al.* (2002a, 2002b) y Trivisi *et al.* (2006) entre otros, está relacionado con los dos indicadores anteriores y mide la proporción de población ocupada que tiene su domicilio y trabajo en el mismo municipio, reflejando así la capacidad de cada municipio para retener a sus trabajadores, reduciendo el flujo pendular.

Tabla 2.20: Mezcla funcional y autocontención laboral por tamaño de municipio (Bizkaia, 1991- 2001)

Tamaño del municipio	Empleos/ Residentes 2001	Empleos/ Población activa 2001	Indice de autocontención laboral (%)	
			1991	2001
<2.000 habit.	40%	74%	31%	24%
2.001-10.000	42%	94%	35%	30%
10.001-20.000	34%	74%	55%	44%
20.001-50.000	31%	68%	31%	28%
50.001-100.000	20%	44%	28%	26%
>100.001	37%	83%	60%	56%
Bizkaia	34%	74%	45%	40%

FUENTE: Elaboración propia, con datos de los Censos de Población y Viviendas (1991, 2001).

Analizando estos indicadores, recogidos en la tabla 2.20 se puede observar que los municipios que proporcionan más alternativas de trabajo a su población activa son, por un lado, los menores de 10.000 habitantes que ofrecen empleo al 74% de su población activa en el caso de los municipios menores de 2.000 habitantes y al 94% en aquellos con una población entre 2.000 y 10.000 habitantes y, por otro, los mayores de 100.000 habitantes, es decir, Bilbao (83%). Sin embargo, sólo una pequeña proporción de la población ocupada de los municipios más pequeños trabaja en el mismo lugar donde reside (en el año 2001, el 24% en los municipios menores de 2.000 habitantes y el 30% en los municipios entre 2.001 y 10.000 habitantes), en comparación al 56% de los ocupados de Bilbao que trabajan en la misma capital. Además, esta proporción ha descendido de una forma considerable en la última década. En el caso de los municipios rurales más pequeños, este descenso puede ser debido en parte a la falta de adecuación entre el tipo de empleo ofrecido y el elevado perfil profesional de los nuevos habitantes llegados en los años 90 (véase apartado 2.3.1).

La tabla 2.20 muestra a su vez que la tendencia hacia la disminución de la proporción de ocupados que trabajan dentro de su propio municipio de residencia ha sido generalizada (del 45% al 40% a nivel de toda la provincia). Este hecho implica que cada vez son más los que tienen que alejarse de su lugar de residencia para trabajar, aumentando la necesidad de desplazamiento al lugar de trabajo utilizando un medio de transporte motorizado.

Tabla 2.21: Mezcla funcional y autocontención laboral por comarca (Bizkaia, 1991- 2001)

Comarca	Empleos/ Residentes 2001	Empleos/ Población activa 2001	Ocupados que trabajan en el municipio de residencia	
			1991	2001
Arratia- Nervión	36%	80%	37%	32%
Busturialdea	27%	61%	57%	47%
Duranguesado	40%	84%	45%	40%
Encartaciones	20%	47%	39%	38%
Gran Bilbao	34%	76%	45%	41%
Lea-Artibai	31%	50%	55%	40%
Uribe-Butroe	26%	53%	37%	28%
Bizkaia	34%	80%	45%	40%

FUENTE: Elaboración propia, con datos de los Censos de Población y Viviendas, (1991,2001).

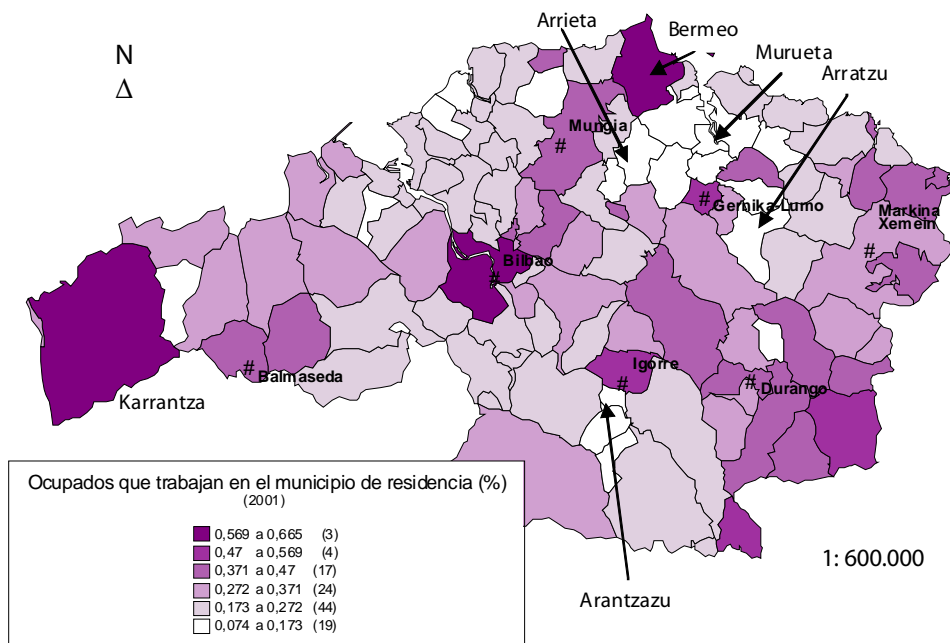
El análisis por comarcas muestra esta misma tendencia, destacando los casos de Lea-Artibai y Uribe-Butroe (ver tabla 2.21). El Duranguesado, Arratia-Nervión y el Gran Bilbao muestran los mayores índices de mezcla funcional, con oferta de empleo para el 34%-40% de sus residentes y entre el 76%-84% de su población activa. Sin embargo, Busturialdea, con una menor diversidad funcional (con empleos para el 27% de sus residentes y el 61% de su población activa), es la comarca que muestra el mayor índice de coincidencia entre el municipio de residencia y el de trabajo, aunque ha descendido de un 57% en 1991 a un 47% en 2001.

Encartaciones es la comarca que ofrece menos alternativas de empleo local a su población (20%). Sin embargo, durante la década de los 90 prácticamente se ha mantenido la proporción de personas que trabajan en su municipio de residencia (del 39% en 1991 al 38% en 2001).

Muy diferente es el caso de Uribe-Butroe, que muestra uno de los menores ratios empleo/residentes (26%) y la menor proporción de ocupados que trabajan en el municipio de residencia, a lo que hay que añadir que el descenso de este último indicador ha sido mayor que en otras zonas (del 37% en 1991 al 28% en 2001). Como, además, esta es la comarca que ha experimentado un mayor incremento de la población, se podría concluir que muchos de los nuevos habitantes que han trasladado su residencia a la zona, han mantenido su lugar de trabajo original. En general, en el periodo 1991-2001 se observa una tendencia en Bizkaia hacia la separación cada vez más frecuente entre el municipio de residencia y el de trabajo.

A nivel de municipios, los datos censales del año 2001 señalan que los municipios que retienen una mayor proporción de ocupados son el municipio rural de Karrantza³⁵ (66%), la capital Bilbao (63%) y el municipio pesquero de Bermeo (60%). En el otro extremo se encuentran los pequeños municipios de Arantzazu (7,4%), Arratzu (8,2%), Murueta (10,3%) y Arrieta (11,9%), con menos de 600 habitantes, en los que la gran mayoría de ocupados se desplazan a otras poblaciones para trabajar (ver mapa 2.8).

Mapa 2.8: Índice de autocontención laboral en Bizkaia, 2001

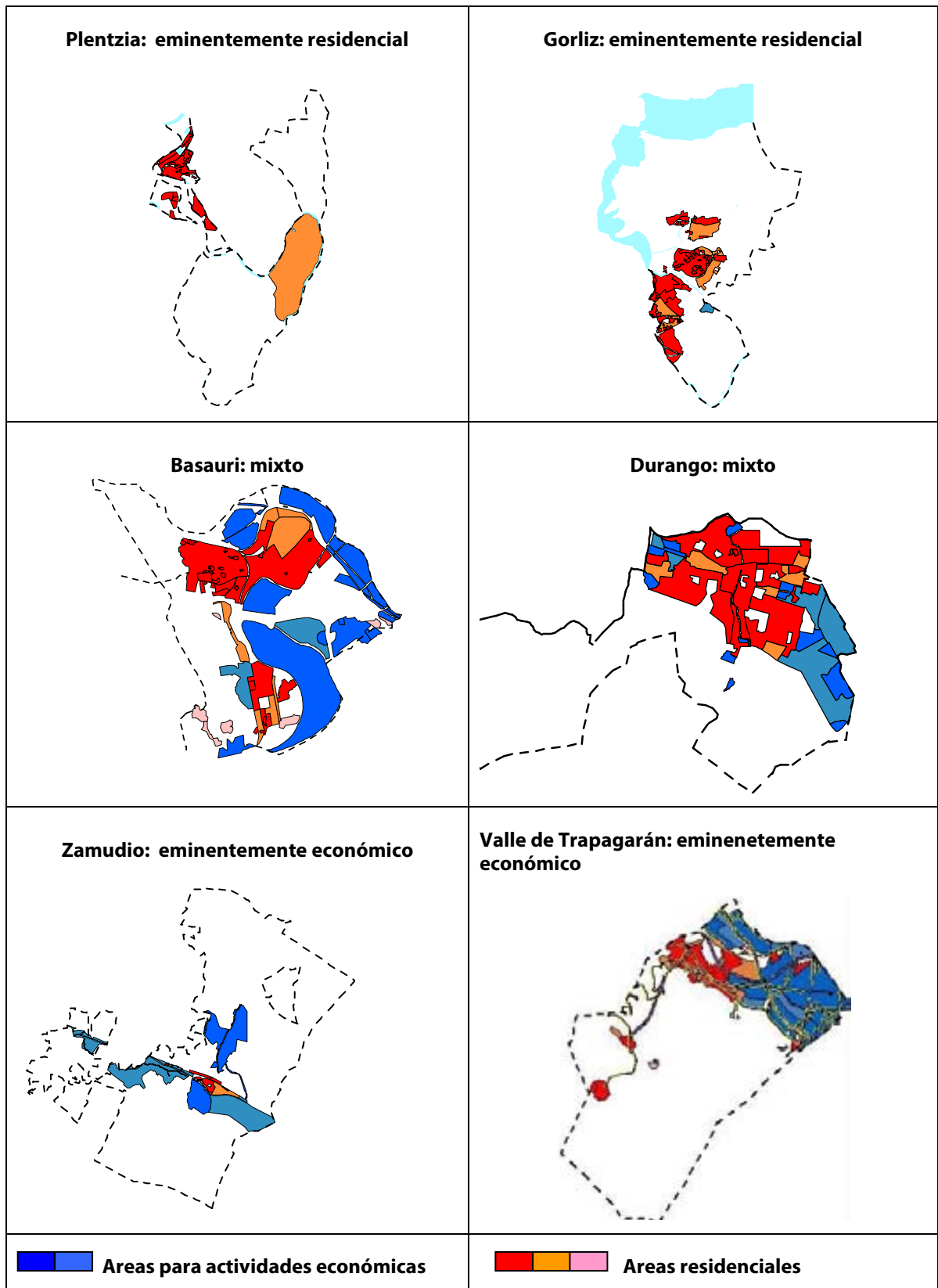


FUENTE: Elaboración propia, con datos del Censo de Población y Viviendas (2001).

Otro recurso que nos permite analizar gráficamente la complejidad funcional de los municipios de Bizkaia son los mapas proporcionados por UDALPLAN (2003), en los que se muestran las áreas destinadas por cada municipalidad a los diferentes usos en el año 2002. Observando los mapas de UDALPLAN, encontramos una gran variedad de casos: desde los municipios especializados en la función residencial como Plentzia o Gorniz, hasta los que han desarrollado en mayor medida su función económica, convirtiéndose en centro de atracción de mano de obra de otros municipios, como Zamudio o Valle de Trapagarán; pasando por algunos con un grado elevado de mezcla funcional, como es el caso de Basauri o Durango (ver mapa 2.9).

³⁵ Karrantza es, a su vez, el municipio con un porcentaje mayor de ocupados que trabajan en su propio domicilio (22,2%), principalmente explotaciones agrícolas o ganaderas.

Mapa 2.9: Usos de suelo urbano de algunos municipios de Bizkaia, 2002



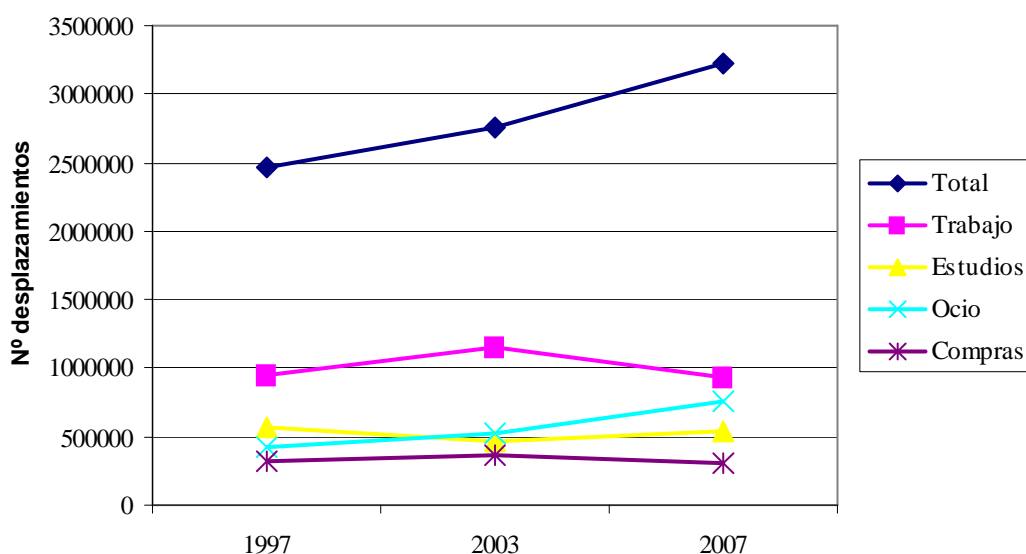
FUENTE: UDALPLAN (2003).

En este sentido, podemos corroborar la hipótesis de trabajo planteada inicialmente y afirmar que la expansión de las ciudades vizcaínas en los años 90 respondió a un patrón de desarrollo urbano disperso, caracterizado por una tendencia generalizada hacia la disminución de la densidad de edificación, la pérdida de multifuncionalidad y el alejamiento espacial entre las funciones residencial y económica de las ciudades. En consecuencia, a lo largo de la década fue aumentando la proporción de personas que trabajaban fuera de su municipio de residencia, generando una mayor necesidad de desplazarse en un medio motorizado para acudir al trabajo.

2.5 Características de la movilidad en los municipios de Bizkaia

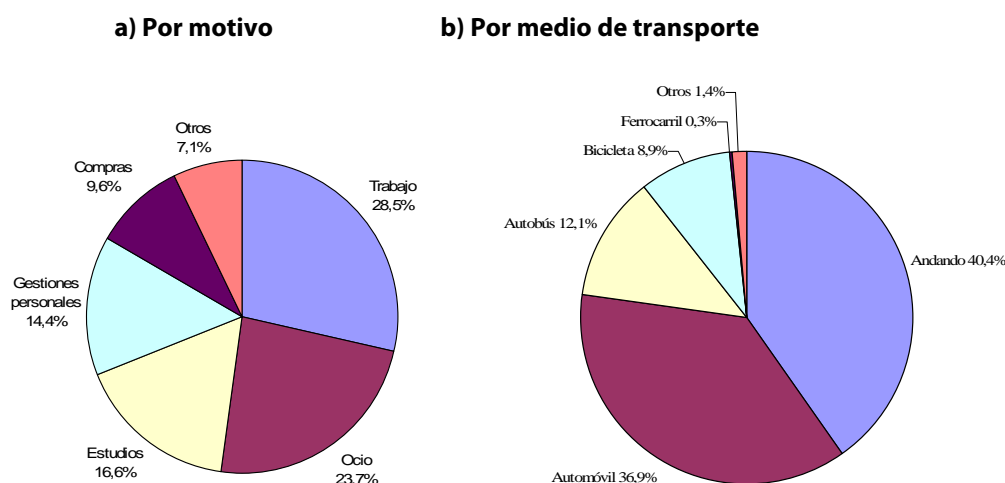
Los dos estudios de movilidad elaborados por el Gobierno Vasco desde 2003 (DTOP, 2003; DVOPT, 2007) muestran un incremento del 31% en la movilidad total de pasajeros en Bizkaia en el periodo 1997-2007. En este último año, la necesidad de acudir al lugar del trabajo fue la causa del 28,5% de los 3.224.633 de desplazamientos realizados, siendo la principal causa generadora de movilidad aunque haya mostrado una tendencia decreciente en los últimos años. Frente a este descenso en los desplazamientos laborales, los viajes por motivos de ocio han pasado a ocupar el segundo lugar (23,7%), relegando a tercera posición a los viajes para acudir al centro de estudios (16,6%) (ver gráficos 2.6 y 2.7).

Gráfico 2.6: Desplazamientos por motivos (Bizkaia, 1997-2007)



FUENTE: Elaboración propia, con datos de DTOP (2003) y DVOPT (2007).

Gráfico 2.7: Desplazamientos por motivo y modo de transporte, Bizkaia 2007



FUENTE: Elaboración propia, con datos de DVOPT (2007).

Este incremento general de la movilidad no es atribuible a un aumento de la población, ya que ésta ha decrecido ligeramente. Los estudios de movilidad antes mencionados lo asocian a una serie de factores de carácter económico y social como el aumento del empleo, del PIB, de la renta disponible, del consumo, etc., que dan como resultado un incremento de la población que se desplaza y de los viajes por individuo.

Aunque en 2007 la mayoría de los desplazamientos se realizaron andando, en las últimas décadas el automóvil ha ido ganando espacio en el conjunto de la movilidad (36,9%), con independencia del motivo (ver gráfico 2.7). Esto se debe a que los nuevos desplazamientos se van resolviendo en la mayoría de los casos con el recurso del automóvil. Sin embargo, el papel del automóvil se acentúa cuando el motivo del desplazamiento es el de acudir al puesto de trabajo (DVOPT, 2007).

2.5.1 Los desplazamientos al trabajo en el periodo 1991-2001

El proceso de expansión urbana experimentado en Bizkaia en el periodo 1991-2001 vino acompañado de un incremento de la movilidad de todo tipo. Según Torres (2006), buena parte de la población que se trasladó a pequeños municipios rurales en busca de un ambiente residencial más atractivo seguía manteniendo su lugar de trabajo en el entorno urbano de origen, incluso el lugar de realización de otras muchas actividades cotidianas como el consumo, la educación o las relaciones sociales. Esta disociación espacial conllevó un aumento sustancial de las necesidades de movilidad motorizada, que se resolvieron mediante viajes pendulares diarios cubiertos en su mayoría con el vehículo privado. Es decir, gran parte de los nuevos residentes llegados

a los núcleos rurales se convirtieron en *commuter*, viajeros que realizan diariamente en mismo trayecto, lo cual repercute en altos índices de movilidad de la población.

La información pormenorizada sobre la movilidad de las personas ha sido escasa hasta hace una década. El Censo de Población y Viviendas de 1991 proporciona poca información sobre el tema. Sólo el Censo del 2001 recoge parte de esta movilidad, pero únicamente aquella relacionada con los desplazamientos de la población ocupada y de los estudiantes mayores de 16 a su lugar de trabajo o de estudio, es decir, la movilidad ocupacional. Dado que el objetivo de esta investigación es estudiar la relación entre los factores de uso del suelo y el comportamiento de los viajes realizados por motivo de trabajo, nos centraremos en estos últimos.

La tabla 2.22 y el gráfico 2.8 muestran que en el año 2001 el vehículo privado resultó el modo de transporte más habitual en los desplazamientos al centro de trabajo en todo el territorio (52,5%), pero muy especialmente en los municipios de menor tamaño (menos de 20.000 habitantes) en los que lo utilizaron casi el 82% de los trabajadores. En estos municipios rurales ocupan el segundo lugar, pero a mucha distancia, las personas que se desplazaron a pie (alrededor del 10%). Menos del 6% de los ocupados que vivían en el entorno rural utilizaron el transporte público. La bicicleta tuvo un uso muy escaso en todos los casos.

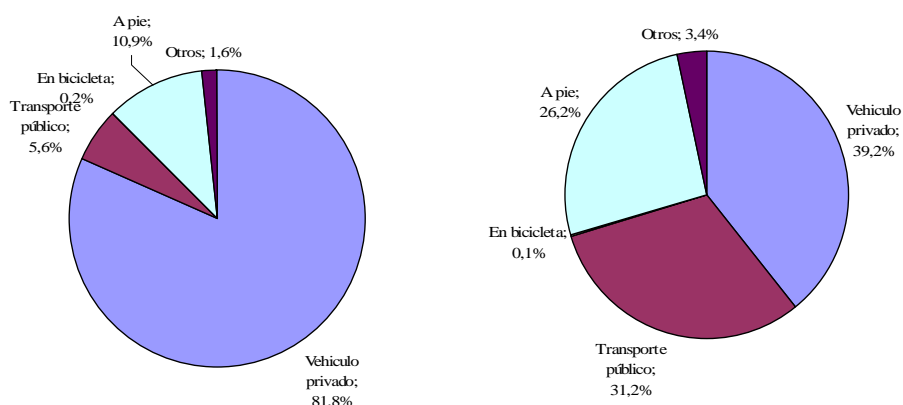
Tabla 2.22: Reparto modal en viajes por motivo trabajo por tamaño de municipio, (Bizkaia, 2001)

Tamaño del municipio	Vehículo privado	Transporte público	Bicicleta	A pie	Otros
<2.000 habitantes	81,8%	5,6%	0,2%	10,9%	1,6%
2.001-10.000	64,0%	12,6%	0,2%	21,0%	2,2%
10.001-20.000	59,2%	15,3%	0,2%	23,2%	2,1%
20.001-50.000	55,7%	21,9%	0,1%	20,2%	2,1%
50.001-100.000	52,2%	26,4%	0,1%	18,7%	2,6%
>100.001	39,2%	31,2%	0,1%	26,2%	3,4%
Bizkaia	52,5%	23,0%	0,1%	21,8%	2,6%

FUENTE: Elaboración propia, con datos del Censo de Población y Viviendas (2001).

Gráfico 2.8: Reparto modal por motivo trabajo (Bizkaia, 2001)

a) Municipios de < 2.000 habitantes **b) Municipios de > 100.000 habitante**



FUENTE: Elaboración propia, con datos del Censo de Población y Viviendas (2001).

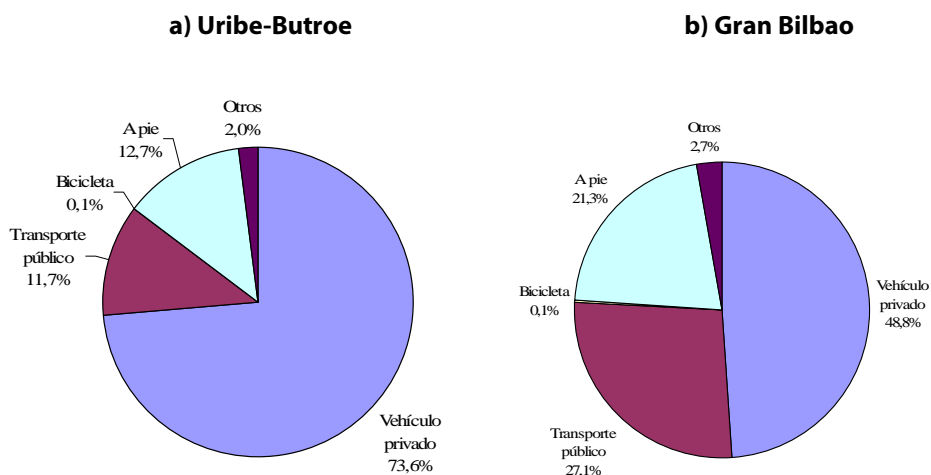
A medida que aumenta el tamaño de los municipios, las cifras muestran que el transporte público y los desplazamientos a pie van ganando importancia. Así, en los municipios de más de 100.000 habitantes (Bilbao) el vehículo privado pierde más de 40 puntos porcentuales, siendo utilizado por el 39% de las personas desplazadas. Parte de estos puntos porcentuales los gana el transporte público (aumenta en 25) y los desplazamientos a pie (ganan 16 puntos).

Los datos de la tabla 2.23 evidencian que el vehículo privado fue el modo de transporte utilizado por más de la mitad de las personas en sus desplazamientos, exceptuando la comarca del Gran Bilbao, en la que el porcentaje desciende al 48,8%. Es de destacar el caso de Uribe-Butroe, comarca que ha experimentado en mayor medida el proceso de expansión suburbana en la década analizada, donde casi el 74% de los viajes se realizaron en coche (ver gráfico 2.9).

Tabla 2.23: Reparto modal en viajes por motivo trabajo por comarca, 2001

Comarca	Vehículo privado	Transporte público	Bicicleta	A pie	Otros
Arratia- Nervión	68,8%	10,9%	0,5%	18,0%	1,9%
Busturialdea	58,9%	6,7%	0,2%	32,0%	2,1%
Duranguesado	61,3%	10,8%	0,2%	25,6%	2,0%
Encartaciones	65,3%	12,4%	0,3%	19,8%	2,2%
Gran Bilbao	48,8%	27,1%	0,1%	21,3%	2,7%
Lea-Artibai	61,1%	3,6%	0,4%	32,3%	2,6%
Uribe-Butroe	73,6%	11,7%	0,1%	12,7%	2,0%

FUENTE: Elaboración propia, con datos del Censo de Población y Viviendas (2001).

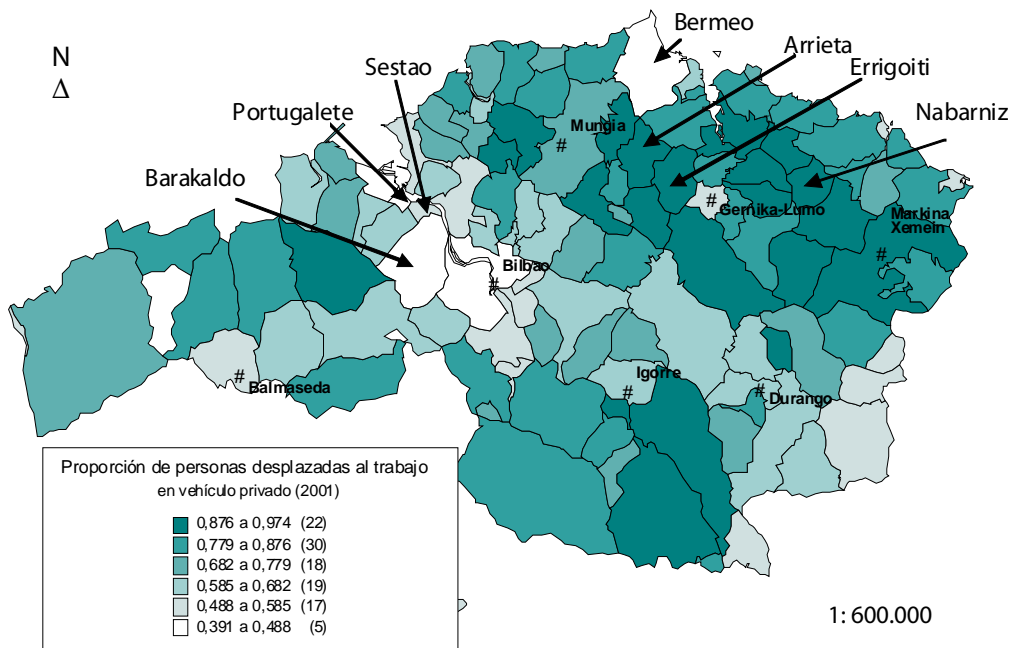
Gráfico 2.9: Reparto modal por motivo trabajo por comarca, 2001

FUENTE: Elaboración propia, con datos del Censo de Población y Viviendas (2001).

La comarca en la que el transporte público tiene una mayor participación es en el Gran Bilbao (27,1%), donde la oferta de transporte público es más numerosa y de mejor calidad. Ocurre, además, que los problemas de congestión y de aparcamiento dificultan el acceso en vehículo privado. En el otro extremo, en la comarca de Lea-Artibai únicamente el 3,6% de las personas utilizan este medio para ir a trabajar. Llama la atención que en comarcas como Busturialdea o Lea-Artibai, más del 30% de las personas se desplazaron a pie a su centro de trabajo. Sin embargo, no hay ninguna comarca que destaque por la utilización de la bicicleta como medio de transporte.

El mapa 2.10 representa la proporción de personas que en 2001 utilizaban el vehículo privado en sus desplazamientos diarios al trabajo a nivel de municipios. Observando el mapa, parece que la utilización del vehículo privado depende de diversos factores tales como la distancia a Bilbao y la disponibilidad de transporte público, un resultado que es consistente con una de las hipótesis de trabajo planteadas en el capítulo introductorio. Así, los municipios más cercanos a la capital y los que se encuentran en el trazado de las líneas del ferrocarril (en forma de X con Bilbao en el centro) son los que muestran índices menores de utilización del vehículo privado. Los porcentajes más bajos los encontramos en Bilbao (39%) y en la margen izquierda de la ría (Barakaldo (48%), Portugaleta (48%) y Sestao (49%).

Mapa 2.10: Proporción de personas desplazadas en vehículo privado en Bizkaia, por motivo trabajo, 2001



FUENTE: Elaboración propia, con datos del Censo de Población y Viviendas (2001).

En la parte superior del mapa llama la atención el caso del municipio de Bermeo, con unos índices similares de uso del coche (47%), pero que no es sustituido por el transporte público (14%), sino por los desplazamientos a pie (45%). Se trata de un importante municipio cuya economía se basa mayoritariamente en la pesca y en las conservas de pescado y en el que una proporción importante de los habitantes trabajan en el mismo municipio. Por el contrario, los desplazamientos en coche privado adquieren mayor presencia en pequeños municipios más alejados y peor comunicados a través de transporte público con Bilbao. Este es el caso de Errigoiti (97%), Arrieta (97%) o Nabarniz (91%).

La importancia de los desplazamientos en coche está estrechamente relacionada con el número medio de vehículos por hogar. Como era de esperar, son los municipios menores (1,28) y la comarca de Uribe-Butroe (1,39) los que tienen una mayor índice de vehículos por hogar. La cantidad de coches por hogar disminuye a medida que aumenta el tamaño del municipio (ver tabla 2.24).

En relación a los municipios, Laukiz y Maruri son los que presentan un número medio de vehículos por hogar más elevado (1,87 y 1,7 respectivamente). Karrantza (0,65), Sestao (0,71), Bilbao (0,76) y Barakaldo (0,76) muestran los valores más bajos (ver mapa 2.11).

Tabla 2.24: Número medio de vehículos por hogar, Bizkaia 2001

a) Por tamaño de municipio

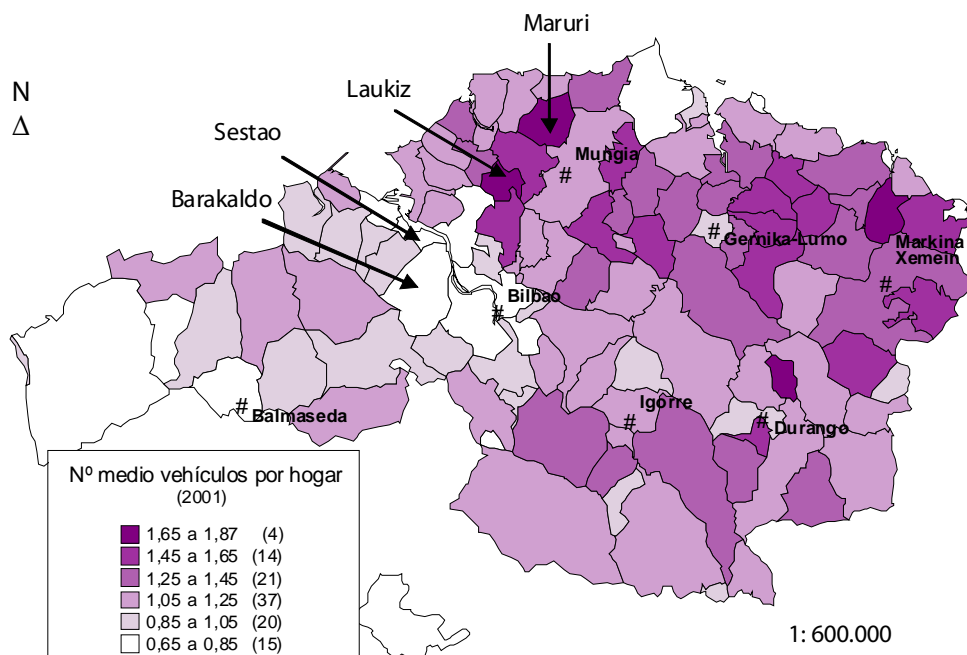
Tamaño del municipio	Número medio de vehículos por hogar (2001)
<2.000 habitantes	1,28
2.001-10.000	1,02
10.001-20.000	0,98
20.001-50.000	0,88
50.001-100.000	0,89
>100.001 habit.	0,76

b) Por comarca

Comarcas	Número medio de vehículos por hogar (2001)
Arratia-Nervión	1,09
Busturialdea	1,27
Duranguesado	1,22
Encartaciones	0,99
Gran Bilbao	1,00
Lea-Artibai	1,31
Uribe-Butroe	1,39

FUENTE: Elaboración propia, con datos del Censo de Población y Viviendas (2001).

Mapa 2.11: Número medio de vehículos por hogar en los municipios de Bizkaia, 2001



FUENTE: Elaboración propia, con datos del Censo de Población y Viviendas (2001).

2.5.2 La oferta de transporte motorizado

El modelo de movilidad depende en gran medida de la existencia y calidad de la oferta transporte público y de las infraestructuras viarias. Para responder a la elevada movilidad por carretera, en 2009 Bizkaia disponía de una red viaria de 1.337 Kms de

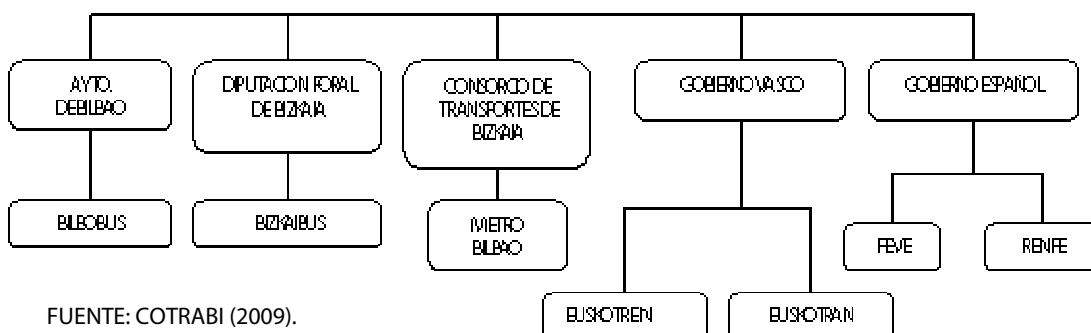
Tabla 2.25: Red de carreteras de Bizkaia por tipo

Tipo de carretera	Longitud (km)			Densidad (m/km ²) ⁽¹⁾		
	1992	2001	2009	1992	2001	2009
Autopistas peaje	56	59	84	25,3	26,6	37,9
Autopistas libres, autovías y carreteras de doble calzada	66	105	132	29,8	47,4	59,5
Carreteras de calzada única	1.372	1.319	1.121	618,8	594,9	505,6

⁽¹⁾ Calculado a partir de la longitud de la red de carreteras y la superficie de Bizkaia.
FUENTE: Observatorio del transporte de Euskadi (OTEUS).

Un análisis comparativo de la densidad de la infraestructura viaria en Bizkaia con el resto del Estado y la UE-27 permite concluir que en 2008, Bizkaia contaba con una red de carreteras proporcionalmente más tupida, con una densidad de 609,8 m/km², sensiblemente superior a la del conjunto del Estado y la UE-27 (326,3 m/km² y 402 m/km² respectivamente). Asimismo, la proporción de vías de gran capacidad se situaba en un 16% en Bizkaia, por encima del nivel registrado en el conjunto del Estado y en la UE-27 (9,2% y 14,7% respectivamente) (OTEUS, 2010).

En el ámbito del transporte público de viajeros, en Bizkaia son varias las administraciones que tienen competencias y prestan su servicio a través de distintas empresas u operadores públicos o privados. Las Administraciones Locales, Ayuntamientos y Diputación Foral de Bizkaia proporcionan transportes urbanos e interurbanos de autobús bajo denominaciones y características propias, tales como Bilbobus, Bizkaibus, etc. Los Gobiernos Autonómico y Central, así como el Consorcio de Transportes de Bizkaia (COTRABI) estructuran el transporte ferroviario apoyándose en sus respectivas entidades operadoras, tales como Renfe, Feve, Euskotren y Metro Bilbao (COTRABI, 2009) (ver figura 2.1)

Figura 2.1: Sistema de transportes de Bizkaia

FUENTE: COTRABI (2009).

El transporte de personas cuenta con un total de 126 líneas de transporte público:

- 117 líneas de autobuses, 25 de carácter urbano y el resto interurbano, que cubren gran parte del territorio (108 de 111 municipios) (ver mapa 2.13);
- 9 líneas de trenes, que atraviesan únicamente el 37% de los municipios de la provincia (41 de 111) (ver mapa 2.14);
- la oferta ferroviaria se completa con el metro de Bilbao. En 1995 inauguró las primeras 23 estaciones de la Línea 1, correspondientes al tramo comprendido entre Basauri y Plentzia (margen derecha de la ría de Bilbao), con 31 Kms de longitud, mejorando la accesibilidad de los municipios costeros de la comarca de Uribe-Butroe, uno de los destinos más importantes de las migraciones internas de la década de los 90 (ver mapa 2.5). El primer tramo de la Línea 2 no se inauguró hasta el año 2002, por lo que en el período analizado la margen izquierda aún no disponía de este servicio (ver mapa 2.14).

La tabla 2.26 muestra un panorama en el que existen 3 localidades sin oferta de transporte público, 60 municipios que disponen únicamente de servicio de autobús, 47 con acceso a dos medios de transporte público (40 de ellos con servicio de autobús y tren y 7 con acceso a bus y metro) y 1 municipio, Bilbao, con acceso a tres medios diferentes (autobús, tren y metro).

Tabla 2.26: Presencia del transporte público en los municipios de Bizkaia, 2001.

Presencia del transporte público	Nº de municipios
Sin transporte público	3
Bus	108
Tren	41
Metro	8
Sin transporte público	3
Sólo bus	60
Sólo tren	0
Sólo metro	0
Bus + tren	40
Bus + metro	7
Tren + metro	0
Bus + tren + metro	1
TOTAL	111

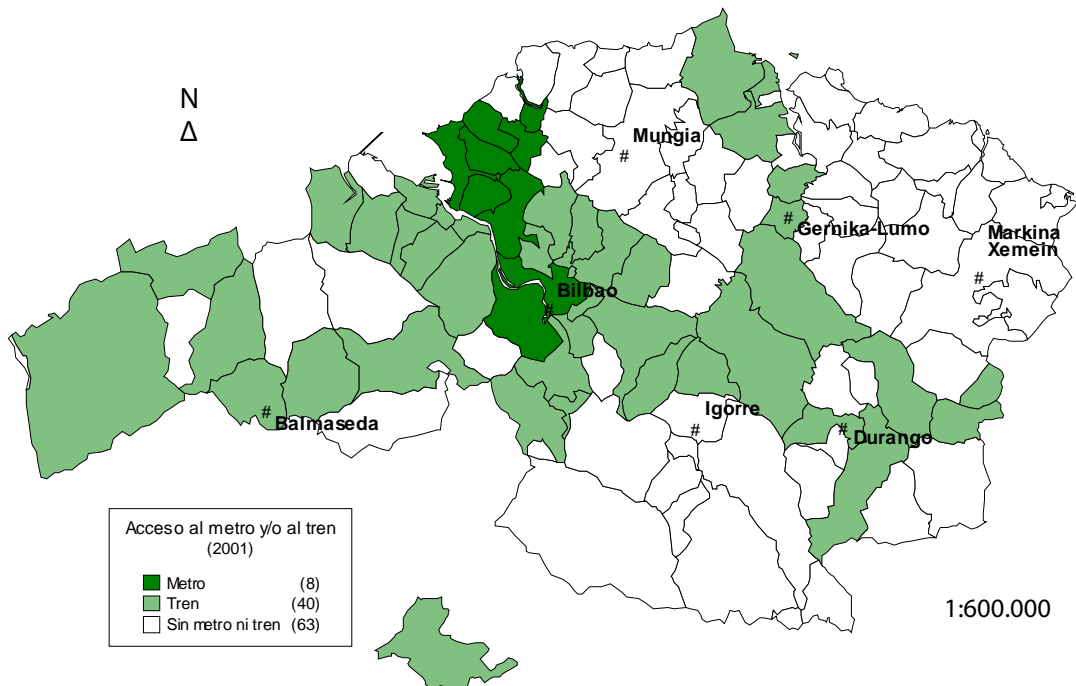
FUENTE: COTRABI.

Mapa 2.13: Red de autobuses interurbanos de Bizkaia (2008)



FUENTE: Diputación Foral de Bizkaia. Disponible en web: www.bizkaia.net (consultada en 10/08/2009).

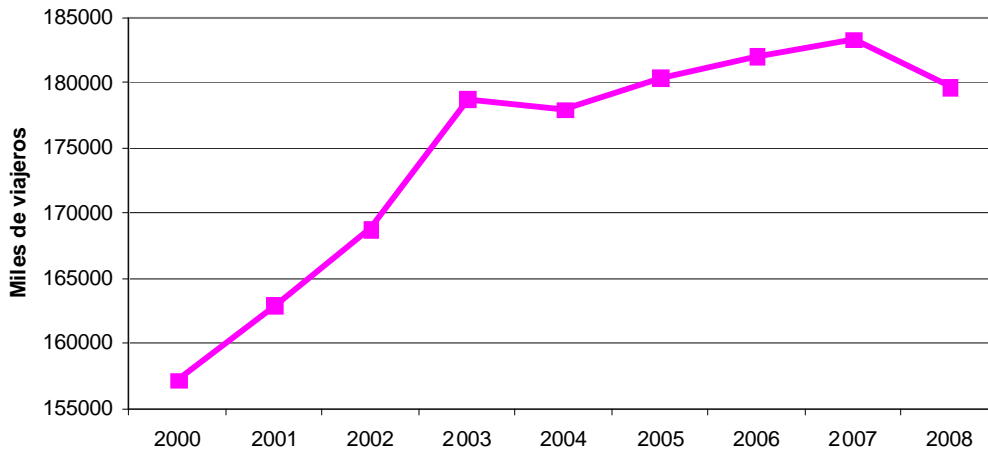
Mapa 2.14: Municipios con acceso al ferrocarril en Bizkaia, 2001



FUENTE: Elaboración propia, con datos de Infobizkaia (Diputación Foral de Bizkaia, 2001).

Los datos proporcionados a partir del año 2000 por COTRABI muestran una tendencia general al uso creciente del transporte público, con un leve descenso entre 2007 y 2008 justificado, según la fuente, por la coyuntura económica (ver gráfico 2.10).

Gráfico 2.10: Viajeros en servicios públicos de transporte colectivo por carretera y ferroviario (Bizkaia, 2000-2008) (miles de viajeros)



FUENTE: COTRABI (2009).

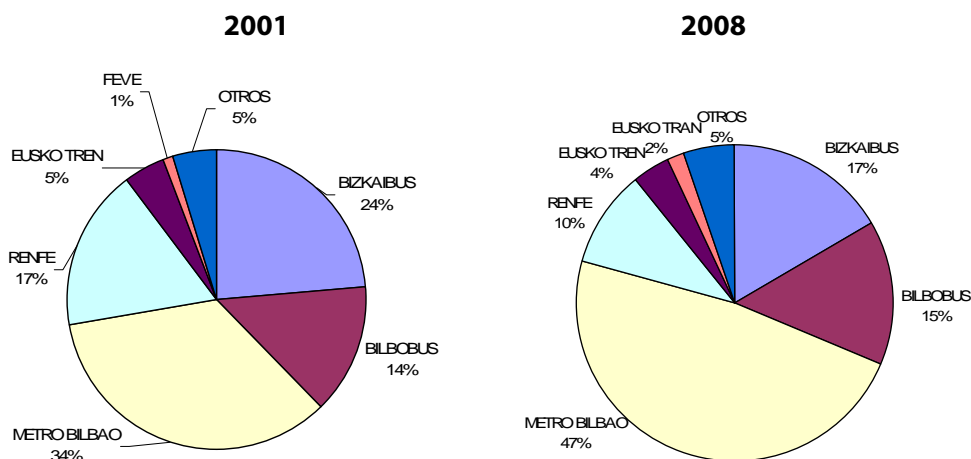
Tabla 2.27: Evolución del transporte público de Bizkaia (Miles de viajeros)

OPERADORES	2001	2005	2008
Bizkaibus	38.536	34.134	30.196
Bilbobus	23.278	26.086	26.004
Otros autobuses	316	419	641
AUTOBUS	62.129	60.639	56.841
Metro Bilbao	55.895	77.802	86.334
Renfe	28.432	21.194	18.128
Eusko Tren	7.429	7.467	6.852
Eusko Tran	-	2.822	2.847
Feve	1.835	1.945	1.541
FERROCARRIL	93.591	111.229	115.702
OTROS (Ascensores, funicular, botes,...)	7.233	8.511	7.139
TOTAL	162.953	180.378	179.681

FUENTE: COTRABI (2008, 2009).

En la tabla 2.27 y el gráfico 2.11 se puede observar que son los grandes operadores de transporte los que pierden viajes (Bizkaibus, RENFE, Eusko Tren, FEVE), exceptuando Metro Bilbao, y que el reparto modal se mantiene constante, con un ligero deslizamiento hacia el ferrocarril debido en gran medida a las ampliaciones de Metro Bilbao (COTRABI, 2009).

Gráfico 2.11:
Distribución de los viajeros entre los principales operadores de transporte público. (Bizkaia, 2001- 2008)



FUENTE: Elaboración propia a partir de COTRABI (2008, 2009).

El estudio de movilidad elaborado en el año 2003 por el Gobierno Vasco para toda la CAE sostiene que, en 2002, la oferta de plazas/hora de transporte público ascendía a 158.281, de las que el 78% correspondían a Bizkaia. Este peso se justifica por la amplitud de la oferta de tren en este territorio y, fundamentalmente, por la presencia del metro. En 2002 Bizkaia produjo 9.465 Km/hora en transporte público, casi 12 veces más que Araba y 3 veces más que Gipuzkoa. La distancia media recorrida en transporte público en Bizkaia ascendió a 6,4 kilómetros, incluyendo los desplazamientos internos en Bilbao, empleando un tiempo medio de 34,4 minutos en realizar el desplazamiento.

El estudio de movilidad anteriormente citado aporta algunos datos sobre la oferta de transporte público a nivel de comarca. La tabla 2.28 refleja la situación existente en 2002, escenario próximo al final del periodo de estudio de esta investigación, y muestra que la oferta de plazas hora por cada 1000 habitantes es muy desigual a lo largo del territorio vizcaíno. Destaca Lea-Aribai como la comarca con la oferta de transporte público más débil, muy por de bajo del promedio de la provincia (33,1 plazas hora/1000 habitantes frente a 133,9 de Bizkaia) y sin acceso al ferrocarril. Le siguen Busturialdea (61,8 plazas hora/1000 habitantes), Encartaciones (66,2) y Duranguesado (88,6). El Gran Bilbao se acerca a la media provincial (139 frente a 133),

tanto en plazas de tren como de bus. A pesar de ser, con diferencia, la comarca con una mayor oferta de transporte público (62.712 plazas de tren y 57.639 plazas de bus, para un total de 120.351 plazas hora), la elevada población del Gran Bilbao hace que el ratio plazas hora/habitantes no sea tan alto. Por encima del promedio provincial se encuentran las comarcas de Uribe-Butroe (223,3) y Arratia-Nervi3n (299,5), sobre todo por su oferta de plazas de tren en relaci3n a su menor poblaci3n.

**Tabla 2.28: Oferta de transporte p3blico por comarca. (Bizkaia 2002).
(plazas hora/1000 habitantes)**

COMARCA	Plazas hora Tren ⁽¹⁾ /1000 hab.	Plazas hora Bus/1000 hab.	Total Plazas hora /1000 hab.
Arratia-Nervi3n	197,5	102,0	299,5
Busturialdea	20,9	40,9	61,8
Duranguesado	40,7	48,0	88,6
Encartaciones	38,6	27,6	66,2
Gran Bilbao	72,4	66,6	139,0
Lea-Artibai	0,0	33,1	33,1
Uribe-Butroe	189,0	34,3	223,3
Bizkaia	72,3	61,6	133,9

⁽¹⁾ Incluye tranvía.

FUENTE: DTOPI (2003).

Respecto a la percepci3n de los usuarios sobre la calidad del transporte p3blico en la provincia, una encuesta realizada en mayo de 2001 por la empresa IKERFEL para el Consorcio de Transportes de Bizkaia (COTRABI, 2001) los encuestados asignaban una puntuaci3n media de 6,8 en una escala de 0 a 10, donde 0 significaba muy baja calidad y 10 muy buena. Por otro lado, el 89% de los entrevistados consideraban que el transporte p3blico era un indicador relevante a la hora de valorar la calidad de un n3cleo urbano. En cuanto a las características del servicio, el 62% se mostraba satisfecho en lo relativo a la calidad de los veh3culos, n3mero y ubicaci3n de las paradas, pero consideraban susceptibles de mejora la frecuencia horaria, el tiempo de espera en una parada, la facilidad de trasbordo entre distintos operadores, la puntualidad y la seguridad. Asimismo, consideraban necesario el incremento del n3mero de l3neas de transporte p3blico.

Por lo tanto, los datos muestran una oferta de plazas de transporte p3blico, destacando el ferrocarril, y en concreto el metro, como medio de transporte con m3s pasajeros frente al autob3s u otros tipos de transporte minoritarios (funiculares, ascensores, etc.). Sin embargo, esta oferta es desigual a lo largo del territorio vizca3no: destaca su debilidad en la comarca de Lea-Artibai, fundamentalmente por la falta de acceso al ferrocarril; el Gran Bilbao se acerca a la oferta promedio de la provincia, mientras que Uribe-Butroe y Arratia-Nervi3n son las que ofrecen un mayor n3mero de

plazas hora por habitante. En cuanto a la calidad del servicio, los usuarios le asignan una puntuación media-alta, apuntando como aspectos a mejorar, entre otros, la frecuencia horaria, el número de paradas y su ubicación para facilitar los trasbordos entre diferentes medios de transporte.

CAPITULO 3

La econometría espacial

3.0 Introducción

El interés en el análisis espacial dentro del contexto de las ciencias sociales, y especialmente en el contexto de la economía regional y urbana, ha ido creciendo rápidamente en los últimos 30 años. El espacio ha pasado de ser entendido como simple contenedor o base sobre la que ocurren los diferentes fenómenos sociales o se desarrollan las actividades económicas, a concebirse como un elemento que forma parte de ellos y que los condiciona. El espacio puede jugar un papel importante como recurso económico, factor de producción, generador de ventajas estáticas y dinámicas para las empresas, factor de competitividad o fuente de externalidades positivas en forma de economías de aglomeración y localización (Capello, 2006)

En este contexto surge la econometría espacial, con el objetivo de resolver los problemas ocasionados por la especial naturaleza de los datos de corte transversal utilizados por la economía regional y urbana en el análisis espacial. Cuando se utilizan este tipo de datos son frecuentes los denominados efectos espaciales, la heterogeneidad y la dependencia espacial, cuyas consecuencias no siempre pueden ser tratadas por la econometría estándar. El conocimiento de los problemas causados por los efectos espaciales y sus efectos en la validez de los métodos estadísticos tradicionales se remonta a Student en 1914. Sin embargo, los comienzos en el desarrollo de un campo separado de la estadística espacial se atribuyen a la obtención de los primeros índices formales para detectar la presencia de dependencia espacial en los trabajos de Moran en 1948 y Geary en 1954.

No obstante, el término de econometría espacial como tal surge en la década de los setenta, acuñado por Paelinck y Klaassen en su libro *Spatial Econometrics* publicado en 1979. Se refería inicialmente a los esfuerzos realizados para abordar la autocorrelación

espacial en el término de perturbación de una regresión. En un sentido más amplio, Anselin (1988) definió la econometría espacial como: "...la colección de técnicas que tratan las peculiaridades causadas por el espacio en el análisis estadístico de los modelos tradicionales en el marco de la ciencia regional y urbana". Finalmente, en Anselin (2006) la econometría espacial sale de este limitado contexto y se sitúa dentro del conjunto de herramientas metodológicas de la econometría aplicada. Al mismo tiempo, se amplía su campo de aplicación desde el análisis de los datos transversales al estudio de las observaciones espacio-temporales. Hoy por hoy, la econometría espacial se define como un subconjunto de métodos econométricos que trata los aspectos espaciales presentes en las observaciones transversales y espacio-temporales. En resumen, la definición y el ámbito de la econometría espacial han evolucionado sustancialmente en los últimos 30 años, pasando de constituir una metodología "marginal" dentro de la economía regional y urbana a formar parte de la metodología de la corriente principal de la econometría (Anselin, 2009).

Actualmente, la econometría espacial está presente en muchos trabajos de investigación, especialmente en el campo del análisis de las externalidades espaciales, de la expansión de las ciudades y del crecimiento económico. A ello han contribuido diferentes instituciones como el *Center for Spatially Integrated Social Science (CSISS)*, fundado en 1999, o la *Spatial Econometrics Association (SEA)*, creada en el 2006. Esta última asociación ha organizado el *Spatial Econometrics Advanced Institute (SEAI)* y ha celebrado 3 conferencias mundiales sobre econometría espacial (Cambridge, 2007; New York, 2008; Barcelona, 2009).

La tabla 3.1 recoge una muestra de aplicaciones empíricas de los métodos de la econometría espacial en una serie de artículos de reciente publicación en diversas revistas especializadas. En el ámbito nacional, Suriñach (2006) destaca dos grupos de investigación: *Grupo de Análisis Económico Cuantitativo (GAEC)* de la Universidad de Zaragoza y *Anàlisi Quantitativa Regional (AQR)* de la Universidad de Barcelona.

La presión por el uso de esta metodología ha alcanzado también a los creadores de software. Productos como Stata, S-PLUS, Mat-Lab ó TSP ya incorporan rutinas que facilitan el análisis de datos de corte transversal espaciales, a los que se suma el cada vez más numeroso software específico del área, como los programas SpaceStat, GeoDa y PySpace, entre otros (Paelink *et al.*, 2004). Otros factores que han contribuido a la difusión de la econometría espacial son la mejora de la información estadística a nivel regional y urbano, así como la necesidad de explicar mejor ámbitos territoriales distintos a los estatales (regiones dentro de la propia Unión Europea, regiones dentro de los estados, provincias, comarcas, etc.), con el fin de diseñar políticas económicas adecuadas.

Tabla 3.1: Aplicaciones empíricas recientes en el campo de la econometría espacial

Autores	Año	Revista	Título
<i>Charlot, S.; Paty, S.</i>	2010	Urban Studies	Do Agglomeration Forces Strengthen Tax Interactions?
<i>Cohen, J. P.</i>	2010	Transportation Research: Part E: Logistics and Transportation Review	The Broader Effects of Transportation Infrastructure: Spatial Econometrics and Productivity Approaches.
<i>Naceur Sboui, A.; Hammas, M. A.</i>	2010	International Journal of Economics and Finance	Regional Growth in the Euro Mediterranean Countries: Effects of Increasing Returns and Spatial Externalities.
<i>Fingleton, B.</i>	2009	International Regional Science Review	Prediction Using Panel Data Regression with Spatial Random Effects.
<i>Moller, J.</i>	2009	Annals of Regional Science	Regional Variations in the Price of Building Land: A Spatial Econometrics Approach for West Germany.
<i>Billon, M; Ezcurra, R.; Lera-López, F.</i>	2009	Growth and Change	Spatial Effects in Website Adoption by Firms in European Regions.
<i>Tong, D.; Murray, A.T.</i>	2009	Papers in Regional Science	Maximizing coverage of spatial demand for service.
<i>Chasco, C.; Le Gallo, J.</i>	2008	Empirical Economics	Spatial analysis of urban growth in Spain, 1900-2001.
<i>Anselin, L; Lozano-Gracia, N.</i>	2008	Empirical Economics	Errors in variables and spatial effects in hedonic house price models of ambient air quality.
<i>Fingleton, B.</i>	2008	Empirical Economics	A Generalized Method of Moments Estimator for a Spatial Model with Moving Average Errors, with Application to Real Estate Prices.
<i>Kholodilin, K.A.; Siliverstovs, B.; Kooths, S.</i>	2008	Spatial Economic Analysis	A Dynamic Panel Data Approach to the Forecasting of the GDP of German Lander.
<i>Chi, G.; Zhu, J.</i>	2008	Population Research and Policy Review	Spatial Regression Models for Demographic Analysis
<i>Santolini, R.</i>	2008	Papers in Regional Science	A Spatial Cross-Sectional Analysis of Political Trends in Italian Municipalities.
<i>Tsutsumi, M.; Seya, H.</i>	2008	Papers in Regional Science	Measuring the Impact of Large-Scale Transportation Projects on Land Price Using Spatial Statistical Models.
<i>Valdivia López, M</i>	2008	Investigaciones regionales	Desigualdad regional en el centro de México. Una exploración espacial de la productividad en el nivel municipal durante el período 1988-2003.
<i>Andreas P. Cornett and Nils Karl Sørensen</i>	2008	Investigaciones regionales	Convergencia internacional vs convergencia intra-nacional en Europa. Una estimación de las causas y evidencia.
<i>Anselin, L., S. Sridharan, and S. Gholston.</i>	2007	Social Indicators Research	Using Exploratory Spatial Data Analysis to Leverage Social Indicator Databases: The Discovery of Interesting Patterns.
<i>Shearmur, R.; Apparicio, P.; Lizion, P.; Polese, M.</i>	2007	Growth and Change	Space, Time and Local Employment Growth: An Application of Spatial Regression Analysis.
<i>Dall'Erba, S.; Le Gallo, J.</i>	2007	Finance a Uver/Czech Journal of Economics and Finance	The Impact of EU Regional Support on Growth and Employment.
<i>Bidram, R.; Akbari, N.; Esfahani, R.</i>	2007	Quarterly Journal of the Economic Research	An Analysis of Income Inequality in the Regions of Infahan Municipality (A Spatial Econometric Approach)
<i>McMillen, D; Singell, L.; Waddell, G.</i>	2007	Economic Inquiry	Spatial Competition and the Price of College
<i>Kawata, M.; Shen, Q.</i>	2007	Urban Studies	Commuting Inequality between Cars and Public Transit: The Case of the San Francisco Bay Area, 1990-2000.
<i>Griffith, D.; Wong, D.</i>	2007	Journal of Geographical Systems	Modeling Population Density across Major US Cities: A Polycentric Spatial Regression Approach.

En la presente investigación se analizan datos de corte transversal sobre las características urbanas, socioeconómicas y de movilidad de los municipios de Bizkaia que pueden dar lugar a la presencia de los denominados efectos espaciales. En consecuencia, es preciso recurrir a las técnicas propuestas por la econometría espacial, cuyos principios básicos se resumen en este capítulo. Su contenido está basado fundamentalmente en las siguientes referencias: Anselin (1988), Anselin y Florax (1995), Anselin, Florax y Rey (2004), Moreno y Vayá (2000), Chasco (2003).

La estructura del capítulo es la siguiente. En el apartado 3.1 se definen los conceptos de heterogeneidad espacial y dependencia espacial y se analiza la matriz de pesos como instrumento para formalizar la interdependencia entre las diferentes unidades espaciales. En el apartado 3.2 se describen los principales estadísticos disponibles a nivel univariante para contrastar la existencia de dependencia espacial en la distribución geográfica de una variable económica. El apartado 3.3 se centra en la presencia de dependencia espacial en un modelo de regresión, examinando las diferentes opciones de especificación, contrastación y estimación del mismo.

3.1 Heterogeneidad espacial y dependencia espacial

Cuando se trabaja con datos de corte transversal y se quiere explicar el comportamiento de cierta variable observada en una serie de puntos del espacio a través de un conjunto de variables observadas en los mismos puntos, son de gran utilidad los denominados modelos econométricos espaciales. Los datos espaciales suelen ser fuertemente interdependientes y es frecuente la aparición de los denominados *efectos espaciales*, la heterogeneidad y la dependencia espacial, cuyas consecuencias no siempre pueden ser tratadas utilizando los métodos estadístico/econométricos tradicionales.

3.1.1 La heterogeneidad espacial

La heterogeneidad espacial se refiere a la falta de uniformidad de las relaciones en el espacio y aparece cuando se utilizan datos de unidades espaciales muy distintas para explicar un mismo fenómeno. Puede ser el caso de estudios que trabajan con regiones avanzadas del norte y atrasadas del sur, o municipios densamente poblados en el litoral y menos habitados en el interior. La heterogeneidad espacial puede dar lugar a

problemas como la inestabilidad estructural y la heterocedasticidad. La primera tiene que ver con la falta de estabilidad en el espacio del comportamiento de la variable bajo estudio. En cambio, la heterocedasticidad proviene de la omisión de variables u otras formas de errores de especificación que llevan a que la varianza del término de error de una regresión no sea constante.

Cuando la heterogeneidad espacial proviene de un problema de inestabilidad estructural, la forma funcional y los parámetros del modelo de regresión pueden variar según la localización. Su principal consecuencia es que la interpretación de los resultados de la estimación del modelo de regresión estándar que no tenga en cuenta de forma explícita dicha variación espacial puede llegar a ser errónea.

La inestabilidad espacial puede formalizarse de la siguiente manera:

$$y_i = f_i(X_i \beta_i + u_i) \quad i = 1, 2, \dots, N \quad [3.1]$$

donde i indica las observaciones recogidas en el espacio, y_i es la variable dependiente en la localización i , X_i representa un vector $(1 \times K)$ de K variables explicativas con un grupo de parámetros asociados β_i , u_i denota una perturbación estocástica y $f_i(\cdot)$ indica que la función varía para cada una de las observaciones. En este caso, es imposible obtener una estimación de β_i para cada observación espacial, lo que hace necesario limitar el número de diferentes regímenes para poder conseguir unas estimaciones eficientes, evitando así los problemas derivados de la falta de grados de libertad.

La heterogeneidad puede ser también consecuencia de la existencia de heterocedasticidad. La heterocedasticidad se puede representar como sigue:

$$Var(u_i) = \sigma_i^2 \quad i = 1, 2, \dots, N \quad [3.2]$$

donde σ_i^2 indica que la varianza de la perturbación es diferente para cada observación espacial i . Ante la presencia de heterocedasticidad los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) siguen siendo insesgados y consistentes, pero no son eficientes. Los intervalos de confianza se vuelven innecesariamente amplios y las pruebas t y F pueden llevar a conclusiones erróneas (Gujarati, 1994).

En general, ignorar la heterogeneidad espacial tiene importantes consecuencias en la validación estadística de los modelos estimados (problemas de sesgo en la estimación de los parámetros, obtención de predicciones subóptimas o niveles de significación erróneos), que pueden tratarse por medio de las técnicas econométricas estándar, por ejemplo, utilizando modelos de parámetros variantes, coeficientes aleatorios,

switching regressions, la expansión espacial de los parámetros o las regresiones ponderadas geográficamente, entre otros.

Algunas de las causas que provocan la heterogeneidad espacial pueden también originar la aparición de autocorrelación espacial (por ejemplo, errores de especificación y errores de medida), siendo interesante contrastar ambos efectos conjuntamente. En aquellas situaciones en las que no está presente ninguna forma de dependencia espacial, los métodos de contraste de la heterocedasticidad y de la inestabilidad estructural son similares a los utilizados en el contexto temporal: contraste de Breusch-Pagan y de White para detectar heterocedasticidad o el contraste de Chow para contrastar la inestabilidad estructural. Sin embargo, cuando en la muestra utilizada está presente alguna forma de dependencia espacial, el contraste de la heterogeneidad espacial requiere adaptar los estadísticos anteriores introduciendo la autocorrelación espacial detectada, como se explicará más adelante.

3.1.2 La dependencia espacial

La dependencia espacial o autocorrelación espacial surge cuando el valor de una variable en un lugar del espacio i está relacionado con su valor en otro u otros lugares del espacio j , $j \neq i$. Es decir, existe una relación funcional entre lo que ocurre en un punto determinado del espacio y lo que ocurre en otros lugares del sistema. La expresión formal será la siguiente:

$$y_i = f(y_1, y_2, \dots, y_N) \quad [3.3]$$

En otras palabras, cada observación de la variable y en $i \in S$, siendo S el conjunto de todas las unidades espaciales de observación, está relacionada formalmente a través de la función f con la magnitud de la variable en otras unidades espaciales del sistema.

Si la presencia de un fenómeno determinado en un punto geográfico lleva a que se extienda ese mismo fenómeno al resto de puntos que le rodean, nos hallaremos ante una autocorrelación espacial positiva. En esta situación, los valores de una variable tienden a ser similares en localizaciones cercanas y se daría el llamado efecto contagio o desbordamiento (*spillover*), muy frecuente en ciertos fenómenos socioeconómicos como la distribución espacial de la renta o la difusión tecnológica.

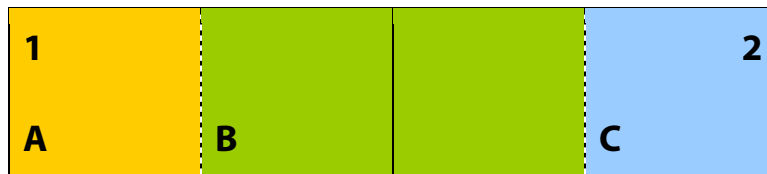
Por el contrario, existirá autocorrelación espacial negativa cuando la presencia de un fenómeno en un lugar impida o dificulte su aparición en puntos vecinos a él. Esto es, cuando lugares geográficamente cercanos sean más diferentes entre sí que respecto a otros alejados en el espacio. Esta configuración es la que se produciría, por ejemplo, en

situaciones de jerarquías espaciales del tipo centro-periferia, en las que los centros de mayor actividad económica están rodeados de regiones periféricas próximas con baja actividad.

Por último, cuando la variable analizada se distribuye de forma aleatoria en el espacio, no existirá autocorrelación espacial.

No obstante, la presencia de autocorrelación espacial en una variable georreferenciada no siempre es consecuencia de la existencia de una interacción entre diferentes unidades espaciales, como sucedía en el caso de los efectos de desbordamiento o de las jerarquías espaciales. La aparición de dependencia espacial también puede ser debida a una causa espuria, tal como sucede cuando se cometen ciertos errores de medida. Los errores de medida pueden surgir como consecuencia de una falta de correspondencia entre la extensión espacial del fenómeno bajo estudio y las unidades espaciales de observación. Para ilustrarlo, supongamos una hipotética situación como la mostrada en la figura 3.1. En este ejemplo, la correcta delimitación espacial de una variable y bajo estudio se corresponde con las áreas A (en amarillo), B (verde) y C (azul), mientras que las observaciones disponibles de y están agregadas a dos niveles: 1 y 2 (separadas por la línea continua).

Figura 3.1: Dependencia espacial y agregación



FUENTE: Elaboración propia a partir de Anselin (1988).

Como resultado, la variable observada y_1 contendrá a y_A y a parte de y_B , mientras que la variable observada y_2 contendrá a y_C y parte de y_B :

$$y_1 = y_A + \lambda y_B \quad [3.4]$$

$$y_2 = y_C + (1 - \lambda) y_B$$

Esta agregación probablemente inducirá errores en la evaluación del parámetro λ , que está presente tanto en y_1 como en y_2 . Como resultado, este error de medida generará un patrón de dependencia espacial. En este caso, las variables espaciales pueden estar correlacionadas de forma espuria.

Aunque hay cierta similitud entre los conceptos de autocorrelación espacial y temporal, en la medida en que en ambos casos se produce un incumplimiento de la

hipótesis de no existencia de relación lineal entre las observaciones muestrales, existe una importante diferencia: la dependencia temporal es únicamente unidireccional, es decir, el pasado explica el presente, mientras que la dependencia espacial es multidireccional; es decir, una región geográfica puede no sólo estar afectada por otra contigua a ella, sino por otras muchas que la rodean, al igual que ella puede influir sobre aquéllas. Este hecho imposibilita la utilización en el contexto espacial del operador de retardos que se usa en el contexto temporal para representar la estructura de dependencia entre observaciones, porque éste recoge únicamente una relación unidireccional.

Uno de los temas fundamentales de la econometría espacial es, por lo tanto, el determinar cómo se debe incorporar formalmente la estructura de la dependencia espacial en el modelo de regresión. Es necesario definir qué otras unidades tienen influencia sobre cada una de las unidades espaciales analizadas. La solución pasa por la definición de la denominada matriz de pesos espaciales, de retardos o de contactos, W , cuya función es indicar, para cada punto en el espacio, el conjunto de puntos con los que éste está relacionado. Se trata de una matriz cuadrada no estocástica cuyos elementos w_{ij} reflejan la intensidad de la interdependencia existente entre cada par de puntos en el espacio i y j .

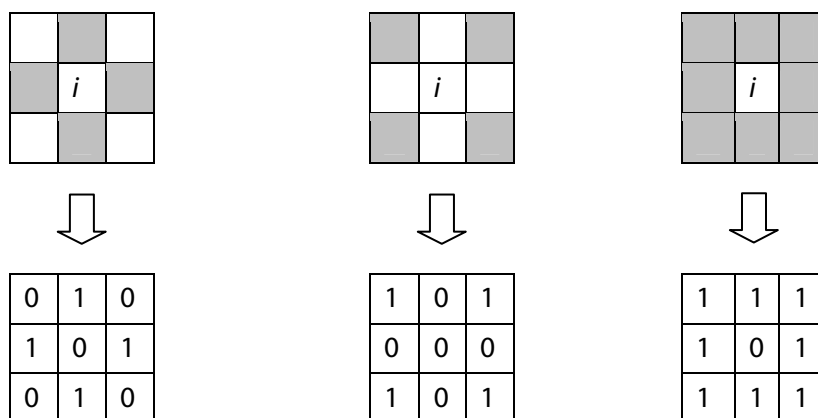
En lo que se refiere a la definición de los pesos w_{ij} , cabe destacar que no existe una definición unánimemente aceptada, si bien se ha de cumplir que dichos pesos sean no negativos y finitos. En los casos en los que se conoce el entramado de dependencias entre las diferentes unidades espaciales, se podría optar por la matriz propuesta por Moran (1950), asignando un 1 al elemento w_{ij} cuando la unidad espacial i recibe influencias de j y 0 en otro caso. Cuando no se conoce el esquema de dependencia espacial, es preferible seguir el criterio de contigüidad física de primer orden, planteado inicialmente por Moran (1948) y Geary (1954), donde w_{ij} es igual a 1 si las regiones i y j son físicamente adyacentes, es decir, tienen límites comunes, o a 0 en caso contrario. Esta matriz es simétrica y, por tanto, incapaz de incorporar influencias no recíprocas, y su diagonal principal, por definición, está constituida por ceros. Además, considera como único determinante de la dependencia espacial la contigüidad física, dejando de lado las posibles influencias mutuas entre unidades espaciales que, pese a estar alejadas, mantengan cierto tipo de relación, como por ejemplo, comercial. Aún así, esta matriz es muy utilizada en los estudios empíricos por su simplicidad.

La definición de contigüidad requiere de la existencia de un mapa que permita conocer los límites geográficos de las diferentes regiones que se van a analizar. Si dos unidades espaciales tienen frontera común, se considera que son contiguas y se les

asigna el valor 1. En caso contrario, se les asigna el valor 0. Sin embargo, cuando las unidades espaciales están distribuidas formando una cuadrícula regular, la determinación de la contigüidad no es única. Los tres criterios principalmente utilizados por los geógrafos para definir esta contigüidad respecto a un punto geográfico i son los siguientes (ver figura 3.2)¹:

1. Criterio de la torre: se consideran adyacentes los puntos geográficos situados al norte, sur, este y oeste de i , es decir, los que tienen un borde común.
2. Criterio del alfil: los puntos geográficos adyacentes serían los situados en las dos diagonales, esto es, los que tienen un vértice común.
3. Criterio de la reina: combina los dos criterios anteriores, considerando contiguos todos los puntos alrededor de i .

Figura 3.2: Criterios de contigüidad espacial y matrices de peso espacial



El número de localizaciones vecinas queda limitado a 4 en los criterios de la torre o del alfil, o a 8 según el criterio de la reina.

Los criterios anteriores corresponden a la contigüidad de primer orden. De la misma manera se pueden establecer criterios de contigüidad de grado superior. Podemos decir que dos unidades espaciales i y j son contiguas de segundo orden si ambas están separadas por una tercera unidad espacial h que es contigua de primer orden a ambas. En la figura 3.3, las celdas llamadas j y k son contiguas de segundo orden a la celda i de

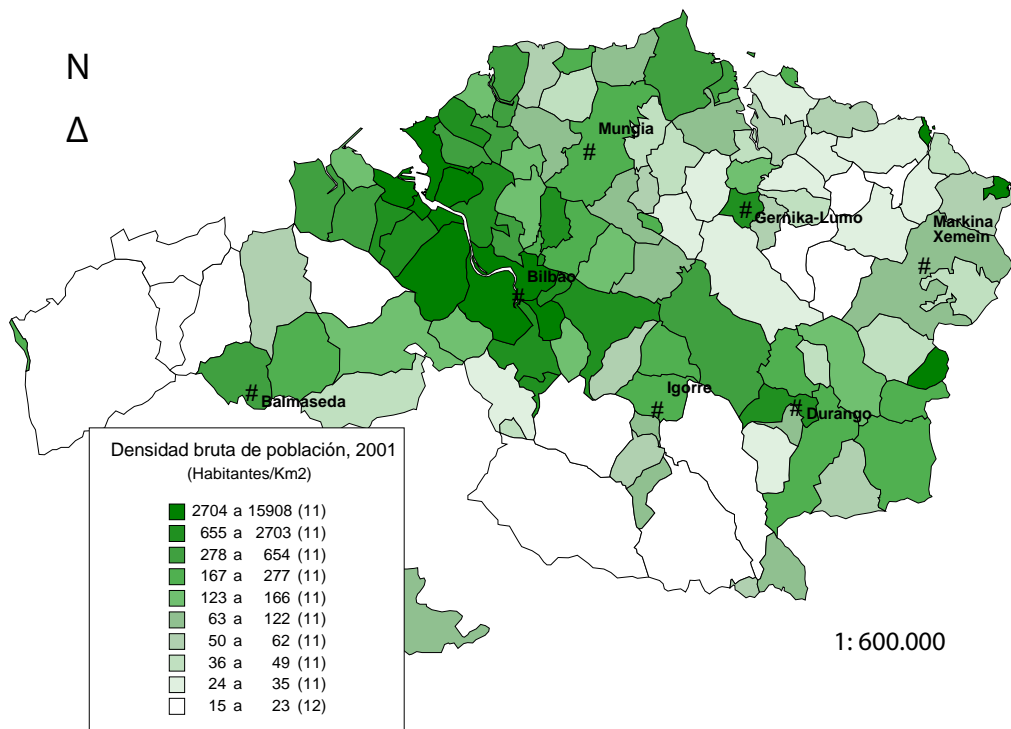
¹ Nótese que estos criterios han sido denominados, respectivamente, el criterio de la torre, el criterio del alfil y el criterio de la reina por su similitud a los movimientos en el juego de ajedrez.

proceso de contrastación y estimación, la matriz de pesos deberá ser considerada exógena.

3.2 Dependencia espacial a nivel univariante

La etapa previa a la modelización econométrica espacial es el análisis exploratorio de los datos espaciales (AEDE). El AEDE consiste en un conjunto de técnicas que permiten describir y visualizar las distribuciones espaciales, identificar localizaciones atípicas (*outliers* espaciales), descubrir esquemas de asociación espacial (autocorrelación espacial) y sugerir diferentes regímenes espaciales (heterogeneidad espacial).

Mapa 3.1: Densidad bruta de población en los municipios de Bizkaia (2001)



FUENTE: Elaboración propia con datos del Censo de Población y Viviendas (2001).

El punto de partida del análisis exploratorio puede consistir en la visión de un mapa en el que se representen los valores que adopta una variable en los diferentes puntos geográficos de un territorio determinado. El mapa puede ofrecernos una primera idea de la posible presencia o no de una cierta asociación espacial en la distribución de la variable de interés en el territorio seleccionado. Para comprobarlo, observemos el mapa 3.1 que representa la distribución geográfica de los valores que toma la variable

densidad bruta de población en los municipios de Bizkaia en el año 2001. La presencia de "manchas" del mismo color muestra la concentración de valores similares en determinadas zonas, lo que indica que la variable en cuestión puede estar correlacionada espacialmente. En concreto, se aprecian concentraciones de municipios con altas densidades de población por un lado y localidades con bajas densidades por otro, lo que podría reflejar un alto grado de correlación espacial positiva.

Para confirmar estos indicios es necesario llevar a cabo un estudio que nos permita contrastar la existencia de un esquema de dependencia espacial estadísticamente significativa en la distribución espacial de la variable. Para ello, existen una serie de contrastes de dependencia espacial, que se pueden clasificar en dos grupos: contrastes globales y contrastes locales de autocorrelación espacial. Mientras que los contrastes globales resumen el esquema general de dependencia en un indicador único, con los contrastes locales de asociación espacial se obtendrá un valor del estadístico para cada región de la muestra, pudiendo así analizar la situación de cada unidad espacial por separado.

3.2.1 Contrastes globales de autocorrelación espacial

Existen diferentes estadísticos globales que permiten contrastar si se cumple la hipótesis de que una variable se encuentra distribuida de forma totalmente aleatoria en el espacio o si, por el contrario, existe una asociación significativa de valores similares o disímiles entre localizaciones vecinas. Entre los más utilizados en la literatura se encuentran la I de Moran, la c de Geary y la $G(d)$ de Getis y Ord. La hipótesis nula asociada a los tres contrastes es la ausencia de autocorrelación espacial. El estadístico I de Moran tiene la siguiente expresión:

$$I = \frac{N}{S_0} \frac{\sum_{ij} w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} \quad i \neq j \quad [3.7]$$

donde w_{ij} representa el elemento de la matriz de pesos espaciales W correspondiente al par (i, j) , y_i denota el valor que toma la variable analizada y en la localización i , \bar{y} es su media muestral, $S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$ y N es el tamaño muestral.

Cuando la matriz de pesos espaciales se encuentra estandarizada por filas de forma que la suma de los elementos de cada fila sea igual a 1, $S_0 = N$, y la expresión del estadístico se simplifica:

$$I = \frac{\sum_{ij}^N w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} \quad i \neq j \quad [3.8]$$

Como el estadístico I está basado en los productos cruzados de las desviaciones de y_i respecto de su media estará muy afectado por aquellos puntos vecinos sensiblemente distintos de la media.

En cuanto a su distribución, cuando el tamaño muestral es suficientemente grande, la I de Moran estandarizada, $Z(I)$, tiene una distribución asintótica normal estándar. Un valor no significativo de $Z(I)$ llevará a no rechazar la hipótesis nula de no autocorrelación espacial, mientras que un valor significativo positivo (negativo) del mismo indicará la presencia de un esquema de autocorrelación espacial positiva (negativa); es decir, la presencia de una concentración de valores similares (disímiles) de y entre localizaciones vecinas.

El estadístico c de Geary se calcula mediante la siguiente expresión:

$$c = \frac{(N-1) \sum_{ij}^N w_{ij} (y_i - y_j)^2}{2S_0 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} \quad i \neq j \quad [3.9]$$

donde el significado de sus elementos es igual al definido para la I de Moran. A diferencia de la I de Moran, el estadístico de Geary considera el cuadrado de las diferencias entre los valores de la variable y en dos puntos (i, j). Por tanto, este estadístico depende de la diferencia en valor absoluto entre los valores de una variable en unidades vecinas, más que de las diferencias entre éstos y el valor medio de la variable, como en el caso del test I .

Respecto a su distribución, la c de Geary estandarizada, $Z(c)$, sigue asintóticamente una distribución normal $N(0, 1)$. Un valor negativo (positivo) y significativo de $Z(c)$ indicará la existencia de un esquema de dependencia espacial positiva (negativa).

El estadístico $G(d)$ de Getis y Ord es una medida de la concentración espacial de una variable y :

$$G(d) = \frac{\sum_{i \neq j} w_{ij}(d) y_i y_j}{\sum_{i \neq j} y_i y_j} \quad j \neq i \quad [3.10]$$

donde la variable y sólo puede tomar valores positivos y $w_{ij}(d)$ representa el elemento de una matriz de pesos binaria no estandarizada en la que $w_{ii}(d) = 0$. En este caso, dos unidades espaciales i y j son consideradas vecinas siempre que se encuentren dentro de una distancia d determinada, tomando, en ese caso, $w_{ij}(d)$ un valor igual a 1, o 0 en caso contrario.

El estadístico $G(d)$ de Getis y Ord estandarizada, $Z(G)$, se distribuye asintóticamente como una normal $N(0,1)$. Un valor positivo (negativo) y significativo de $G(d)$ indica la existencia de una tendencia a la concentración de valores similares elevados (bajos) de y en el espacio analizado.

Tabla 3.2: Interpretación de los valores estandarizados de los estadísticos de autocorrelación espacial global

Test	Hipótesis nula (Z no significativo)	Hipótesis alternativa (Z significativo)	
		$z > 0$	$z < 0$
I de Moran	No autocorrelación espacial	Autocorrelación espacial POSITIVA	Autocorrelación espacial NEGATIVA
c de Geary	No autocorrelación espacial	Autocorrelación espacial NEGATIVA	Autocorrelación espacial POSITIVA
G(d) de Getis y Ord	No autocorrelación espacial	Autocorrelación espacial POSITIVA (valores de y altos)	Autocorrelación espacial POSITIVA (valores de y bajos)

FUENTE: Chasco (2003).

Como se puede observar, los tres contrastes de autocorrelación espacial global proporcionan una información complementaria (ver tabla 3.2). El estadístico I es una medida similar a la covarianza de los valores de y en cada punto del espacio, mientras que el contraste c de Geary podría ser considerado como un análisis de la varianza, más afectado por la distribución de los datos muestrales que I . Por su parte, $G(d)$ es una medida de concentración o asociación de una variable geográfica y , que presenta un

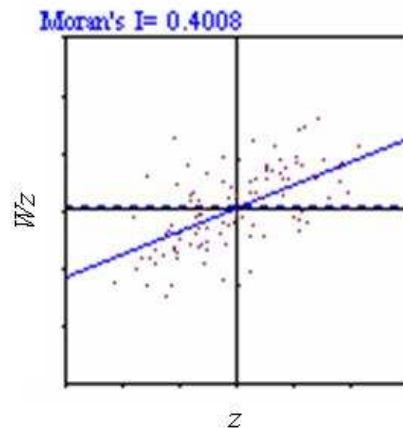
gran parecido formal con el estadístico I : mientras que $G(d)$ es proporcional a la suma de los productos $(y_i \cdot y_j)$, la I mide la correlación de cada valor y_i con sus vecinos.

Para el cómputo de los contrastes de autocorrelación espacial se puede utilizar cualquier definición de la matriz de pesos W , siendo habitual proceder previamente a la estandarización de la misma. Sin embargo, los resultados obtenidos pueden variar en función de la matriz especificada. Debe tenerse en cuenta que la matriz W , cuando se aplica a la obtención del test $G(d)$, debe ser simétrica, por lo que no podrá realizarse ningún tipo de estandarización por filas en la misma. Los tres estadísticos considerados son sensibles a las transformaciones realizadas sobre la variable original, especialmente en el caso del contraste $G(d)$, el cual es aplicable únicamente al caso de variables positivas y naturales. Además, hay que tener en cuenta que las medidas de autocorrelación espacial se ven afectadas por el nivel de agregación escogido. A medida que incrementa el nivel de desagregación de las unidades espaciales, comienza a dominar un esquema de autocorrelación espacial positiva.

Finalmente, cabe destacar otro instrumento útil en el análisis del grado de dependencia espacial de una variable y , que suministra información similar a la obtenida con el estadístico I de Moran. Es el denominado *diagrama de dispersión de Moran*, que muestra en el eje de abscisas las observaciones de la variable objeto de estudio normalizada, z , y en el de ordenadas el retardo espacial de la misma también normalizado, Wz . De este modo, los cuatro cuadrantes del diagrama de dispersión de Moran reproducen diferentes tipos de dependencia espacial, como muestra el gráfico 3.1:

1. Cuadrante I (superior derecho): observaciones con valores altos de la variable analizada, rodeada a su vez por observaciones con valores altos (AA).
2. Cuadrante II (superior izquierdo): observaciones con bajos valores en la variable analizada, rodeada de observaciones con altos valores (BA).
3. Cuadrante III (inferior izquierdo): observaciones con bajos valores rodeados de observaciones con bajos valores (BB).
4. Cuadrante IV (inferior derecho): observaciones con altos valores en la variable analizada, rodeada por observaciones que muestran valores bajos (AB).

Gráfico 3.1: Diagrama de dispersión de Morán



FUENTE: Elaboración propia con Geoda.

Si la nube de puntos está dispersa en los cuatro cuadrantes, es indicio de ausencia de correlación espacial. Si por el contrario los valores se encuentran concentrados sobre la diagonal que cruza los cuadrantes I (superior derecha) y III (inferior izquierdo), existe una elevada correlación espacial positiva de la variable, coincidiendo su pendiente con el valor de la I de Moran. La dependencia será negativa si los valores se concentran en los dos cuadrantes restantes.

3.2.2 Contrastes de autocorrelación espacial local

Los contrastes de autocorrelación espacial global del apartado anterior analizan todas las observaciones de la muestra de forma conjunta y no contemplan la posibilidad de que el esquema de dependencia detectado a nivel global pueda no mantenerse en todas las unidades del espacio analizado. En otras palabras, dichos estadísticos no son sensibles a situaciones donde predomina una importante inestabilidad en la distribución espacial de la variable objeto de estudio. Así, existe la posibilidad de que, en un espacio dado, no se detecte la presencia de autocorrelación espacial global en la distribución de una variable aunque, de hecho, existan pequeños *clusters* o agrupaciones espaciales en los que dicha variable experimenta una concentración (o escasez) importante. Por otro lado, puede ocurrir también que, habiéndose detectado dependencia a nivel global en una variable, no todas las regiones del espacio considerado contribuyan con igual peso en el indicador global; es decir, coexistan unas zonas en las que la variable se distribuya de forma aleatoria junto a otras con una importante contribución a la dependencia espacial existente.

Dicha limitación es fácilmente superable por medio del cálculo de los denominados contrastes de asociación local que indican hasta qué punto una región se encuentra rodeada por otras con valores altos o bajos de una variable determinada. Los contrastes más conocidos son los indicadores locales de asociación espacial, *Local Indicators of Spatial Association* (LISA) propuestos por Anselin (1995) y los estadísticos G_i de Getis y Ord (1992). En ambos tipos de contrastes la hipótesis nula es la ausencia de autocorrelación espacial global, aunque los indicadores LISA serán también capaces de demostrar la presencia de regiones con una participación en el estadístico global muy superior a la media (*outliers*), indicando la existencia de bolsas de inestabilidad espacial.

El estadístico LISA que se utilizará en este trabajo es el estadístico local de Moran, I_i (Anselin, 1995) que toma la siguiente forma²:

$$I_i = \frac{z_i}{\sum_i z_i^2 / N} \sum_{j \in S_i} w_{ij} z_j \quad i=1, 2, \dots, N \quad [3.11]$$

donde z_i es el valor correspondiente a la localización i de la variable y normalizada y S_i el conjunto de localizaciones vecinas a i .

Se suele suponer que el estadístico I_i estandarizada se distribuye según una normal $N(0,1)$ ³. Tras su estandarización, un valor positivo (negativo) y significativo del estadístico I_i indicará la existencia de un *cluster* de valores similares (disímiles) de la variable analizada alrededor de la localización i .

La media del estadístico local I_i de Moran será igual a la del estadístico global I multiplicado por un factor de proporcionalidad. A partir de la I_i es posible conocer la contribución exacta que presenta cada región al valor del estadístico global de dependencia I de Moran, pudiendo de esta forma detectar observaciones atípicas o

² Para más información sobre otros indicadores LISA (estadísticos Gamma y G_i de Geary, entre otros), ver Anselin (1995).

³ Si bien es habitual asumir una distribución asintótica normal para el estadístico, Anselin (1995) cuestiona dicha distribución en la medida en que no siempre la aproximación asintótica es válida y, segundo, porque los momentos de primer y segundo orden utilizados para la estandarización del estadístico se obtienen bajo una hipótesis nula de no autocorrelación espacial que no siempre se cumple. Por ello, Anselin propone la obtención de unos pseudo-niveles de significación obtenidos de una distribución empírica derivada siguiendo un criterio de aleatoriedad condicional o de permutación.

outliers, es decir, observaciones con una contribución excepcional a la dependencia espacial global.

El estadístico $G_i(d)$ de Getis y Ord permite contrastar la hipótesis alternativa de existencia de autocorrelación espacial en el conjunto de valores de y asociados a los j puntos incluidos en un radio d de un punto inicial dado i . Su expresión es la siguiente:

$$G_i(d) = \frac{\sum_{j=1}^N w_{ij}(d) y_j}{\sum_{j=1}^N y_j} \quad i \neq j \quad [3.12]$$

donde y es la variable de interés y w_{ij} son los elementos de la matriz de contactos W .

Getis y Ord construyeron un estadístico similar al anterior, el contraste $G_i^*(d)$, con la diferencia de que incluye la observación para la cual se calcula el valor del estadístico, permitiendo que w_{ii} sea diferente de cero:

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^N w_{ij}(d) y_j}{\sum_{j=1}^N y_j} \quad \forall j \quad [3.13]$$

Con independencia de la expresión finalmente utilizada, [3.12] ó [3.13], tras la estandarización de los estadísticos locales de Getis y Ord, éstos siguen asintóticamente una distribución normal $N(0, 1)$. En este sentido, un valor significativo y positivo (negativo) de los mismo indicará la existencia de un *cluster* alrededor de la localización i de valores similares elevados (bajos) de la variable y .

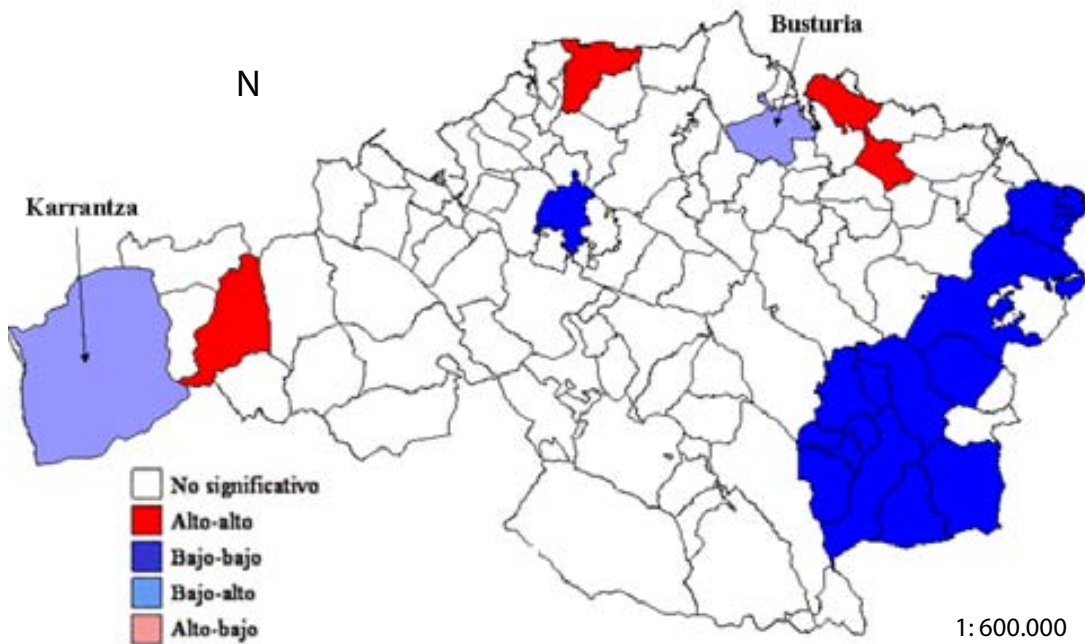
Como se ha señalado anteriormente, los estadísticos locales construidos por Getis y Ord (1992) únicamente pueden ser aplicados al caso de variables naturales positivas y para matrices de contactos simétricas, no estandarizadas por filas. Para solucionar dichas limitaciones, Ord y Getis (1995) reespecifican ligeramente los estadísticos anteriores, obteniendo los denominados *New-G_i* y *New-G_i**.

No obstante, los contrastes de autocorrelación local hasta ahora presentados no son útiles para conocer si las agrupaciones detectadas de valores disímiles (signo negativo de la I_i estandarizada) se hallan ocasionadas por un esquema donde la región i muestra valores significativamente elevados de y mientras que sus regiones vecinas presentan valores significativamente bajos de la misma. O si, por el contrario, son las regiones vecinas a i las que muestran valores muy elevados en comparación al observado en i .

Una posible solución a dicho problema se encuentra en la representación del diagrama de dispersión de Moran comentado anteriormente. En este sentido, los puntos que se localicen en el cuadrante II (IV) del gráfico de Moran representarán valores bajos (elevados) de la variable y en la región i frente a valores elevados (bajos) de dicha variable en sus regiones vecinas. Asimismo, el gráfico o *scatterplot* de Moran permite identificar *outliers* que pueden influir de forma indebida en la pendiente de la línea de regresión, que es una medida de la asociación espacial global. De este modo, los valores en el diagrama de dispersión de Moran situados a más de dos unidades del origen, según el llamado criterio "2- σ ", pueden considerarse como puntos atípicos.

La información proporcionada por el diagrama de dispersión de Moran puede ser completada con los mapas LISA, en los que se representan aquellas localizaciones con valores significativos en los contrastes de asociación espacial local, poniendo de manifiesto la presencia de puntos calientes o *outliers*, cuya mayor o menor intensidad dependerá de la significatividad asociada de los citados estadísticos⁴.

Mapa 3.2: Mapa LISA
Variable: Tiempo promedio de un desplazamiento en vehículo privado (Bizkaia, 2001)



FUENTE: Elaboración propia con GeoDa.

⁴ Existen otras técnicas del AEDE de asociación espacial, como el mapa de contigüidad, el gráfico de retardo espacial, el diagrama de caja LISA o el diagrama de dispersión multivariante de Moran que no se abordarán en este trabajo. Para más información, ver referencias bibliográficas del capítulo.

En el mapa 3.2 se ha representado el mapa LISA de la variable anterior, *tiempo promedio de un desplazamiento en vehículo privado* en los municipios de Bizkaia para el año 2001, y muestra aquellas localidades con valores significativos en el estadístico local I_i de Moran. Utiliza diferentes colores que corresponden a los cuatro cuadrantes del diagrama de dispersión de Moran: rojo para el cuadrante I (AA), azul claro para el cuadrante II (BA), azul oscuro para el cuadrante III (BB) y rosa para el cuadrante IV (AB). Únicamente se señalan aquellas observaciones que se encuentran situadas en el centro de cada agrupación.

En este caso, el mapa 3.2 representa en rojo las agrupaciones de municipios con desplazamientos largos en transporte privado y en azul oscuro las concentraciones de municipios con desplazamientos cortos en este tipo de transporte. Únicamente se detectan dos municipios atípicos, en el sentido de que presentan un esquema de dependencia espacial negativo respecto a las localidades contiguas, con desplazamientos cortos en transporte privado, rodeados de municipios con tiempos más prolongados (en azul claro).

3.3 Dependencia espacial en un modelo de regresión

3.3.1 Especificación de la dependencia espacial en el modelo de regresión

Del mismo modo que se puede analizar la dependencia espacial a nivel univariante, es posible contrastar la presencia de dependencia espacial en un modelo de regresión. Consideremos el siguiente modelo de regresión lineal general (MRLG):

$$y = X\beta + u \quad [3.14]$$

$$u \sim N(0, \sigma^2 I)$$

donde y es un vector ($N \times 1$) de observaciones de la variable endógena; X una matriz ($N \times K$) de K variables exógenas; β es un vector ($K \times 1$) de parámetros de la regresión, y u representa un vector de perturbaciones normalmente distribuido, homocedástico y no correlacionado.

Este modelo será el adecuado para una variable que presenta autocorrelación espacial en el caso de que el efecto espacial esté totalmente explicado por los valores de una o más variables explicativas; es decir, por condicionantes internos referidos a dicho lugar i . Esta situación conlleva también la no presencia de autocorrelación espacial residual, siempre y cuando se trate de un modelo en el que se hayan especificado correctamente los determinantes estructurales de la variable endógena.

Sin embargo, en muchas ocasiones el MRLG [3.14] resulta insuficiente para explicar la estructura espacial de la variable endógena. En estos casos, la estimación del modelo por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) produce un efecto de dependencia espacial estadísticamente significativo en los residuos, debido a la mala especificación del mismo. En consecuencia, la presencia de autocorrelación espacial requerirá la reespecificación del modelo, siendo las alternativas más conocidas, las correspondientes a incluir la dependencia espacial en el término de perturbación (modelo del error espacial) o la de incluirla en la variable dependiente lo que se conoce como dependencia espacial sustantiva (modelo del retardo espacial).

En ambas situaciones, la inclusión de dicha autocorrelación espacial en el modelo de regresión requerirá la definición de una matriz de pesos o contactos W que permita incorporar las influencias mutuas presentes entre las unidades espaciales de la muestra.

MODELO DEL ERROR ESPACIAL

La omisión de ciertas variables explicativas relevantes que se hallen correlacionadas espacialmente o la existencia de errores de medida derivados, como se ha comentado anteriormente, de una escasa correspondencia entre el ámbito espacial del fenómeno bajo estudio y las unidades espaciales de observación, suelen resultar en la presencia de autocorrelación espacial en el término de error.

Las consecuencias de ignorar la dependencia espacial en la perturbación aleatoria no difieren significativamente de lo que ocurre en el contexto temporal: aunque los estimadores MCO siguen siendo insesgados, resultan ineficientes al ignorar la correlación existente en el término del error. Por tanto, toda la inferencia basada en los estadísticos t de Student y F de Snedecor será confusa y los indicadores de bondad del ajuste del tipo R^2 incorrectos. Asimismo, esto afectará a la validación de un número importante de contrastes utilizados para detectar especificaciones erróneas como, por ejemplo, los contrastes de inestabilidad estructural como el test de Chow, o los contrastes de heterocedasticidad (véase Anselin (1988, 1990) para una adaptación de los test de Chow y de Breusch-Pagan en presencia de dependencia espacial residual).

La solución implica la inclusión explícita en la especificación del MRLG de un esquema de dependencia espacial en el término de error. Habitualmente, la distribución de la perturbación aleatoria suele especificarse como un proceso autorregresivo de orden 1, AR(1), de forma que la especificación del modelo de regresión quedaría como sigue:

$$\begin{aligned} y &= X\beta + u & [3.15] \\ u &= \lambda Wu + \varepsilon \\ \varepsilon &\sim N(0, \sigma^2 I) \end{aligned}$$

donde u es una perturbación aleatoria distribuida según un proceso AR(1); ε es un vector de errores normalmente distribuidos, homocedásticos y no autocorrelacionados y λ es el parámetro autorregresivo asociado al retardo Wu , que refleja la intensidad de las interdependencias espaciales.

La forma reducida del modelo [3.15] se obtiene sustituyendo la expresión autorregresiva de la perturbación aleatoria en el modelo, de forma que el valor que adopta la variable endógena y en un punto i depende de los valores de la perturbación aleatoria en todos los puntos del sistema, a través del multiplicador espacial $(I - \lambda W)^{-1}$:

$$\begin{aligned} y &= X\beta + (I - \lambda W)^{-1} \varepsilon & [3.16] \\ \varepsilon &\sim N(0, \sigma^2 I) \end{aligned}$$

MODELO DEL RETARDO ESPACIAL

Cuando la dependencia espacial se encuentra presente en la variable dependiente se denomina dependencia espacial sustantiva. Ignorar la presencia de este efecto produciría estimadores MCO sesgados en el modelo [3.14], siendo incorrecta toda la inferencia realizada. En caso de omitir de forma errónea un retardo espacial de la variable endógena, la dependencia espacial se trasladaría directamente al término de perturbación, el cual pasaría a estar correlacionado espacialmente.

A diferencia del caso anterior, la solución a este problema implica incorporar la influencia de las variables omitidas a través de una variable dependiente espacialmente retardada, es decir, a través de los valores que, para cada punto i , adopta la variable endógena en un grupo de localizaciones vecinas de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} y &= \rho Wy + X\beta + u & [3.17] \\ u &\sim N(0, \sigma^2 I) \end{aligned}$$

donde Wy es el retardo espacial de la variable y ; ρ representa el parámetro autorregresivo que recoge la intensidad de la interdependencia espacial entre las observaciones muestrales. El modelo [3.17] se denomina modelo del retardo espacial.

Al igual que en el modelo del error espacial, esta expresión puede también adoptar una forma reducida que incluye la especificación del modelo del error espacial, de modo que el valor de la variable endógena y en un punto i se encuentra afectado no sólo por el valor de las variables exógenas X y de la perturbación en dicho punto i , sino también en el resto de localizaciones, a través del multiplicador espacial $(I-\rho W)^{-1}$:

$$y = (I - \rho W)^{-1} X\beta + (I - \rho W)^{-1} u \quad [3.18]$$

$$u \sim N(0, \sigma^2 I)$$

La inclusión de un retardo espacial de la variable endógena implica la sesguez e inconsistencia de la estimación MCO, aún cuando el término de perturbación no esté correlacionado espacialmente. Desde el punto de vista de la estimación, el término de retardo espacial contiene las variables dependientes de las observaciones vecinas que, a su vez, contienen el retardo espacial de las observaciones contiguas a ellas, causando simultaneidad. Como consecuencia, el retardo espacial estará correlacionado con el término de error, violando uno de los supuestos básicos por el que los errores no deben estar correlacionados con las variables explicativas. Por lo tanto, se han de utilizar métodos de estimación alternativos al de Mínimos Cuadrados Ordinarios. Por ejemplo, el método de Máxima Verosimilitud.

MODELO GENERAL DE REGRESIÓN ESPACIAL

A partir de los citados modelos del error espacial [3.15] y del retardo espacial [3.17] es posible especificar otros modelos que incluyan una o más variables exógenas espacialmente retardadas o que sean combinaciones de los modelos anteriores (Florax y Folmer, 1992). Todos estos modelos pueden expresarse de forma más general en el llamado modelo general de regresión espacial:

$$y = \rho W_1 y + X\beta_1 + W_2 R\beta_2 + u \quad [3.19]$$

$$\varepsilon \sim N(0, \Omega); \Omega_{ii} = h_i(Z\alpha); h_i > 0$$

donde y es un vector ($N \times 1$) de observaciones de la variable endógena; W_1 es una matriz de pesos espaciales de la variable endógena, siendo $W_1 y$ el retardo espacial de la variable endógena; ρ es el coeficiente autorregresivo espacial, que recoge la intensidad de las interdependencias entre las observaciones muestrales de y ; X es una

matriz $(K_1 \times N)$ de K_1 variables exógenas y N observaciones; R es una matriz $(K_2 \times N)$ de K_2 variables exógenas espacialmente retardadas, que pueden o no coincidir con las variables incluidas en X ; W_2 es una matriz de pesos espaciales correspondiente a las variables exógenas espacialmente retardadas, siendo $W_2 R$ el retardo espacial de dichas variables exógenas; β_1 y β_2 son vectores $(K_1 \times 1)$ y $(K_2 \times 1)$ de parámetros de las variables exógenas; u es un vector $(N \times 1)$ de perturbaciones aleatorias autorregresivas (de primer orden) y heterocedásticas, siendo los elementos de la diagonal principal de la matriz de covarianzas Ω función de $P+1$ variables exógenas de Z ; α es un vector $(P \times 1)$ asociado a los términos no constantes de la matriz Z ; W_3 es una matriz de pesos espaciales de la perturbación aleatoria u ; λ es el parámetro autorregresivo asociado al retardo espacial $W_3 u$; y ε es un vector de perturbaciones aleatorias ruido blanco.

Como puede observarse, la especificación del modelo general de regresión espacial [3.19] considera también la existencia del fenómeno de heterogeneidad espacial, en forma de heterocedasticidad en la perturbación aleatoria. A través de la imposición de restricciones en el vector de parámetros $\Theta = [\rho, \beta_1, \beta_2, \lambda, \alpha]$, del modelo general de regresión espacial se pueden derivar otras especificaciones particulares:

- si $\rho = \beta_2 = \lambda = \alpha = 0$, llegaremos al modelo MRLG [3.14];
- si $\rho = \beta_2 = \alpha = 0$ estaríamos ante el modelo del error espacial [3.15];
- si $\beta_2 = \lambda = \alpha = 0$, obtendremos el modelo del retardo espacial [3.17].

Aunque, el modelo del error espacial y el modelo del retardo espacial son los más utilizados en las aplicaciones empíricas, a partir del modelo general de regresión espacial se pueden derivar otras especificaciones particulares, a través de la imposición de restricciones en el vector de parámetros. A continuación se exponen brevemente las más habituales.

MODELO MIXTO REGRESIVO CRUZADO

Si en el modelo [3.19] suponemos que $\rho = \lambda = \alpha = 0$, el efecto de dependencia espacial es sustantivo, pero no se encuentra presente en la variable dependiente, sino en una o varias variables exógenas de modelo:

$$y = X\beta_1 + W_2 R\beta_2 + u \quad [3.20]$$

$$u \sim N(0, \sigma^2 I)$$

Las variables exógenas retardadas pueden ser tratadas de la misma manera que las demás variables exógenas en lo que respecta a los procesos de estimación y contraste,

aunque suelen ser fuente de multicolinealidad en el modelo. A diferencia del modelo [3.17], la inclusión de un retardo espacial en las variables exógenas no implica simultaneidad, lo que permite estimar el modelo [3.20] por el método de MCO.

Este modelo representa, por lo tanto, una especificación alternativa al modelo [3.17] para incluir la dependencia sustantiva. Mientras que el modelo del retardo espacial [3.17] implica que el valor que toma la variable dependiente en un punto geográfico i depende del que toman todas las variables explicativas en su conjunto en los demás puntos del sistema, el modelo [3.20] permite identificar y estimar por separado la contribución de cada variable independiente a estas externalidades espaciales.

MODELO DEL RETARDO ESPACIAL CON PERTURBACIÓN ALEATORIA ESPACIALMENTE AUTORREGRESIVA

En algunos casos se puede esperar la presencia simultánea tanto de la dependencia espacial sustantiva y como en el término de error. Combinando los modelos del retardo espacial y del error espacial se obtiene la siguiente especificación, sustituyendo $\beta_2 = \alpha = 0$ en el modelo [3.19]:

$$\begin{aligned} y &= \rho W_1 y + X\beta_1 + u & [3.21] \\ u &= \lambda W_3 u + \varepsilon \\ \varepsilon &\sim N(0, \sigma^2 I) \end{aligned}$$

La consideración de dos matrices de pesos espaciales, W_1 y W_3 , para los procesos autorregresivos de la variable endógena y la perturbación, implica que ambos procesos pueden tener una estructura espacial diferente. Aunque en la práctica puedan no existir diferencias importantes entre ambas matrices, éstas no deberían coincidir totalmente para evitar problemas de identificación en la estimación máximo-verosímil. Sin embargo, en muchos casos es complicado definir dos matrices diferentes de pesos espaciales y, aún más, justificarlas teóricamente.

MODELO MIXTO REGRESIVO CRUZADO CON PERTURBACIÓN ALEATORIA ESPACIALMENTE AUTORREGRESIVA

Una especificación alternativa al modelo [3.21] que incorpora también ambos tipos de dependencia espacial de manera simultánea es el modelo mixto regresivo cruzado con perturbación autorregresiva o "modelo híbrido espacial" propuesto por Roberts (2006). Corresponde al caso en el que $\rho = \alpha = 0$ en el modelo [3.19] y surge de la combinación de los modelos mixto regresivo cruzado y del error espacial:

$$y = X\beta_1 + W_2 R\beta_2 + u \quad [3.22]$$

$$u = \lambda W_3 u + \varepsilon$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I)$$

Como el modelo anterior, incluye tanto la dependencia sustantiva, a través de $W_2 R\beta_2$, como la residual, por medio de $W_3 u$. Una vez más, se pueden considerar dos matrices de pesos espaciales, W_2 y W_3 , para los procesos autorregresivos de las variables exógenas y de la perturbación, pero en este caso el hecho de utilizar una misma matriz de pesos para ambos procesos autorregresivos no genera problemas de identificación en la estimación máximo-verosímil. Si no hay bases teóricas que justifiquen lo contrario, el modelo [3.22] se puede reespecificar utilizando una única matriz de pesos espaciales, quedando como sigue:

$$y = X\beta_1 + WR\beta_2 + u \quad [3.23]$$

$$u = \lambda W u + \varepsilon$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I)$$

Una vez obtenidos los retardos de todas o algunas de las variables exógenas e incluyéndolas en el conjunto de variables explicativas a considerar, el modelo [3.23] se puede estimar como una extensión del modelo del error espacial [3.15].

Aunque se ha demostrado (Roberts, 2006) que el modelo híbrido espacial, en general, genera sesgos en sus estimaciones de λ , se ha comprobado su buen desempeño en la estimación de los coeficientes β . La estimación sesgada de λ no implica mayor gravedad, dado que este parámetro no está sujeto a interpretación económica.

3.3.2 Métodos de contrastación de la dependencia espacial en el modelo de regresión

La estrategia para seleccionar el modelo de regresión espacial adecuado dependerá de la existencia o no de un modelo teórico previo que justifique e incorpore de forma explícita un esquema de dependencia espacial. Cuando no existen fundamentos teóricos sólidos o justificados a priori que nos orienten en la selección del modelo, en un primer momento se procede a la especificación del modelo de regresión lineal general sin efectos espaciales, [3.14], que se estima por MCO. A continuación, se contrastará la existencia de autocorrelación espacial con el objeto de aceptar o rechazar la hipótesis nula de ausencia de efectos espaciales. Si no se rechaza la

hipótesis nula de autocorrelación espacial, el modelo [3.14] es el apropiado, los estimadores MCO tienen buenas propiedades y se pueden realizar inferencias. Si se rechaza la hipótesis nula, es preciso reespecificar el modelo incluyendo convenientemente los efectos espaciales detectados y utilizar aquel método de estimación que tenga buenas propiedades: máxima-verosimilitud, mínimos cuadrados espaciales en dos etapas, método de los momentos, etc.

Una parte muy importante de la literatura econométrica espacial está centrada en el desarrollo de contrastes sobre la presencia de efectos espaciales en los modelos de regresión lineal. Existe una amplia batería de estadísticos espaciales para contrastar tanto la dependencia sustantiva, como en el término de error en un modelo. Seguidamente se presentan los contrastes de dependencia espacial más utilizados en la literatura. Se puede encontrar más información sobre el tema en las referencias citadas anteriormente.

CONTRASTACIÓN DE LA DEPENDENCIA ESPACIAL EN EL TÉRMINO DE ERROR

Consideremos el modelo de regresión [3.14] que ha sido estimado por MCO. La hipótesis nula de no autocorrelación espacial en el término de error se puede contrastar mediante alguno de los estadísticos siguientes: la I de Moran y los contrastes basados en el principio del multiplicador de Lagrange, LM_λ y LM^*_λ . Cabe señalar que estos contrastes son válidos para contrastar la existencia de autocorrelación espacial bajo el supuesto de errores homoscedásticos y ausencia de regresores endógenos. De esta forma, el incumplimiento de dichos supuestos restará validez a los contrastes.

El test I de Moran, I_λ (Cliff y Ord, 1972) es un contraste *ad-hoc* válido para contrastar la hipótesis nula de no autocorrelación espacial en el término de error, si bien no presenta una hipótesis alternativa definida que explícitamente describa el proceso generador del término de perturbación. El estadístico de contraste es:

$$I_\lambda = \frac{N}{S} \frac{e'We}{e'e} \quad [3.24]$$

donde e es el vector de residuos MCO del modelo [3.14], N el tamaño muestral y S la suma de todos los elementos w_{ij} de la matriz de pesos. Bajo la hipótesis nula, el estadístico I de Moran estandarizado, se distribuye asintóticamente como una normal estándar.

Aunque este es el contraste de autocorrelación espacial más conocido, es poco fiable. Este estadístico puede recoger un cierto número de errores de mala especificación, como no normalidad y heterocedasticidad, así como los problemas de dependencia espacial en la variable endógena, no permitiendo discernir entre ambos tipos de dependencia espacial (en el error y/o sustantiva) en un MRLG.

Burrige (1980) propone un contraste de la hipótesis nula de no autocorrelación espacial basado en el principio del multiplicador de Lagrange. El estadístico de contraste es:

$$LM_{\lambda} = \frac{\left[\frac{e'We}{s^2} \right]^2}{T_1} \quad [3.25]$$

donde e es el vector de residuos MCO de la regresión [3.14], s^2 es la estimación de la varianza residual de dicho modelo y T_1 es la traza de la matriz $(W'W+W^2)$.

La versión robusta de este estadístico, el multiplicador robusto de Lagrange, LM_{λ}^* , es:

$$LM_{\lambda}^* = \frac{\left[\frac{e'We}{s^2} - \frac{T_1(RJ_{\rho-\beta})^{-1}e'WY}{s^2} \right]^2}{T_1 - T_1^2(RJ_{\rho-\beta})^{-1}} \quad [3.26]$$

donde $RJ_{\rho-\beta} = \left[\frac{T_1 + (WX\beta)'M(WX\beta)}{s^2} \right]$ y $M = I - X(X'X)^{-1}X'$.

El estadístico LM_{λ}^* presenta la ventaja de ser robusto ante posibles especificaciones erróneas locales tales como la presencia de una variable endógena retardada espacialmente.

Tanto el contraste LM_{λ} como el LM_{λ}^* se distribuyen asintóticamente como una χ^2 con un grado de libertad. Ambos contrastes comparten la hipótesis nula de ausencia de dependencia espacial en el término de perturbación, siendo la hipótesis alternativa la existencia de un esquema autorregresivo o media móvil de primer orden en el término de perturbación.

Es preciso destacar que, tanto la I de Moran como los contrastes basados en el principio del multiplicador de Lagrange requieren la normalidad del término de perturbación así como la linealidad del modelo de regresión. No obstante, la expresión derivada para el contraste LM_{λ} no variará aún bajo el supuesto de no linealidad del modelo (Vayá y Moreno, 2000).

CONTRASTACIÓN DE LA DEPENDENCIA ESPACIAL SUSTANTIVA

Partiendo del modelo de regresión lineal [3.14], la omisión errónea de un retardo espacial de la variable endógena puede ser contrastada por medio de los contrastes basados en el principio del multiplicador de Lagrange: LM_ρ y LM_ρ^* . En ambos casos, la hipótesis alternativa se corresponde al modelo definido en [3.17]. Es decir, contrastan la hipótesis nula de $H_0: \rho = 0$ frente a la hipótesis alternativa $H_A: \rho \neq 0$.

El estadístico denominado multiplicador simple de Lagrange, LM_ρ , propuesto por Anselin (1988), tiene la siguiente expresión:

$$LM_\rho = \frac{\left[\frac{e'WY}{s^2} \right]^2}{RJ_{\rho-\beta}} \quad [3.27]$$

manteniendo el significado en el resto de elementos. Bajo la hipótesis nula de no autocorrelación espacial, el contraste LM_ρ se distribuye asintóticamente según una χ^2 con un grado de libertad.

La versión robusta del estadístico [3.27], LM_ρ^* , fue propuesta por Bera y Yoon (1992) y es la siguiente:

$$LM_\rho^* = \frac{\left[\frac{e'WY}{s^2} - \frac{e'We}{s^2} \right]^2}{RJ_{\rho-\beta} - T_1} \quad [3.28]$$

manteniéndose el mismo significado en los elementos que el definido para los estadísticos anteriores. Este estadístico presenta la ventaja de ser robusto ante posibles especificaciones erróneas locales, en concreto, ante la existencia de un término de perturbación correlacionado espacialmente. Bajo la hipótesis nula de no autocorrelación espacial, dicho contraste se distribuye asintóticamente según una χ^2 con un grado de libertad. Los estadísticos LM_ρ y LM_ρ^* están basados en el principio del multiplicador de Lagrange, requiriendo la normalidad del término de perturbación.

COMPORTAMIENTO DE LOS CONTRASTES DE AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL EN UN CONTEXTO FINITO

Uno de los aspectos que caracteriza a los estadísticos que se acaban de presentar para contrastar los distintos tipos de autocorrelación espacial es que todos ellos se basan en propiedades asintóticas, de manera que su traslación a un contexto finito puede

conllevar problemas. Además, requieren la normalidad del término de perturbación, pudiendo no ser fiables cuando dicho supuesto no se cumple. Entre los trabajos que han tratado de analizar el poder y el tamaño de los citados contrastes en muestras finitas, así como las consecuencias que sobre ellos puede tener una alteración de la distribución normal del término de perturbación o una especificación errónea de la matriz de contactos utilizada, cabe destacar los siguientes: Mur (1990, 1992), Anselin y Rey (1991), Florax y Folmer (1992, 1994), Anselin y Florax (1995), Anselin *et al.* (1996) y Florax y Rey (1995). Paso a resumir de forma muy breve las principales conclusiones que se extraen de dichos estudios⁵:

- Las propiedades de los contrastes son sensibles a la elección de la matriz de contactos. Tanto la distribución bajo la hipótesis nula de dichos contrastes como la frecuencia de rechazo de la hipótesis nula en presencia de dependencia espacial varían notablemente en función de la matriz de pesos elegida.
- El poder de la I de Moran contra cualquier hipótesis formulada de dependencia espacial es muy alto, si bien esta circunstancia disminuye su utilidad para discriminar entre diferentes hipótesis alternativas (dependencia espacial en el error o sustantiva). Por ello, los contrastes basados en el principio de los multiplicadores de Lagrange son mejores para elegir entre un tipo de autocorrelación u otro.
- Para cualquier tamaño muestra, salvo para muestras pequeñas, el test LM_p utilizado para contrastar la presencia de un retardo espacial de la variable endógena presenta un poder más elevado que los tests I de Moran y LM_λ utilizados para detectar una estructura espacial en el término de error. Este resultado es importante dado que las consecuencias para la estimación MCO de obviar erróneamente un retardo espacial de la variable endógena (sesguez e inconsistencia) son más graves que las que aparecen tras obviar una estructura de dependencia en el error (ineficiencia).
- El no cumplimiento de la hipótesis de normalidad del error tiene escasas consecuencias sobre el poder de los contrastes, si bien los contrastes del error se ven más afectados por dicha alteración, subrechazando la hipótesis nula, que los contrastes de dependencia sustantiva. En general, los contrastes analizados presentan mayor poder contra alternativas autorregresivas que contra estructuras de medias móviles, sobre todo en muestras pequeñas,

⁵ Véase Vayá y Moreno (2000) para un análisis más detallado de estos trabajos.

- Los contrastes robustos LM^*_{λ} y LM^*_{ρ} se comportan bien, en especial el último, resultando escasamente penalizados cuando su utilización es innecesaria y mostrando un poder prácticamente indistinguible entre ellos y sus tests análogos no robustos para tamaños muestrales elevados. A su vez, la utilidad de estos contrastes robustos aumenta cuando se combina con los contrastes LM_{λ} y LM_{ρ} .

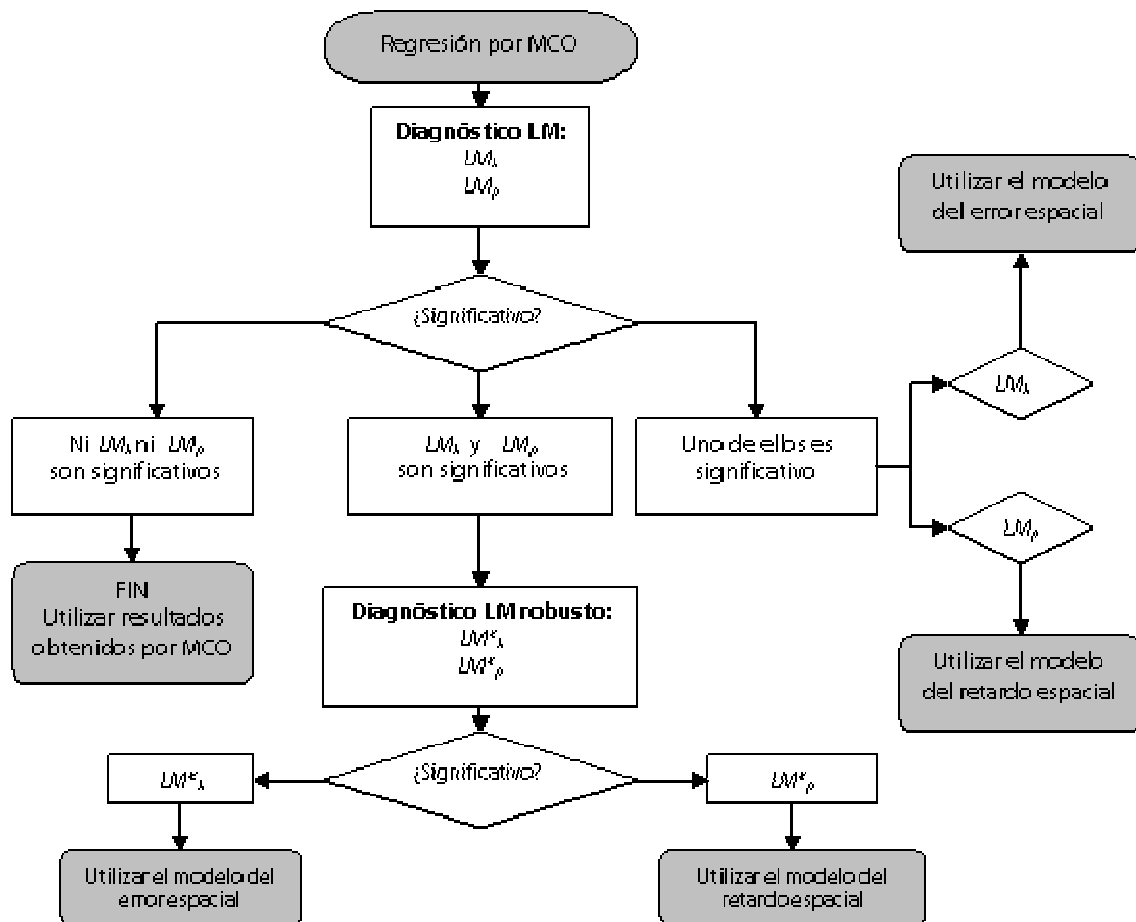
ESTRATEGIAS PARA LA SELECCIÓN FINAL DEL MODELO ESPACIAL

En caso de disponer de una especificación previa del modelo con base teórica que incluya de partida la presencia de dependencia espacial a través de, por ejemplo, retardos espaciales de la variable endógena y/o exógena, la estrategia más adecuada es la estimación directa del modelo propuesto y la contrastación ulterior de la significatividad de los retardos espaciales incluidos. Asimismo, sería aconsejable contrastar si existe algún remanente de autocorrelación espacial en el término de error que no haya sido recogido por medio de la especificación espacial estimada.

Si, por el contrario, no se dispone de un modelo teórico previo, la mejor opción pasa por aplicar la siguiente estrategia representada en la figura 3.4. En primer lugar, se debe estimar el modelo de regresión lineal sin efectos espaciales [3.14] mediante MCO. Una vez contrastadas las hipótesis de no autocorrelación espacial, ni en el término de error ni sustantiva, mediante los contrastes LM_{λ} y LM_{ρ} y sus versiones robustas, hay que interpretar los resultados de los contrastes y seleccionar el modelo que mejor recoja la dependencia espacial presente en el caso que estemos analizando. Al analizar los resultados de las versiones estándar de los contrastes LM_{λ} y LM_{ρ} , caben tres posibilidades:

1. Si ninguno de los contrastes es significativo, no se rechaza la hipótesis nula de ausencia de dependencia espacial, por lo que los estimadores MCO tienen buenas propiedades y el modelo [3.14] es el adecuado.
2. Si sólo alguno de ellos resulta significativo, se elige el modelo espacial correspondiente: el modelo del error espacial en el caso en que el estadístico LM_{λ} sea significativo y el del retardo espacial si es el test LM_{ρ} el que lo es.
3. Si ambos lo son, se considerarán los resultados de las versiones robustas de los estadísticos, LM^*_{λ} y LM^*_{ρ} , que nos ayudarán a seleccionar cuál es el modelo espacial más adecuado (el modelo del error espacial o el modelo del retardo espacial, respectivamente).

Figura 3.4: Proceso de decisión en la selección del modelo de regresión espacial



FUENTE: Basado en Anselin, 2005.

Cuando del diagnóstico se deduce la existencia de autocorrelación en el término de error, se reespecifica el modelo de regresión con el objetivo de incorporar dicha estructura de dependencia espacial en el mismo. Alternativamente, cuando se deduce la presencia de autocorrelación espacial en forma sustantiva, se procede a introducir este efecto en la especificación del modelo de regresión.

Por último, cabe mencionar que, para seleccionar el mejor modelo final entre varias alternativas es posible analizar en qué medida mejora el ajuste la introducción de la dependencia espacial en cada caso. Anselin (2005) señala que el R^2 no es un indicador apropiado en un modelo de regresión espacial ni es comparable con el obtenido por MCO. Las medidas de ajuste más apropiadas son el valor del logaritmo de verosimilitud (*log-likelihood*), el criterio de Akaike (AIC) y el criterio de Schwarz (SC).

3.3.3 Estimación de los modelos espaciales

En los casos en los que el método de MCO no sea el adecuado para estimar el modelo de regresión espacial, se recurre a métodos alternativos como la máxima verosimilitud (MV), los métodos de variables instrumentales (VI), Mínimos Cuadrados Espaciales en dos etapas (MC2E) o el método "bootstrap". Dado que la estimación MV se ha mostrado como la más ampliamente utilizada, este apartado se centrará en la presentación esta alternativa. Se puede obtener más información sobre otros métodos de estimación en las referencias bibliográficas citadas.

La estimación máximo-verosímil se basa en la hipótesis de normalidad de la perturbación aleatoria. Los estimadores MV se obtienen a partir de la maximización del logaritmo de la función de verosimilitud asociada al modelo espacial especificado. En el caso del modelo del error espacial [3.15], la función a maximizar es la siguiente:

$$L = \sum_i \ln(1 - \lambda w_i) - \frac{N}{2} \ln(2\pi) - \frac{N}{2} \ln \sigma^2 - \frac{1}{2\sigma^2} [(y - X\beta)'(I - \lambda W)'(I - \lambda W)(y - X\beta)] \quad [3.29]$$

siendo w_i los valores propios de la matriz de pesos espaciales, W .

Este problema de optimización no lineal se puede simplificar expresando los estimadores de los coeficientes de la regresión, β , y de la varianza de la perturbación aleatoria, σ^2 , en función del coeficiente autorregresivo, λ , dando lugar a la función de verosimilitud concentrada, con un único parámetro, λ :

$$L_c = -\frac{N}{2} \ln \frac{e'e}{N} + \sum_i \ln(1 - \lambda w_i) \quad [3.30]$$

donde $e'e$ es la suma de los cuadrados de los residuos de la regresión de la variable espacialmente filtrada, $(y - \lambda Wy)$ sobre las variables explicativas, $(X - \lambda WX)$. Podría encontrarse un estimador MV del parámetro (λ) a través de un proceso simple de búsqueda en el intervalo aceptable $[1/w_{\min}$ a $1/w_{\max}]$.

En el caso del modelo del retardo espacial [3.17], el logaritmo de la función de verosimilitud tiene la expresión:

$$L = \sum_i \ln(1 - \rho w_i) - \frac{N}{2} \ln(2\pi) - \frac{N}{2} \ln(\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} [(y - \rho Wy - X\beta)'(y - \rho Wy - X\beta)] \quad [3.31]$$

De forma similar a lo expuesto para el modelo del error espacial, este problema de optimización no lineal se puede simplificar expresando los estimadores de los parámetros de la regresión, β , y la varianza de la perturbación aleatoria, σ^2 , en función del coeficiente autorregresivo, ρ . La sustitución de estas expresiones en la función de verosimilitud da lugar a la función de verosimilitud concentrada, con un único parámetro, ρ , que tiene la siguiente forma:

$$L_c = -\frac{N}{2} \ln \frac{(e_0 - \rho e_L)'(e_0 - \rho e_L)}{N} + \sum_i \ln(1 - \rho w_i) \quad [3.32]$$

siendo e_0 y e_L los residuos de la regresión MCO de la variable y sobre X y la variable Wy sobre X , respectivamente. La simple búsqueda de los valores de ρ dará lugar rápidamente al estimador MV. Los otros parámetros pueden obtenerse a partir de la estimación MCO de la variable $(y - \rho Wy)$ sobre X .

Tras estimar el modelo espacial aparentemente adecuado será preciso volver a contrastar la idoneidad del modelo propuesto. Si, tras calcular la batería de contrastes, se ha llegado a la conclusión de que el modelo correcto debe incorporar una estructura autorregresiva de primer orden en el término de error, modelo [3.15], se deberá contrastar la significación del parámetro autorregresivo λ . En el caso de haber incluido un retardo espacial de la variable endógena y estimar el modelo [3.17], será necesario contrastar la significación del parámetro autorregresivos ρ .

Para realizar estos contrastes se pueden utilizar los denominados contrastes máximo-verosímiles: Razón de Verosimilitud (LR), Wald (W) y multiplicador de Lagrange (LM). A pesar de que los tres contrastes son equivalentes asintóticamente, tienden a ofrecer resultados distintos en muestras finitas. En la mayoría de las circunstancias, el orden de dichos estadísticos en términos de su magnitud es la siguiente: $W \geq LR \geq LM$. Este orden implica que será más fácil considerar significativo el coeficiente autorregresivo a partir de los resultados del contraste de Wald, que del contraste LM . En algunos casos, estos tres contrastes pueden alcanzar resultados contradictorios, situación en la que se deberían interpretar los resultados con precaución. Habitualmente, los resultados se ajustan al orden anterior y, de no ser así, debería sospecharse de un error potencial en la significación, como por ejemplo, no normalidad en las perturbaciones aleatorias, no

linealidad en la relación entre variables dependientes y explicativas o incorrecta elección de las variables explicativas y/o matriz de pesos espaciales.

Si el modelo del retardo espacial especificado es el correcto, entonces no debería quedar en los residuos de la regresión ningún tipo de dependencia espacial. El contraste del multiplicador de Lagrange para la autocorrelación espacial de los errores, LM_{ν} , contrasta esta cuestión. Un resultado significativo en este contraste sería indicativo de una mala especificación de la matriz de pesos espaciales o de la existencia de algún tipo de dependencia espacial no recogida bien en el modelo. En estos casos, deberían probarse bien modelos autorregresivos de mayor orden (en lugar del modelo de retardos espaciales habitual), o nuevas especificaciones de la matriz de pesos espaciales, o bien una especificación del modelo completamente distinta (por ejemplo, un modelo del error espacial).

CAPITULO 4

Los desplazamientos al trabajo y su impacto ambiental en los municipios de Bizkaia

4.0 Introducción

El proceso de desarrollo urbano y el incremento de la movilidad observados en los municipios de Bizkaia en la década de los 90 han sido descritos detalladamente en el capítulo 2. En aquellos años, las migraciones internas desde los antiguos centros industriales hacia entornos más rurales dieron lugar a un proceso de expansión urbana, caracterizado por una disminución de la densidad y de la diversidad funcional de los municipios, así como de un mayor protagonismo de la movilidad motorizada, fundamentalmente en vehículo privado. Este incremento de la movilidad motorizada vino acompañado de una creciente ocupación del espacio por parte de las infraestructura viarias, un aumento de la contaminación, del ruido y del número de accidentes, así como de la aparición del fenómeno de la congestión en las ciudades y el inicio de un proceso de exclusión social de amplios colectivos sin acceso al vehículo privado. Estos y otros efectos ambientales y socioeconómicos del transporte han sido expuestos previamente en los capítulos 1 y 2 de este estudio.

El principal objetivo de este capítulo consiste en examinar a través de un análisis econométrico cuáles son los factores de la expansión urbana experimentada en Bizkaia que tienen un mayor efecto sobre las características de la demanda de movilidad y, en consecuencia, sobre su impacto ambiental. El estudio centra su atención en los desplazamientos al lugar de trabajo de los habitantes de los municipios vizcaínos en el año 2001.

La estructura del capítulo es la siguiente. En el apartado 4.1 se define el marco teórico en el que se basa el modelo empírico especificado. El apartado 4.2 presenta la metodología empleada en el análisis y describe las variables consideradas en el estudio. Posteriormente, en el apartado 4.3 se realiza un análisis estadístico de los datos, dirigiendo la atención hacia la identificación de posibles efectos espaciales.

Estos son incorporados en la fase de modelización que se lleva a cabo en el último apartado, 4.4, en el que se contrastan diversas hipótesis de trabajo sobre la relación entre las características de la expansión urbana y la intensidad del impacto ambiental de la movilidad en Bizkaia.

4.1 Marco teórico del estudio

Para poder realizar el análisis empírico sobre la movilidad y su relación con los factores de uso del suelo en la provincia de Bizkaia, es necesario un primer paso de fundamentación teórica destinado a lograr una especificación adecuada del modelo que será cuantificado posteriormente. Este marco teórico se va a basar en las conclusiones obtenidas en los estudios empíricos que sobre este tema se encuentran en la literatura más reciente y que han sido revisados en el apartado 1.4 del capítulo 1.

En primer lugar, es importante aclarar el concepto de la movilidad que se va a analizar. En este sentido, la variable que será objeto de estudio es el impacto ambiental de los desplazamientos pendulares al lugar de trabajo, que se medirá a través de un índice compuesto que sintetizará las características principales de la demanda de movilidad: el número de viajes realizados, la duración de los mismos y el medio de transporte elegido para los desplazamientos.

Por otro lado, los resultados de numerosas investigaciones anteriores (Newman y Kenworthy, 1989; Cervero y Kockelman, 1997; Fouchier, 1998; Ewing *et al.*, 2002; Camagni *et al.* 2002a, 2002b; Polzin, 2004; Pouyanne, 2005; Salatino, 2006; Litman, 2009; TRB, 2009, entre otros) demuestran que son muchos los factores que contribuyen a caracterizar la demanda de movilidad y, en consecuencia, su impacto. Estos se pueden agrupar en tres áreas principales que interactúan entre sí: factores de uso del suelo, factores socioeconómicos y factores relacionados con los sistemas de transporte.

4.1.1 Factores de uso del suelo

En lo que se refiere a los **factores de uso del suelo**, la literatura especializada (Cervero y Kockelman, 1997; Polzin, 2004; Pouyanne, 2005; Salatino, 2006; Ewing *et al.* 2007; Litman, 2009; TRB, 2009 entre otros) señala que las características que tienen un mayor efecto sobre la demanda de movilidad son la densidad, la diversidad y el diseño urbano, las llamadas "3D" por Cervero y Koclemann (1997). Esta hipótesis ha sido

refrendada por los resultados de numerosos estudios empíricos (véase apartado 1.4.1 del capítulo 1).

La *densidad* o *intensidad* se puede medir a través de distintos indicadores, como son la densidad de población o de empleos, la intensidad de la actividad económica, etc., tanto en el lugar de origen como en el de destino del desplazamiento, y puede ser aplicada a diversas escalas geográficas. Un incremento de la densidad mejora en principio la accesibilidad, ya que aumenta el número de destinos potenciales situados dentro de una determinada área geográfica, reduciendo las distancias recorridas y la necesidad del automóvil, favoreciendo los desplazamientos a pie o en bicicleta. Asimismo, amplía las opciones de movilidad, debido a las economías a escala de las infraestructuras y de los servicios como el transporte público o los taxis. Por último, una elevada densidad reduce la accesibilidad en automóvil, al limitar la velocidad del tráfico, incrementar la congestión y reducir la oferta de aparcamientos, convirtiéndolo en un medio de transporte menos atractivo que otros. Todos estos fenómenos contribuyen a reducir el impacto de la movilidad sobre el medio ambiente.

La relación densidad-movilidad en vehículo privado es especialmente significativa en los desplazamientos al lugar de trabajo en un modelo de ciudad monocéntrica, donde los empleos están concentrados en el centro y las viviendas en la periferia. En este modelo de ciudad los desplazamientos son radiales y la baja densidad está directamente relacionada con la distancia al centro. El incremento de la distancia media recorrida da lugar a un reparto modal que favorece el uso del vehículo privado. Pouyane (2005) advierte que el surgimiento de una forma urbana policéntrica ha cuestionado esta relación. Con la aparición de los desarrollos policéntricos, consecuencia de la suburbanización de los empleos, los desplazamientos de periferia a periferia sustituyen a parte de los desplazamientos radiales tradicionales y aumenta el número de viajes en cadena, con diferentes objetivos para un mismo trayecto, que están directamente relacionados con la especialización económica (trabajo, comercio, ocio) de estos centros periféricos. En este contexto, los estudios comienzan a investigar otros factores que puedan influir en el comportamiento de los desplazamientos, tales como la diversidad de usos del suelo o el diseño urbano.

La *diversidad de usos del suelo* o *mezcla funcional* influye en la demanda de movilidad en la medida en que permite realizar las diferentes actividades personales, tales como ir al trabajo, a la escuela, a realizar compras, etc, dentro de una determinada área. A medida que se mezclan más tipos de funciones dentro de una misma zona, menores son las distancias a recorrer, lo que favorece el uso de medios de transporte alternativos al vehículo. Sin embargo, no existe consenso sobre la influencia de la diversidad funcional en los desplazamientos.

En relación al *diseño urbano* como tercer factor de uso del suelo que influye en la demanda de movilidad, algunos autores como Rodrigue *et al.* (2009) distinguen entre la *forma urbana* y el diseño urbano propiamente dicho. La *forma urbana* viene determinada por la disposición geográfica de los diferentes usos del suelo y de los medios de transporte. Comprende tanto la naturaleza de los sistemas de transporte (radiales, en red, etc.) como la configuración de los usos del suelo (monocéntrica o policéntrica). El *diseño urbano* se refiere a los aspectos físicos más detallados de la forma urbana, como las características de las calles, especialmente su conectividad, la presencia de aceras, estacionamientos, paradas de autobús, etc. Por ejemplo, la localización de un edificio con respecto a la infraestructura de transporte puede ser determinante a la hora de elegir el medio de transporte. Las características de la forma urbana y del diseño urbano pueden favorecer el uso de un medio de transporte sobre los demás, ya que afectan a la comodidad, la velocidad, el coste, el atractivo y la seguridad de los desplazamientos entre las diferentes actividades.

En los últimos años la relación de factores de uso del suelo que afectan a la movilidad se ha ampliado a cinco en los últimos años, las denominadas como 5D, añadiendo los aspectos relacionados con la accesibilidad de los destinos y del transporte público (Ewing *et al.*, 2007; TRB, 2009). La *accesibilidad del destino* se refiere a la facilidad o comodidad para acceder al destino del viaje desde el punto de origen, mientras que la *distancia al transporte público* mide la facilidad de acceso al transporte público desde el hogar o desde el trabajo.

4.1.2 Factores no relacionados con los usos del suelo

Cada vez se pueden encontrar más estudios que demuestran que, además de los factores de uso del suelo, existen otros aspectos que son determinantes a la hora de explicar el comportamiento de los desplazamientos. Así, Pouyanne (2004b) y TRB (2009) hacen referencia a algunas investigaciones que demuestran la importancia de las **condiciones socioeconómicas de la población** en la explicación de los patrones de movilidad. Sus resultados muestran que:

- un incremento de la renta aumenta la distancia y el tiempo de los desplazamientos realizados en vehículo particular (Frank *et al.*, 2005) y el consumo de combustible (Brownstone y Golob, 2009);
- el número de niños en el hogar tiene una influencia positiva en el número de desplazamientos (Krizek, 2003) o en la frecuencia de los viajes en automóvil cuyo destino no es el lugar de trabajo (Boarnett y Crane, 2001);

- a medida que aumenta el nivel de educación disminuye el uso del vehículo privado (Dieleman *et al.*, 2002);
- la proporción de mujeres en la población tiene una influencia positiva en el número de viajes en vehículo no destinados a acudir al centro de trabajo (Boarnett y Sarmiento, 1998).

Sin embargo, Polzin (2004) señala que la importancia de estos factores depende de la escala espacial a la que se realiza el estudio. Según este autor, los contrastes en las condiciones socioeconómicas generalmente son mayores cuando se comparan diferentes barrios dentro de una misma ciudad que cuando se realiza la misma comparación entre municipios. En este último caso, que coincide con la escala elegida para realizar esta investigación, considera que los factores socioeconómicos contribuirán en menor medida a la explicación de las diferencias observadas en los patrones de movilidad de las ciudades.

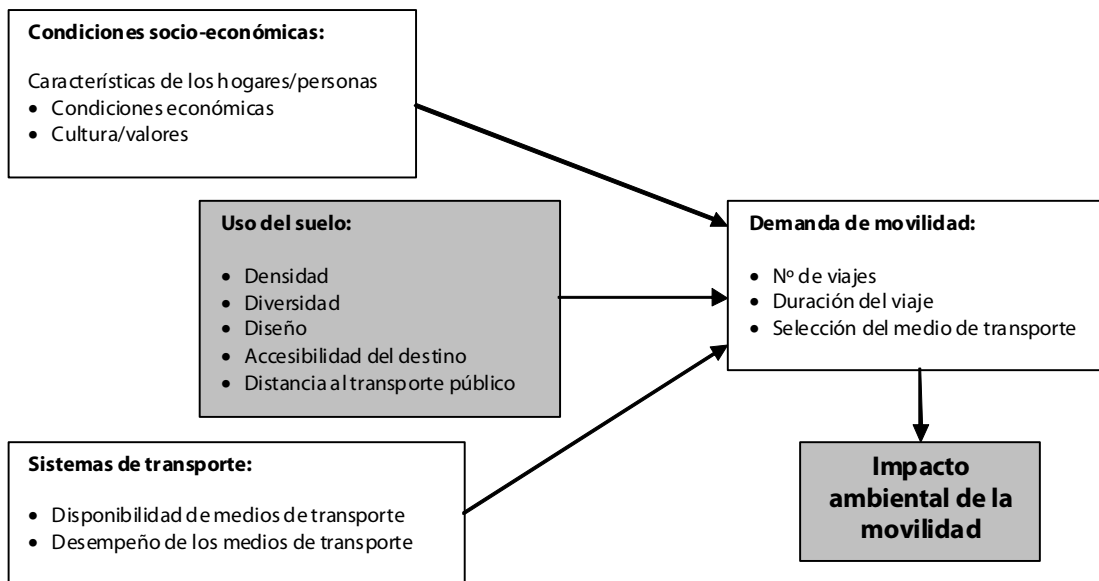
Finalmente, se espera que las **características de los sistemas de transporte**, tales como la accesibilidad al transporte público (Holtzclaw, 1994; Kitamura *et al.*, 1997; Camagni *et al.*, 2002b), la calidad del servicio (Camagni *et al.*, 2002b) o la competitividad entre la carretera y el ferrocarril en términos de accesibilidad (Camagni *et al.*, 2002b), también influyan en la demanda de movilidad (ver tabla 4.2). Kaufmann y Jemelin (2003) realizaron una encuesta en cuatro áreas metropolitanas francesas que confirmó que, aunque los motivos para la elección de un medio de transporte determinado varían según los individuos, la insuficiente oferta de transporte termina por imponer el modelo dominante de transporte. Muchos de los encuestados se veían obligados a utilizar el automóvil debido a la inexistencia de un servicio de transporte público adecuado entre su domicilio y su lugar de trabajo. Se espera que, a medida que mejora la accesibilidad y la calidad del transporte público (coste, velocidad, seguridad, fiabilidad, comodidad, ...), disminuya la proporción de viajes realizados en vehículo privado, reduciendo el impacto ambiental de la movilidad.

4.1.3 Modelo conceptual

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la figura 4.1 resume el marco conceptual propuesto por esta investigación, adaptando el modelo planteado por Polzin (2004) a las particularidades del caso que se va a investigar. En él se plantea el impacto ambiental generado por las características de la demanda de movilidad por motivo de trabajo como consecuencia de una serie de factores agrupados en tres categorías: el uso del suelo, las condiciones socioeconómicas y las características del sistema de

transporte público. Aunque el interés principal de este estudio gira en torno a la interacción entre los factores de uso del suelo y el impacto ambiental de la movilidad, a lo largo del análisis se incorporan en la medida de lo posible elementos pertenecientes a las otras dos áreas.

Figura 4.1: Modelo conceptual: factores que influyen en el impacto ambiental la movilidad en los municipios de Bizkaia



FUENTE: Elaboración propia.

Recordando lo expuesto en el capítulo introductorio de esta investigación y tomando como referencia el modelo teórico de la figura 4.1, en este trabajo se quiere estudiar si, en la provincia de Bizkaia, las diferencias locales de los modelos de movilidad por motivo de trabajo (reparto modal y tiempo de los desplazamientos), y en consecuencia su impacto ambiental, pueden ser atribuidas en alguna medida a los diferentes patrones de uso del suelo derivados de la expansión urbana experimentada en el periodo 1991 – 2001. Se tendrán en cuenta, además, una serie de factores socioeconómicos y relacionados con los sistemas de transporte que la literatura especializada considera relevantes en la explicación del comportamiento de la movilidad.

En concreto, las hipótesis de trabajo que se plantean en este capítulo son las siguientes:

- El descenso de la densidad aumenta las distancias recorridas y el uso del automóvil, contribuyendo a incrementar el impacto ambiental de la movilidad.

- A medida que un municipio se especializa en su función residencial, es decir, se mezclan menos tipos de funciones urbanas dentro de una misma zona, mayores son las distancias a recorrer para acudir al lugar de trabajo, lo que favorece el uso del vehículo privado y aumenta el impacto de la movilidad sobre el medio ambiente.
- Una forma urbana más dispersa y menos compacta es menos adecuada para los desplazamientos a pie o en transporte público, lo que incrementa el impacto ambiental de la movilidad.
- Ciertas características socioeconómicas de la población (familias jóvenes con hijos, de elevado nivel cultural y económico, que habitan en viviendas unifamiliares) favorecen la elección del vehículo privado como medio de transporte para acudir al trabajo y generan desplazamientos más largos. En este sentido, el mayor impacto ambiental de la movilidad está asociado a aquellos municipios que experimentaron un fuerte crecimiento demográfico en la década 1991-2001.
- La accesibilidad al transporte ferroviario (tren y/o metro) disminuye la proporción de viajes realizados en vehículo privado, reduciendo el impacto ambiental de la movilidad.

4.2 Metodología

La relación entre el impacto ambiental de la movilidad y los factores que lo determinan será evaluada mediante un análisis de regresión múltiple, con el fin de conocer la magnitud del efecto marginal de cada uno de los factores sobre el patrón de movilidad. En este análisis, el impacto ambiental de movilidad será la variable a explicar y las características del uso del suelo, las condiciones socioeconómicas de la población y las características de los sistemas de transporte público las variables explicativas. Dado que la información que se va a utilizar se basa en datos geográficos de corte transversal, se utilizarán técnicas específicas para el tratamiento de este tipo de datos, como el análisis exploratorio de datos espaciales y los modelos econométricos espaciales (véase el capítulo 3).

El análisis exploratorio espacial se llevará a cabo con GeoDa¹, software específico que proporciona una gran variedad de herramientas gráficas, mientras que la estimación de los modelos econométricos espaciales se realizará con Stata², que incorpora algunas rutinas que facilitan el análisis de datos espaciales de corte transversal.

A continuación, pasamos a explicar detalladamente las variables que se van a utilizar en este estudio para medir tanto el impacto ambiental de la movilidad, apartado 4.2.1, como cada uno de los factores explicativos considerados, apartado 4.2.2.

4.2.1 El Índice de Impacto de la Movilidad

Como indicador para medir el impacto ambiental de la movilidad generado por cada municipio, se ha elegido el índice de Intensidad del Impacto de la Movilidad propuesto por Camagni y su equipo de investigación (Camagni *et al.*, 2002a), adaptándolo a las características específicas de nuestro estudio, tal como se explicará detalladamente en este apartado. Se trata de un indicador sintético que mide el impacto ambiental promedio “generado” por un *commuter* que habita en un determinado municipio en sus desplazamientos diarios al lugar de trabajo. A diferencia de otros indicadores, se centra en los impactos generados por los residentes de un municipio y no mide los efectos “soportados” por el municipio, que podrían ser debidos a viajes originados en otros municipios. Ejemplos de estos últimos serían aquellos indicadores que calculan los niveles de contaminación provocados por el transporte urbano en una determinada ciudad (Newman y Kenworthy, 1989; Fouchier, 1998), o el consumo de energía de este tipo de transporte (Newman y Kenworthy, 1989, 2006; Kenworthy y Laube, 2001).

El indicador propuesto considera que el impacto ambiental del desplazamiento depende de la combinación entre el medio de transporte utilizado y la duración del viaje. Por ello, el número total de personas movilizadas al trabajo se ha desagregado en seis categorías, según el medio de transporte utilizado:

¹ El programa informático GeoDa, desarrollado por el profesor Luc Anselin de la Universidad de Illinois, se puede obtener de forma gratuita en la página web del *GeoDa Center for geospatial análisis and computation* de la Universidad de Arizona: <http://geodacenter.asu.edu>.

² En el caso de Stata, se han utilizado las herramientas para el análisis espacial de los datos (*spatwmat*, *spatreg*, *espatdiag*,...) introducidas por Pisati (2001). La principal virtud de Stata frente a Geoda, y por lo que ha sido utilizado en la estimación de los modelos econométricos espaciales, consiste en ofrecer mayor flexibilidad a la hora de estimar las versiones robustas de los modelos espaciales en caso de presencia de heterocedasticidad.

- andando o en bicicleta;
- en autobús, autocar o minibús;
- en coche privado como conductor;
- en moto;
- en coche privado como pasajero;
- en tren, tranvía o metro.

Dentro de cada medio de transporte, teniendo en cuenta las distancias y los tiempos de los desplazamientos en Bizkaia, cada viaje ha sido asignado a una de las siguientes categorías según el tiempo empleado³:

- menos de 20 minutos;
- entre 21 y 45 minutos;
- más de 45 minutos.

Partiendo de estos datos, se ha calculado un indicador del impacto ambiental de la movilidad para cada municipio. Por ello, aplicando a cada viajero una ponderación según el medio de transporte y el tiempo utilizado, obtenemos el número de “Viajeros con Impacto Equivalente” (VIE). De esta forma, disponemos de dos indicadores para cada municipio:

1. el número de personas que se desplazan diariamente al lugar de trabajo (V), y
2. el número de “Viajeros con Impacto Equivalente” (VIE), donde cada viajero ha sido ponderado según el medio de transporte y el tiempo que ha empleado en sus desplazamientos, con el fin de tener en cuenta la magnitud del impacto ambiental generado por cada *commuter*.

Comparando ambos valores obtenemos un índice de intensidad del impacto a nivel local, que mide el impacto ambiental promedio generado por un *commuter* residente en ese municipio. Siguiendo la metodología propuesta por R. Camagni y su equipo,

³ R. Camagni en su estudio sobre Milán utiliza las siguientes categorías de tiempo: 0'-30', 30'-60', >60'. En este estudio se proponen otras categorías, adaptándolas a los tiempos de los desplazamientos en Bizkaia, con el fin de que cada una de las categorías contenga una cantidad similar de viajes.

para un determinado municipio k , el *índice de impacto de la movilidad* (IMP_k) puede estimarse de la siguiente forma:

$$IMP_k = \frac{\text{Viajeros de impacto equivalente (VIE)}}{\text{Viajeros reales (V)}} \times 100 = \frac{\sum_{ij} m_{ij} p_{ij}}{\sum_{ij} m_{ij}} \times 100 \quad [4.1]$$

donde m_{ij} representa el número de personas desplazadas al trabajo dentro y desde el municipio k utilizando el medio de transporte i y con una duración j ; y p_{ij} es la ponderación asignada a cada desplazamiento realizado en el medio de transporte i y con una duración j . En otras palabras, un municipio con 100 viajeros diarios y 30 VIE tiene un índice de impacto de la movilidad del 30%.

Como se puede observar, para construir este índice es necesario definir previamente la matriz de ponderaciones, p_{ij} , para cada una de las 18 combinaciones de medio-duración. Para ello, se asigna arbitrariamente el peso 1 al viaje de 33 minutos de duración realizado en coche privado y el resto de los pesos se calculan en relación a este valor (ver tabla 4.1).

Tabla 4.1: Matriz de ponderaciones por duración y medio de transporte

		Categorías tiempo de viaje (j)		
		0-20 min.	21-45 min.	>45 min.
		→		
Duración media del viaje		10 min.	33 min.	60 min.
Peso por unidad de tiempo		1,20	1,00	0,80
Duración equivalente		12 min.	33 min.	48 min.
Categorías de medios de transporte (i)	Ponderación del tiempo			
	Ponderación del medio de transporte	0,36	1,00	1,45
Andando o en bicicleta	0,00	0,00	0,00	0,00
Autobús, autocar, minibús	0,33	0,12	0,33	0,48
Coche privado (conductor)	1,00	0,36	1,00	1,45
Moto	0,33	0,12	0,33	0,48
Coche privado (pasajero)	0,00	0,00	0,00	0,00
Tren, tranvía, metro	0,20	0,07	0,20	0,29

FUENTE: Elaboración propia.

Más detalladamente, los pasos que se siguen en la construcción de la matriz de ponderaciones son los siguientes:

1. Para cualquier medio de transporte dado, el impacto ambiental de un viaje por unidad de tiempo decrece con la duración del desplazamiento. Se supone que cuanto más largo es el viaje, disminuye proporcionalmente el número de veces que hay que frenar y volver a iniciar la marcha, debido a la mayor fluidez del tráfico fuera del área urbana, lo que reduce la contaminación por unidad de tiempo. Las ponderaciones por minuto varían de la siguiente forma asignando el peso 1 al viaje de 33 minutos de duración y calculando el resto en relación a este valor (ver tabla 4.1):
 - Desplazamiento entre 0'-20', con una duración media de 10':1,2 por minuto.
 - Desplazamiento entre 21'-45', con una duración media de 33': 1 por minuto.
 - Desplazamiento superior a 45', con una duración media de 48': 0,8 por minuto.
2. Multiplicando la duración media del viaje por el peso por unidad de tiempo, se obtiene la duración equivalente para cada categoría (ver tabla 4.2). Si se asigna un 1 a un viaje de 33 minutos de duración equivalente, proporcionalmente se asignará un peso de 0,36 a un viaje de 12 minutos de duración equivalente ($(1/33) \times 12 = 0,36$) y 1,45 a cada desplazamiento de 48 minutos de duración equivalente ($(1/33) \times 48 = 1,45$), obteniendo de esta forma la ponderación del impacto ambiental para cada categoría de tiempo de viaje.
3. Para una duración determinada, la ponderación del impacto ambiental de cada medio de transporte por pasajero y por minuto es la siguiente fijando arbitrariamente, una vez más, el peso 1 al viaje realizado en coche privado como conductor y asignando el resto en relación a este valor:
 - Desplazamientos en coche como conductor: 1,00
 - Desplazamientos en motos y autobuses: 0,33
 - Desplazamientos en tren: 0,20
 - Desplazamientos a pie, en bicicleta o como pasajeros en coche⁴: 0

Para construir este indicador del impacto ambiental de la movilidad generado por cada uno de los 111 municipios vizcaínos se han utilizado los datos del cuestionario

⁴ En el caso de los pasajeros, se supone que el impacto ya ha sido asignado al conductor del coche.

individual del Censo de Población y Viviendas 2001, que proporciona el número de personas que se desplazan diariamente a sus lugares de trabajo o *commuters*.

Una de las limitaciones de este indicador está relacionada con la utilización de los datos del tiempo de los desplazamientos para calcular el impacto de la movilidad, debido a que no podemos relacionar la duración del viaje con la longitud del mismo, lo que impide diferenciar el efecto de la distancia y el efecto de la velocidad del vehículo y de las condiciones de tráfico. Por otro lado, por la naturaleza de los datos proporcionados por el Censo de Población y Viviendas, únicamente se tiene en cuenta el impacto de la movilidad sistemática y pendular (ida y vuelta diaria a los centros de trabajo), dejando de lado una parte cada vez más importante de la movilidad que responde a otras motivaciones y tiene diferentes características (desplazamientos por motivos de ocio, compras, etc.) (Camagni *et al.*, 2002a, 2002b).

4.2.1 Los factores que influyen en el patrón de movilidad

El modelo teórico planteado en la figura 4.1 recoge los factores que influyen en el impacto ambiental de la movilidad. En la literatura más reciente sobre este tema se han utilizado varios indicadores para medir estos factores, que han demostrado buena capacidad explicativa (ver tabla 4.2). A la hora de seleccionar el conjunto de indicadores utilizado en este estudio se han tenido en cuenta, además de los resultados de investigaciones anteriores, los datos disponibles para el área y el periodo analizados.

Según el modelo teórico planteado, estos factores se pueden dividir en factores de uso del suelo, socioeconómicos y relacionados con los sistemas de transporte.

Comenzando con los **factores de uso del suelo**, como medida de la densidad se utilizará la *densidad bruta de población*, es decir, el número de habitantes sobre la superficie total del municipio (habitantes por Km²), uno de los indicadores más usados en la literatura sobre el tema. La falta de estadísticas fiables sobre el área urbana de cada municipio no ha permitido utilizar otros indicadores propuestos en la literatura, tales como la densidad neta de población (habitantes por Km² de área urbana), la intensidad urbana neta (habitantes y empleos por área urbanizada) o la densidad residencial neta (viviendas por área urbana) como variables explicativas del impacto ambiental de la movilidad.

Tabla 4.2: Factores utilizados en diferentes investigaciones

FACTOR	VARIABLE	CALCULO	ESTUDIO	
Usos del suelo	Densidad	Densidad bruta de población	Habitantes por hectárea (o acre)	Newman y Kenworthy (1989); Holtzclaw (1994); Frank y Pivo (1995); Holtzclaw <i>et al.</i> (2002); Camagni <i>et al.</i> (2002a, 2002b); Muñiz y Galindo (2005); Pouyanne (2005); Traversi <i>et al.</i> (2006); Rodrigue <i>et al.</i> (2009); Litman y Steele (2009).
		Densidad neta de población	Habitantes por hectárea urbana (o acre)	Camagni <i>et al.</i> (2002a, 2002b); Traversi <i>et al.</i> (2006).
		Densidad de empleos	Empleos por hectárea (o acre)	Frank y Pivo (1995); Pouyanne (2005); García Palomares (2008); Litman y Steele (2009).
		Intensidad urbana neta	(Habitantes + empleos) / ha. urbanizada	Kenworthy y Laube (2001); Camagni <i>et al.</i> (2002a, 2002b); Newman y Kenworthy (2006); Traversi <i>et al.</i> (2006).
		Densidad residencial neta	Viviendas por área urbana (o acre)	Frank <i>et al.</i> , (2005).
	Diversidad funcional	Especialización funcional	Empleos/residentes	Ewing <i>et al.</i> (2002); Camagni <i>et al.</i> (2002a, 2002b); Traversi <i>et al.</i> (2006).
		Job ratio	Empleos/población activa	Pouyanne (2004a, 2005); Muñiz y Galindo (2005); Muñiz <i>et al.</i> (2007).
		Índice de especialización sectorial	Índice khi-deux de especialización sectorial	Pouyanne (2004a, 2005).
	Diseño urbano	Forma urbana	Índice de dispersión de Silveti	Camagni <i>et al.</i> (2002a, 2002b).
		Existencia de aceras		Boarnett y Crane (2001); Ewing <i>et al.</i> (2002).
		Densidad de red de calles	Densidad de intersecciones	Ewing <i>et al.</i> (2002); Frank <i>et al.</i> (2005); Boer <i>et al.</i> , (2007).
		Oferta de parkings		Cervero (1991); Boer <i>et al.</i> , (2007).
		Características de los barrios		Meurs y Haaijer (2001); Cao <i>et al.</i> , (2005, 2006a, 2006b); Wells y Yang (2008).
	Accesibil. destino	Accesibilidad regional	Empleos disponibles en un trayecto de 30 minutos	Ewing <i>et al.</i> (2002).
		Distancia	Distancia hasta el distrito central de negocios (<i>central business district</i>) o hasta otros centros de actividad	Camagni <i>et al.</i> (2002a, 2002b).
	Distancia Trans. Púb.	Distancia al transporte público	Nº de paradas de bus o de tren dentro de una determinada distancia desde el origen del viaje Distancia o tiempo a la parada de transporte público más cercana	Kitamura <i>et al.</i> , (1997); Frank <i>et al.</i> (2005); Vance y Hedel (2007).
	Características socioeconómicas	Nivel de renta	Renta per capita o renta por hogar	Frank <i>et al.</i> (2005); Muñiz y Galindo (2005); García Palomares (2008); Brownstone y Golob (2009).
		Características del hogar	Tamaño del hogar, nº de niños, nivel de educación	Boarnett y Crane (2001); Dieleman <i>et al.</i> (2002); Krizek (2003); Frank <i>et al.</i> (2005);
		% de mujeres	Nº de mujeres / población total	Boarnett y Sarmiento (1998).
		Acceso al vehículo privado	Nº de licencias de conducir, nº de vehículos por hogar.	Frank y Pivo (1995); Frank <i>et al.</i> (2005); García Palomares (2008).
Dinamismo demográfico		Antigüedad de los edificios, variación de la población	Camagni <i>et al.</i> (2002a, 2002b); Boer <i>et al.</i> (2007); García Palomares (2008).	
Sistemas de transporte	Accesibilidad al transporte público	Índice Accesibilidad a trans. púb.	Holtzclaw (1994).	
		Accesibilidad a diferentes medios	Kitamura <i>et al.</i> (1997); Camagni <i>et al.</i> (2002b); García Palomares (2008).	
	Calidad del transporte	Competitividad	Camagni <i>et al.</i> (2002b).	

FUENTE: Ewing *et al.* (2001, 2007); Handy (2006); Brownstone, 2008; Cao *et al.*, 2008; TRB (2009) y Litman y Steele (2009).

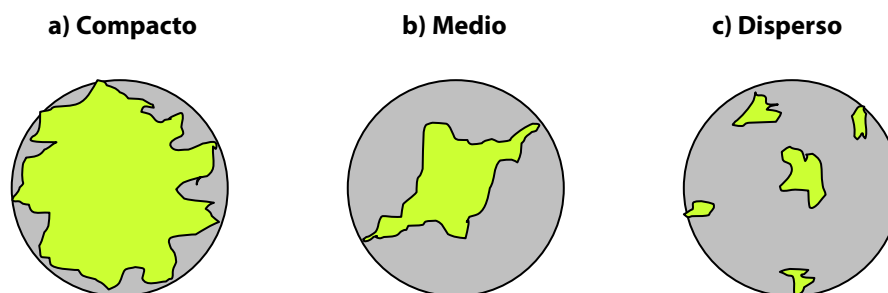
Los indicadores más utilizados en la literatura para medir el grado de *mezcla funcional* de un área urbana han sido el ratio empleos/residentes y la relación empleos/población activa, conocida como *job ratio* (ver tabla 4.2). Asimismo, alguna investigación ha recurrido al denominado índice de especialización sectorial, pero la falta de datos para su cálculo ha llevado a desestimar su uso en este estudio. A la hora de elegir entre los dos primeros indicadores mencionados previamente, se ha considerado el uso del indicador ratio empleos/residentes por haber demostrado tener más poder explicativo. Por lo tanto, en este trabajo se entenderá la diversidad funcional como el grado de *mezcla* entre dos funciones esenciales de la ciudad, la residencial y la laboral, y se medirá a través del ratio empleos/residentes. Valores altos de este indicador reflejan un predominio de la función productiva, valores bajos muestran una especialización en la función residencial, y valores intermedios corresponden a municipios con una mezcla entre ambas funciones.

Como indicador de la forma urbana Camagni *et al.* (2002a, 2002b) utilizaron el Índice de dispersión propuesto por Salvetti (1982)⁵, que es un indicador de compacidad/dispersión de la estructura de un asentamiento. Inicialmente, consideramos utilizar en este estudio un *índice de forma urbana* basado en la idea de Salvetti. Así, tomando los datos y los planos proporcionados por UDALPLAN (2003) referidos al año 2002, encerramos sobre el plano el área urbana residencial dentro de un círculo y realizamos el siguiente cálculo:

$$\text{Índice de forma urbana} = \frac{\text{área urbana residencial}}{\text{área del círculo}} \quad [4.2]$$

Observando la figura 4.2 y suponiendo que las manchas verdes representan el área urbana residencial, se trata de dividir el área verde entre el área total del círculo. El valor del indicador varía entre 0 (totalmente disperso) y 1 (totalmente compacto).

⁵ Es un indicador gráfico, que se calcula inscribiendo el área urbana de un municipio dentro de un círculo al interior del cual se trazan dos círculos concéntricos cuyos radios son 1/3 y 2/3 del radio de la circunferencia exterior. Se dibujan 36 rayos que parten del centro con una distancia de 10° y se consideran los 72 puntos en los que se dividen las áreas situadas entre los dos círculos exteriores. El índice se calcula dividiendo los puntos externos a la superficie urbanizada entre el número total de puntos (72). El valor del índice está comprendido entre 0 y 1: cuanto más se acerca a 0, mayor es la compacidad del asentamiento (Camagni *et al.*, 2002b).

Figura 4.2: Índice de forma urbana

FUENTE: Elaboración propia.

Sin embargo, las dificultades a la hora de estimar el área del círculo y algunas inconsistencias observadas en los datos del área urbana residencial proporcionadas por distintas fuentes (UDALPLAN, 2003 y Corine Land Cover entre otros), sumadas a la falta de significatividad estadística del indicador en el caso de los municipios de Bizkaia, llevaron a desestimarlos como variable explicativa de la forma urbana.

Como alternativa para medir la forma urbana se ha elegido el *índice de concentración de la población* proporcionado por Eustat, que representa la proporción de habitantes del municipio que se agrupa en torno a la mayor entidad de población y se calcula dividiendo el número de habitantes de la mayor entidad de población entre la población total del municipio. Valores bajos de este indicador muestran un municipio con una gran proporción de población dispersa o residiendo en diferentes núcleos poblacionales dentro del mismo municipio. Valores altos, sin embargo, reflejan la presencia de un municipio con la población concentrada en una única entidad de población y poca población dispersa. De esta manera, municipios con la misma densidad, podrían mostrar diferentes grados de concentración, según como sea la distribución espacial de esta densidad. Este indicador puede aportar cierta información sobre la forma urbana; es decir, sobre el carácter monocéntrico o policéntrico del municipio.

En relación al diseño urbano, definido como aquellos aspectos físicos más detallados de la forma urbana, la carencia de datos sobre variables referidas a las características de los barrios y de las calles, su conectividad, presencia de aceras y otras características favorables a los peatones y a las bicicletas, etc. que han sido utilizadas en otros estudios (ver tabla 4.2) obliga a no incluir estos factores en nuestro análisis. Ewing *et al.* (2002), que utilizaron como indicadores del diseño urbano la presencia de aceras y la densidad de la red de calles, consideran marginal el impacto de las características del

diseño urbano en los desplazamientos a un destino determinado, como es el caso de los viajes al lugar de trabajo, siendo más importantes en los viajes secundarios, es decir, en los viajes dentro de un centro de actividad, que se pueden realizar ya sea a pie o en coche. Dado que los datos que vamos a utilizar no incorporan este tipo de desplazamientos secundarios, el hecho de no contemplar el diseño urbano como factor explicativo puede no resultar muy restrictivo.

En cuanto a los dos últimos factores de uso del suelo, las restantes 2D, la accesibilidad del destino y la distancia al transporte público, la falta de estadísticas disponibles a este respecto impiden la inclusión de ciertos indicadores utilizados por otros autores, como la distancia hasta los centros de actividad, el número de empleos alcanzables dentro un determinado tiempo de viaje (Ewing *et al.*, 2002), o el número de paradas de bus o de tren dentro de una determinada distancia medida desde el origen del viaje (Frank *et al.*, 2005).

Dentro de otro grupo de factores, los **factores socioeconómicos**, en este estudio hemos considerado dos indicadores socioeconómicos: la *renta bruta per capita* medida en miles de euros, como indicador socioeconómico más habitual, y la *variación de la población*, con el fin de capturar el efecto de las migraciones internas en el patrón de movilidad. En este sentido, el estudio centra su atención en las características de un grupo poblacional concreto: aquellos que protagonizaron las migraciones internas desde los antiguos centros industriales de Bizkaia hacia entornos más rurales ocurridas en el contexto del proceso de suburbanización experimentado en la década de los 90. Como se explicó en el capítulo 2, estos cambios de residencia fueron llevados a cabo en gran medida por personas con estudios superiores, muchos de ellos ocupados en profesiones técnicas y directivas, y por familias con hijos, que mantuvieron su puesto de trabajo en su lugar de origen. Esta investigación supone que esta población está asociada a un uso más frecuente del vehículo privado y a desplazamientos más largos y, por consiguiente, a un mayor impacto ambiental debido a la movilidad.

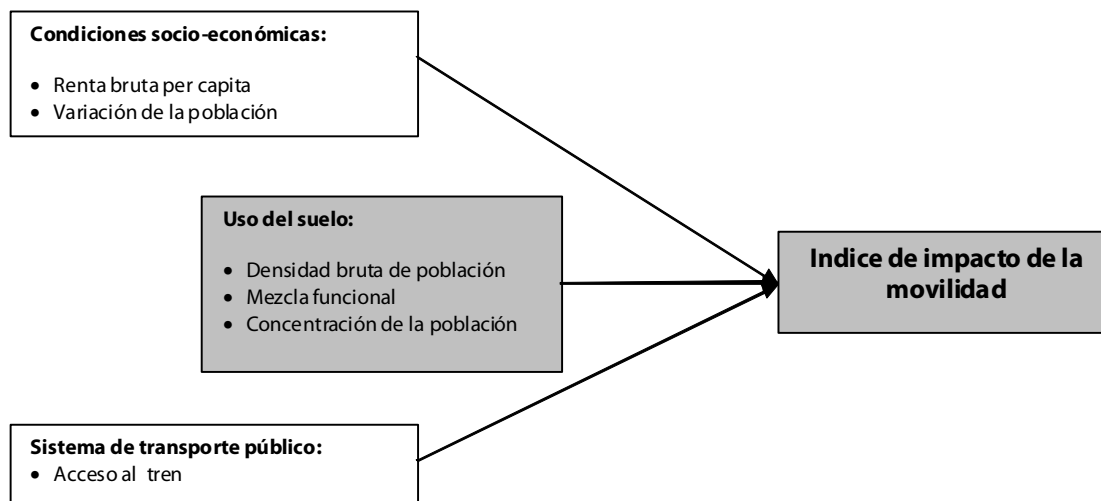
La variable *variación de la población* se utilizará como variable *proxy* que recoja la influencia de las características socioeconómicas de este grupo poblacional en el modelo. Este indicador mide el incremento de población de cada municipio en el periodo 1991-2001 e identifica aquellos municipios con un mayor dinamismo demográfico. Esta variable ya ha sido utilizada junto con la edad promedio de los edificios de un municipio en otros estudios (Camagni *et al.*, 2002a, 2002b; Boer *et al.*, 2007) con el fin de identificar los desarrollos urbanos recientes. Sin embargo, en el caso de Bizkaia, muchos de los municipios que han experimentado un crecimiento demográfico importante en la década estudiada son pequeños municipios rurales que

combinan nuevos desarrollos con construcciones muy antiguas. Por lo tanto, en nuestro caso, la edad de los edificios no es una variable adecuada.

Finalmente, en relación a las **características del sistema de transporte**, éstas se recogerán a través de la variable que denominaremos *acceso al tren*, que mide la disponibilidad de tren y/o metro en cada municipio. De los 111 municipios de Bizkaia, 108 disponen de servicio de autobús y los tres restantes carecen de transporte público. Teniendo en cuenta que de estos 108 municipios con servicio de autobús 48 de ellos tienen, además, acceso al ferrocarril (tren y/o metro), consideramos que la presencia de este último es la que explica las diferencias locales en la participación del transporte público en los desplazamientos al trabajo (véase tabla 2.26 y mapa 2.14 del capítulo 2). Por lo tanto, dadas las características de Bizkaia, la variable *acceso al tren* recoge la disponibilidad de diferentes medios de transporte y se puede interpretar como un indicador de la calidad del transporte público en cada municipio.

La figura 4.3 muestra los indicadores seleccionados para medir las variables recogidas en el marco conceptual descrito en el modelo de la figura 4.1. Así, las características de la demanda de movilidad de cada municipio se representarán a través de un índice sintético, el *índice de impacto de la movilidad*, que medirá el impacto promedio generado por los habitantes de un municipio sobre el medio ambiente en sus desplazamientos a su lugar de trabajo. La variabilidad de este índice de impacto será explicada a través de variables relacionadas con las características de uso del suelo, tales como la *densidad bruta de población*, la *mezcla funcional* y el *índice de concentración de la población*. Asimismo, se considerarán variables que tienen en cuenta las características socioeconómicas de los habitantes de Bizkaia, como la *renta bruta per capita*, y se pondrá especial atención en la población que, según la hipótesis planteada, ha contribuido en mayor medida al incremento del impacto de la movilidad, es decir, aquellos que emigraron desde los centros industriales hacia los entornos más rurales en la década de los 90. Se supondrá que la variable *variación de la población* recoge en alguna medida el perfil socioeconómico particular de estas migraciones internas: profesionales a cargo de una familia con hijos, de nivel socioeconómico medio-alto y que han trasladado su residencia a entornos con mejor calidad ambiental. Por último, se considerará el *acceso al tren* como factor que condiciona la participación del transporte público en los desplazamientos al trabajo y contribuye positivamente a reducir el impacto ambiental de la movilidad.

Figura 4.3: Variables utilizadas en la explicación del impacto ambiental de la movilidad en los municipios de Bizkaia



FUENTE: Elaboración propia.

La definición de estas variables, la abreviatura que se va a utilizar en el resto del trabajo, el año de referencia, la fuente estadística y el efecto esperado sobre la movilidad, están recogidas en la tabla 4.3.

4.3 Análisis estadístico de la base de datos

Este estudio va a hacer uso de datos geográficos de corte transversal para explicar el comportamiento de cierta variable observada en una serie de puntos del espacio, el impacto ambiental de la movilidad, a través de un conjunto de variables observadas en los mismos puntos.

Tabla 4.3: Descripción de las variables utilizadas

VARIABLE (ABREVIATURA)	DEFINICION	AÑO	FUENTE ESTADISTICA	SIGNO ESPERADO
VARIABLE DEPENDIENTE				
Indice de impacto de la movilidad (IMP)	Intensidad promedio del impacto ambiental de la movilidad urbana a nivel de municipio. Se calcula como el ratio entre viajeros de impacto equivalente (VIE) y número de <i>commuters</i> registrados.	2001	Censo de Población y Viviendas.	
VARIABLES EXPLICATIVAS				
Densidad bruta de población (DEN)	Número de residentes sobre la superficie total del municipio.	2001	Eustat	Negativo
Mezcla funcional (MEZC)	Se obtiene dividiendo el número de empleos en el municipio entre el número de residentes. Mide la diversidad funcional de un municipio; es decir, el grado de mezcla entre dos funciones esenciales de la ciudad: habitar y trabajar. El ratio empleos/residentes mide el balance trabajos/hogares. Valores altos indican un predominio de la función productiva; valores bajos muestran una especialización en la función residencial; y valores intermedios corresponden a municipios con una mezcla entre ambas funciones.	2001	Eustat	Negativo
Indice de concentración de la población (CONC)	Representa la proporción de habitantes del municipio que se agrupa en torno a la mayor entidad de población y se calcula dividiendo el número de habitantes de la mayor entidad de población entre la población total del municipio.	2001	Eustat	Negativo
Renta bruta per capita (REN)	Renta bruta <i>per capita</i> , expresada en miles de euros.	2001	Eustat	Positivo
Variación de la población (VPOB)	Variación de la población, que nos indicará las diferentes dinámicas de la población dentro del área de estudio.	1991-2001	Censo de Población y Viviendas	Positivo
Acceso al tren (TREN)	Mide la disponibilidad de servicio de tren y/o metro. Toma el valor 0 si el municipio no dispone ni de servicio de tren ni de metro; 1 si cuenta con acceso al tren y/o metro.	2001	Eustat COTRABI	Negativo

Cuando se trabaja con datos geográficos o espaciales deben considerarse las características propias de esta información. El espacio geográfico tiene una naturaleza georreferenciada que exige conocer la posición relativa o absoluta donde se producen los fenómenos que se están analizando. Este tipo de datos suelen ser fuertemente interdependientes y es frecuente la aparición de efectos espaciales, como la heterogeneidad y la dependencia espacial, cuyas consecuencias no siempre pueden ser tratadas utilizando los métodos estadísticos tradicionales. Estas peculiaridades motivaron el nacimiento de una subdisciplina del análisis exploratorio de datos denominada Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE), diseñada para el tratamiento específico de los datos geográficos (ver capítulo 3).

Antes de proceder a la especificación y estimación del modelo econométrico correspondiente al modelo teórico propuesto (figura 4.3), vamos a realizar un análisis estadístico espacial de la información que se va a utilizar. Se comenzará con la descripción estadística de los datos del estudio pasando, posteriormente, al análisis de la presencia de efectos espaciales a nivel univariante mediante las técnicas del AEDE.

4.3.1 La base de datos

La fuente principal de datos para el estudio ha sido el Censo de Población y Viviendas realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE), en colaboración con los Ayuntamientos y los Institutos de Estadística de las Comunidades Autónomas (Eustat en el caso de la Comunidad Autónoma del País Vasco). En general, el Censo facilita información a diferentes escalas territoriales: desde las más agregadas (país, comunidad autónoma o provincia) hasta las más desagregadas (municipio, unidad poblacional, distrito o sección). Sin embargo, son más accesibles los datos sobre movilidad (personas desplazadas diariamente a su lugar de trabajo, por medio de transporte y tiempo de desplazamiento) a nivel municipal, que será la escala elegida para el análisis de la relación entre movilidad y desarrollo urbano. Además, coincide con la escala a la que están definidos los mapas estadísticos que se utilizarán en el análisis gráfico.

Las series municipales del Eustat han proporcionado la mayoría de los datos sobre los factores de uso del suelo y las condiciones socioeconómicas de la población (densidad bruta de población, concentración de la población, crecimiento de la población y número de empleos, entre otros). Los datos sobre disponibilidad de diferentes medios de transporte público (tren, metro y autobús interurbano) se han obtenido del Eustat y del Consorcio de Transportes de Bizkaia (COTRABI).

La tabla 4.4 muestra los estadísticos descriptivos principales para las variables de interés en este estudio (media, desviación estándar, valor mínimo y máximo). De esta forma podemos comprobar que el promedio del *índice de impacto de la movilidad* se sitúa en torno al 52% a nivel de toda la provincia, con un amplio rango de valores que oscilan entre un valor mínimo cercano al 29% (Ondarroa) y un máximo que supera el 86% (Ea).

Tabla 4.4: Descripción estadística de la base de datos

Variable	Nº de observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
IMP	111	51,81	13,57	28,96	86,58
DEN	111	856,41	2205,01	15,14	15908,41
MEZC	111	0,41	0,48	0,05	3,39
CONC	111	65,52	23,90	13,33	100
RENTA	111	10,53	1,70	6,88	19,96
VPOB	111	4,99	14,12	-14,98	52,48

Entre las variables explicativas relacionadas con los usos del suelo, la *densidad bruta de población* en promedio supera los 856 habitantes por km². Se observa una alta variabilidad al encontrar municipios con densidades muy por debajo de este promedio, con un valor mínimo cercano a 15 hab./km² (Mendata), y otros con densidades muy elevadas, con un máximo de 15908 hab./km² (Portugalete). En cuanto a la *mezcla funcional*, en promedio los municipios de Bizkaia proporcionan cerca de 40 empleos por cada 100 residentes en la localidad. Sin embargo, el indicador toma un valor mínimo de 5 empleos por cada 100 residentes, revelando la existencia de municipios con un marcado carácter residencial, como Arrieta y Garai. En el otro extremo, el empleo se concentra en algunas localidades que atraen mano de obra de otros municipios, llegando a ofrecer hasta 339 empleos por cada 100 residentes en el caso de Zamudio. Si nos fijamos en la distribución de la población dentro un mismo municipio, el *índice de concentración de la población* se sitúa en promedio en el 65% a nivel de toda la provincia. Existe alguna localidad en la que únicamente el 13% de la población se agrupa en torno a la mayor entidad de población (Karrantza), mientras que el resto reside en otras entidades menores o se distribuyen de forma dispersa en el territorio. Por el contrario, se observan municipios compuestos por una única entidad de población en la que reside la totalidad de sus habitantes, entre otros, Bilbao, Ondarroa o Durango.

En cuanto a las variables relacionadas con los aspectos socioeconómicos, éstas muestran un territorio con una *renta bruta* media en torno a los 10.500 euros por

persona y año, que oscila entre los 6.870 euros/persona/año del municipio con menor renta (Lanestosa) y los 19.958 euros/persona/año del más rico (Laukiz). Asimismo, refleja un crecimiento promedio cercano al 5% de la *población* en la década de los 90, con realidades muy distintas entre aquellos municipios que llegaron a perder hasta un 15% de sus habitantes (Iurreta) y los que experimentaron un incremento espectacular en el número de residentes, en algunos casos superior al 52% (Gorliz).

Por otro lado, la tabla 4.5 muestra los coeficientes de correlación entre los factores considerados y el impacto ambiental de la movilidad. Se puede comprobar que el signo de los mismos es el esperado *a priori*. Los que muestran un mayor grado de asociación lineal son los coeficientes de correlación entre la variable *densidad de población* (en logaritmos) y las variables *acceso al tren* (0,5941) y *concentración de la población* (0,5864); y entre la variable *índice de impacto de la movilidad* y las variables *densidad de población* (en logaritmos) (-0,5337) y *mezcla funcional* (en logaritmos) (-0,5484).

Tabla 4.5: Matriz de correlaciones

Variable	IMP	DEN(ln)	MEZC(ln)	CONC	RENTA	VPOB	TREN
IMP	1,0000						
DEN (ln)	-0,5337	1,0000					
MEZC (ln)	-0,5484	0,0955	1,0000				
CONC	-0,4808	0,5864	0,1638	1,0000			
RENTA	0,2825	-0,1281	-0,0299	-0,1150	1,0000		
VPOB	0,3415	-0,0819	-0,0903	-0,1757	0,3547	1,0000	
TREN	-0,4251	0,5941	0,1738	0,2827	-0,2527	-0,1229	1,0000

4.3.2 Análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE)

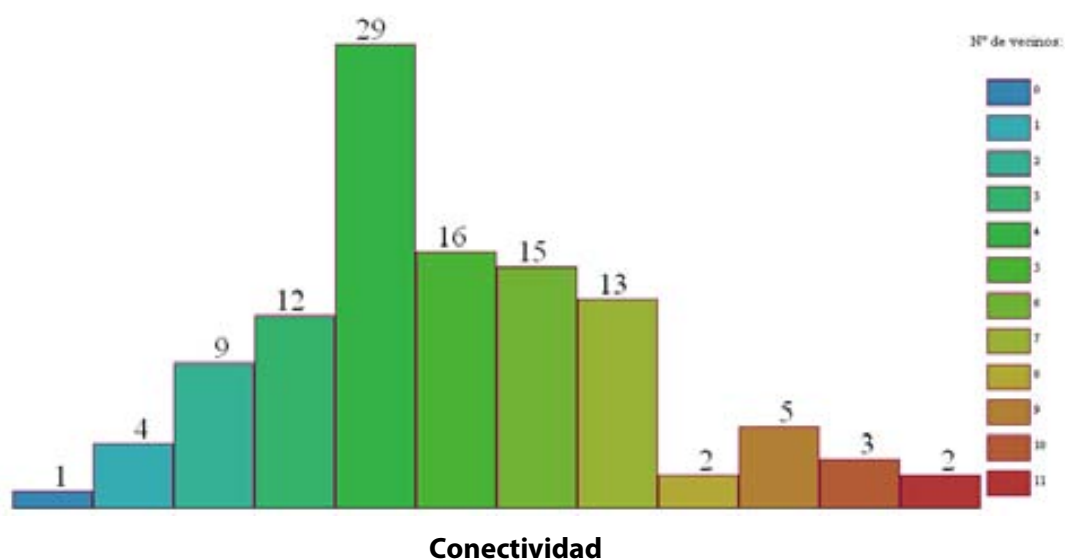
El objetivo principal de este apartado es analizar la estructura espacial que puede existir en cada una de las variables consideradas, describir y visualizar las distribuciones espaciales, identificar localizaciones atípicas (*outliers* espaciales), descubrir esquemas de asociación espacial (autocorrelación espacial) y sugerir diferentes regímenes espaciales (heterogeneidad espacial).

En el capítulo 3 se definió la presencia de dependencia espacial como el hecho de que una observación asociada a un lugar del espacio llamado *i* dependa de otras observaciones correspondientes a otros lugares del espacio *j*, $j \neq i$. Recuérdese además que las relaciones que se establecen entre las distintas observaciones espaciales son de tipo multidireccional, a diferencia de la unidireccionalidad (pasado-presente-futuro) de las relaciones entre los datos temporales (Chasco, 2006).

Para poder incorporar formalmente la estructura de la dependencia espacial es necesario definir qué otras unidades tienen influencia sobre cada una de las unidades espaciales analizadas. La solución pasa por la definición de la denominada matriz de pesos espaciales, de retardos o de contactos, W , cuya función es indicar, para cada punto en el espacio, el conjunto de puntos con los que éste está relacionado. En nuestro caso, se ha elegido una matriz de contigüidad física de primer orden, propuesta inicialmente por Moran (1948) y Geary (1954), donde w_{ij} es igual a 1 si los municipios i y j tienen fronteras comunes, y $w_{ij}=0$ si no disponen de ella (se supone por definición $w_{ii}=0$). La elección de esta matriz de pesos espaciales puede justificarse por cuanto se ha considerado que el modelo de movilidad de un municipio es dependiente del modelo de movilidad de los municipios cercanos físicamente a él.

El gráfico 4.1 muestra el histograma de conectividad, que refleja la distribución de la conectividad de los municipios de Bizkaia, en base al concepto de contigüidad definido anteriormente por la matriz de pesos que hemos elegido. Se detecta un municipio "isla", Urduña, que no tiene ningún municipio contiguo en el área de estudio (representado por la primera columna del gráfico 4.1, comenzando por la izquierda). Se trata de una localidad rodeada de municipios no pertenecientes a la provincia de Bizkaia. La mayoría de municipios (29) cuentan con 4 localidades contiguas, mientras que en los extremos encontramos 4 municipios con un único vecino y 2 municipios rodeados de 11 localidades contiguas.

Gráfico 4.1: Histograma de conectividad de la matriz de contigüidad



FUENTE: Elaboración propia.

Una vez definida la matriz de contigüidad, se procederá a analizar la presencia de dependencia espacial utilizando algunas de las herramientas gráficas y estadísticas del AEDE descritas en el capítulo 3, tales como:

- *Mapas de cuantiles*: los datos se dividen y agrupan en una serie de categorías (cuantiles) con igual número de observaciones o unidades territoriales. De la observación de este mapa puede deducirse la concentración geográfica de valores similares en algunos casos, o la discontinuidad espacial de los valores en otros.
- *Diagramas de dispersión de Moran*: muestra en el eje de abscisas las observaciones de la variable objeto de estudio normalizada, z , y en el de ordenadas el retardo espacial de la misma también normalizado, Wz . La pendiente de la recta de regresión es el valor del estadístico I de Moran de autocorrelación espacial global. En este diagrama, la asociación espacial positiva se corresponde con los cuadrantes I y III, mientras que la asociación negativa viene representada por los puntos de los cuadrantes II y IV.
- *Mapas LISA*: muestran aquellas localizaciones con valores significativos en el indicador de asociación espacial local I_i de Moran. Este indicador adquiere un valor diferente para cada observación, de modo que permite identificar la presencia de agrupamientos espaciales (*spatial clusters*) y/o localizaciones atípicas (*spatial outliers*), cuya mayor o menor intensidad dependerá de la significatividad asociada al citado estadístico.

Esta información se completará con el listado de los cinco municipios con valores extremos (altos/bajos) para cada variable.

Pasamos a describir los resultados obtenidos con estas herramientas para las siguientes variables: *índice de impacto de la movilidad, densidad bruta de población, mezcla funcional, índice de concentración de la población, renta bruta per capita y variación de la población*. Las características de la variable *acceso al tren*, propias de una variable discreta que toma únicamente dos valores (1 si el municipio dispone de tren y/o metro; 0 si no tiene acceso a ninguno de estos medios de transporte), no son adecuadas para este tipo de análisis. Sin embargo, cabe recordar que el mapa 2.14 del capítulo 2 proporciona una aproximación a la distribución geográfica de la variable. Los resultados están representados gráficamente en las tablas 4.6 - 4.11.

MAPAS DE CUANTILES Y DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN DE MORAN

Para la mayoría de variables consideradas, los mapas de cuantiles muestran la presencia de “manchas” del mismo color o grupos de municipios contiguos en los que las variables toman valores similares, lo que sugiere la presencia de autocorrelación espacial positiva. El mapa correspondiente a la variable *índice de concentración de la población* es el único que no refleja tan claramente la presencia de estas manchas, revelando una mayor discontinuidad espacial en los valores que toma la variable.

Esta primera impresión gráfica se ve reforzada por los diagramas de dispersión de Moran, en los que se puede observar que el valor del estadístico I de Moran es positivo y significativo en todos los casos, exceptuando, de nuevo, la variable *índice de concentración de la población*. Este resultado confirma la presencia de autocorrelación espacial positiva en todas las variables explicativas excepto esta última. La autocorrelación espacial positiva se refleja en la distribución de la nube de puntos, que se concentran mayoritariamente en los cuadrantes I y III, lo que indica una tendencia al agrupamiento geográfico de los municipios que presentan valores elevados de cada variable por un lado, y de municipios con valores más reducidos por otro. Es decir, indica una tendencia al agrupamiento geográfico de:

- municipios con un fuerte impacto ambiental provocado por la movilidad por un lado y municipios con bajo impacto por otro,
- municipios que presentan elevadas densidades brutas de población por un lado, y de municipios menos densos por otro,
- municipios que tienen un carácter más residencial por un lado, y de los que muestran un balance empleos/residentes más equilibrado o a favor del carácter laboral por otro,
- municipios con una renta bruta *per capita* alta por un lado y de municipio con una renta *per capita* baja por otro, y
- municipios que han crecido en población por un lado, y de municipios que han sufrido pérdidas de población por otro.

Sin embargo, la concentración de la población dentro de un municipio, medida por la proporción de habitantes que se agrupa en torno a la mayor entidad de población, no parece depender del grado de concentración de la población en los municipios contiguos, por lo que no se aprecia esa tendencia al agrupamiento geográfico de municipios con población concentrada por un lado y municipios con población menos concentrada por otro.

MAPAS LISA

La información proporcionada por el diagrama de dispersión de Moran sobre la estructura de dependencia espacial de cada una de las variables consideradas se completa con los mapas LISA de asociación espacial local.

En el caso de la variable *índice de impacto de la movilidad*, el mapa LISA señala que, dentro de los 28 municipios con índices de Moran locales estadísticamente significativos, únicamente se detectan tres municipios atípicos alejados del patrón de asociación espacial generalizado: Karrantza, Busturia y Forua. Se trata de municipios que muestran una dependencia espacial negativa con su entorno, con índices bajos de impacto de la movilidad rodeados de localidades con elevados índices. Por ejemplo, Karrantza, situado en el extremo occidental de Bizkaia, con un índice de impacto de un 38%, por debajo del promedio provincial del 51%, está rodeado de dos municipios cuyos índices superan ampliamente la media: Trutzioz (82%) y Artzentales (76%) (ver tabla 4.6).

El mapa LISA de la variable *densidad bruta de población* muestra que el 80% de los municipios con índices de Moran locales estadísticamente significativos siguen la tendencia global de presencia de autocorrelación positiva (ver tabla 4.7). Llamen la atención los municipios que rodean Bilbao, como agrupaciones de municipios con una significativa concentración de altas densidades demográficas (en rojo). Asimismo, destacan los municipios al sur de Lekeitio, en el noreste de la provincia, y Orozko, al sur de Bizkaia, como agrupaciones de localidades con bajas densidades (en azul). Sin embargo, se detectan 7 municipios atípicos. Se trata de Gernika (1.175 hab./Km²) y Lekeitio (3.872 hab./Km²) por un lado, como municipios con altas densidades rodeados de otros con densidades mucho más bajas (en rosa): Muxika (26 hab./Km²), Errigoiti (30 hab./Km²) o Ajangiz (59 hab./Km²) en el caso de Gernika; Mendexa (47 hab./Km²) o Ispaster (27 hab./Km²) en el de Lekeitio. En el otro extremo, llaman la atención aquellos municipios rodeados por otros con densidades más elevadas (en azul claro): destacan Alonsotegi (124 hab./Km²), rodeado de Bilbao (8.472 hab./Km²) y Barakaldo (3.888 hab./Km²); y Zamudio (167 hab./Km²), situado entre Derio (655 hab./Km²), Bilbao (8.472 hab./Km²) y Galdakao (933 hab./Km²).

En lo que se refiere a la variable *mezcla funcional*, el mapa LISA muestra que el 70% de los municipios con índices de Moran locales estadísticamente significativos se sitúan en los cuadrantes I y III del gráfico de Moran, indicando que el esquema local de la asociación espacial refleja una vez más la tendencia global de la autocorrelación espacial positiva (ver tabla 4.8). Sobresalen los municipios que rodean Bilbao, como agrupaciones de municipios con una significativa concentración de valores elevados para el ratio empleos/residentes debido a su carácter productivo (en rojo). Asimismo,

destacan los municipios situados al sur de Bermeo, al norte de la provincia, y Karrantza y Trutzios, al oeste de Bizkaia, como agrupaciones de localidades con fuerte carácter residencial (en azul). Se detectan siete municipios atípicos estadísticamente significativos alejados del patrón de asociación espacial generalizado. Como ejemplo, el caso de Markina (0,23) (azul claro), con un ratio empleos/residentes inferior a la media provincial (0,34) y un carácter eminentemente residencial, que está rodeada por algunas localidades con una oferta de empleos superior a su número de habitantes, como Berriatua (1,45) o Mallabia (1,01). El caso contrario lo ilustra Murueta (0,62) (en rosa), con un ratio superior a la media provincial, rodeado de una serie de municipios con un grado de especialización en su función residencial muy superior al promedio: Errigoiti (0,08), Guategiz (0,09) y Busturia (0,11) entre otros.

El mapa LISA de la variable *índice de concentración de la población* muestra sólo 17 municipios con índices de Moran locales estadísticamente significativos y entre ellos se detectan cuatro municipios atípicos (ver tabla 4.9). Dentro del patrón de asociación espacial general se encuentran Portugalete (43%), Valle de Trapagarán (44%), y Abadiño (66%) como centros de agrupaciones de municipios con fuertes concentraciones de la población en su entidad de población mayor (color rojo). En el otro extremo, los municipios al sur de Lekeitio (en azul oscuro), todos ellos municipios contiguos con bajos índices de concentración de la población: Gizaburuaga (29%), Mendata (29%) y Nabarniz (38%), entre otros. Dentro de los municipios atípicos destaca Gernika (en rosa), en el que el 82% de sus habitantes reside en la mayor entidad de población, en contraste con algunos municipios contiguos como Arratzu (19%) y Muxika (35%), con una proporción de población dispersa muy superior. El caso contrario lo ilustra Mallabia (en azul claro) (con un 50% de su población viviendo en la mayor entidad de población), rodeada de municipios con índices de concentración muy elevados como Ermua (100%), Zaldibar (92%) o Berriz(81%).

El mapa LISA de la variable acceso al *renta bruta per capita* muestra que el 81% de los municipios con índices de Moran locales estadísticamente significativos siguen la tendencia global de autocorrelación espacial positiva. Destacan los municipios situados al norte de Bilbao, Loiu, Gatika y Lemoiz, como agrupaciones de municipios con una alta renta bruta *per capita* (en rojo) (ver tabla 4.10). Asimismo, sobresalen las localidades situadas en el extremo oriental de la provincia, en la comarca de las Encartaciones, como municipios con baja renta per capita (en azul). Se detectan tres municipios atípicos estadísticamente significativos. Es el caso de Erandio (8.305 €) y Urduliz (9.954 €), rodeados de municipios de renta *per capita* mayor como Laukiz (19.958 €), Getxo (14.922 €), Plentzia (13.093 €) y Barrika (12.003 €) (en azul claro). El tercer municipio atípico es Bilbao (11.137 €) (en rosa), con una renta *per capita* superior

a la de las localidades colindantes como Arrigorriaga (9.505 €), Barakaldo (9.187 €) o Alonsotegi (8.870 €).

En el mapa LISA de la variable *variación de la población* en el periodo 1991-2001, dentro de los 20 municipios con índices de Moran locales estadísticamente significativos, sólo se detectan cuatro municipios atípicos alejados del patrón de asociación espacial generalizado (ver tabla 4.11). El más destacable es Laukiz, situado al norte de Bilbao, municipio que experimentó un leve incremento de la población a lo largo de la década analizada (3%), rodeado de otros que han experimentado fuertes crecimientos como Gatika (42%), Loiu (31%) o Berango (30%). Otros ejemplos son el de Bermeo (con una pérdida del 6% de la población) y Busturia (con un crecimiento del 1%), rodeados de municipios que han experimentado crecimientos positivos, algunos de ellos muy importantes como Murueta (49%), Bakio (42%) o Arrieta (22%). El caso contrario lo representa Durango (en rosa), con un crecimiento de población del 11%, muy superior a los municipios de su entorno: Iurreta (-15%), Mañaria (-12%), Abadiño (-2%), Izurza (-1%) o Amorebieta (2%). Llamen la atención un importante grupo de municipios de la comarca de Uribe Buroe representados en rojo en el mapa (Sopelana, Barrika, Plentzia, Gatika, Urduliz, Gorniz, Lemoiz, Maruri, Fruiz), como agrupaciones de municipios con un alto crecimiento de la población. Asimismo, destacan las localidades situadas en la margen izquierda de la Ría del Nervión (Portugalete, Sestao, Barakaldo y Trapagaran), representados en azul oscuro, como concentración de municipios que han perdido población.

El análisis exploratorio de las variables de seleccionadas por el estudio ha puesto de manifiesto la existencia de un elevado grado de dependencia espacial en la mayoría de ellas; es decir, no parecen tener una distribución aleatoria sobre el espacio. Esta información es de interés a la hora de analizar los resultados del modelo econométrico que se va a estimar en el siguiente apartado.

Tabla 4.6: Índice de impacto de la movilidad, Bizkaia 2001

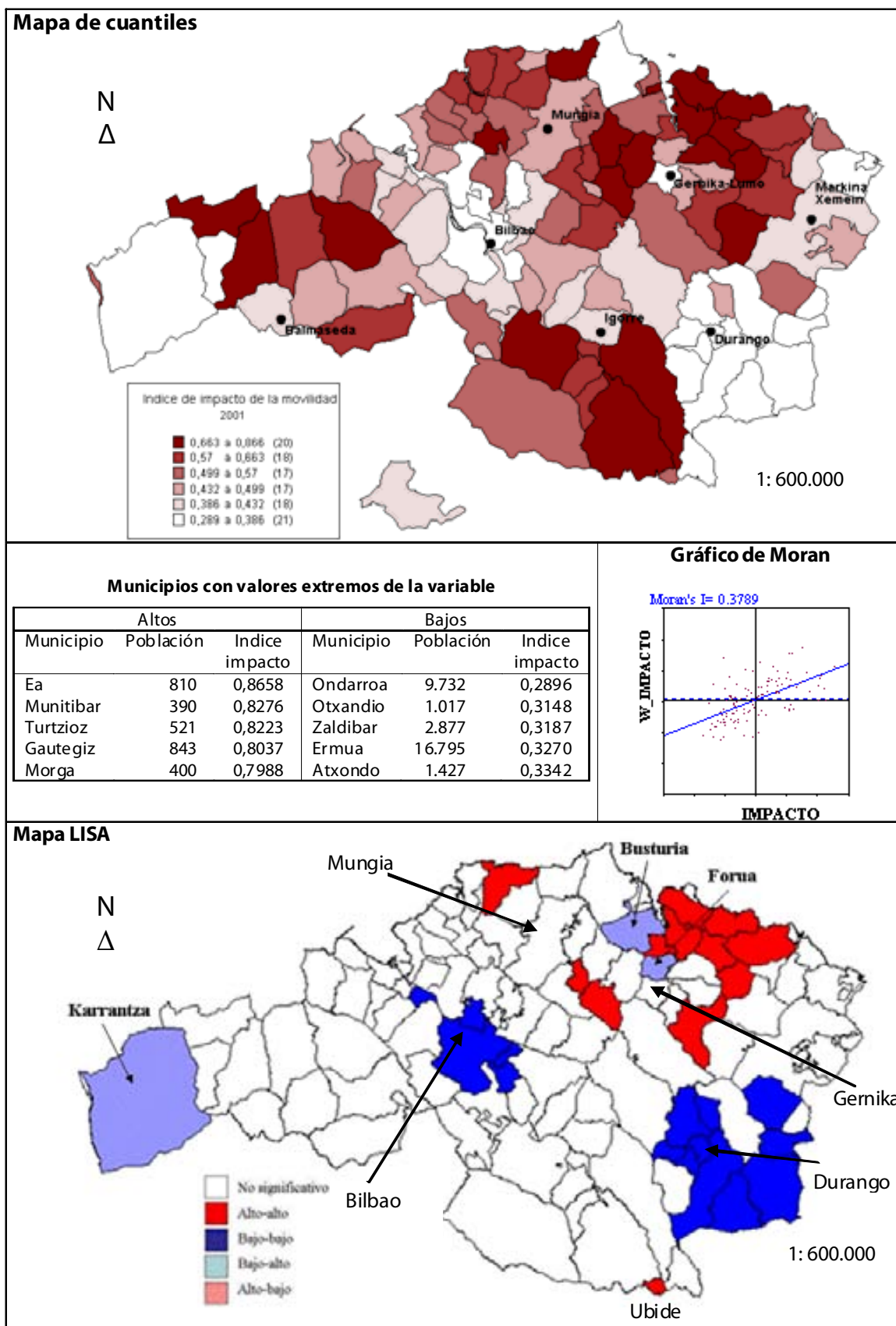


Tabla 4.7: Densidad bruta de población, Bizkaia 2001.

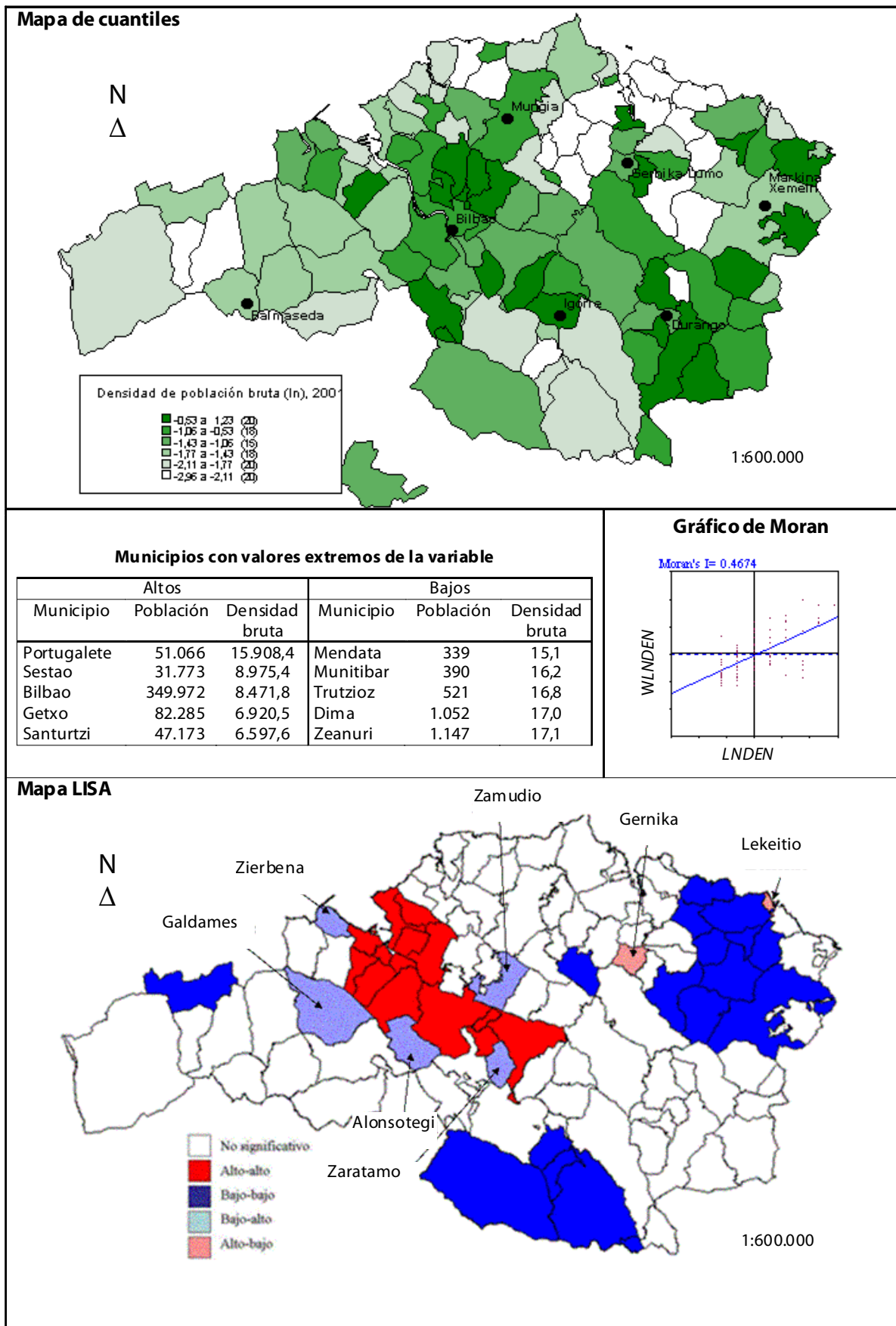


Tabla 4.8: Mezcla funcional, Bizkaia 2001.

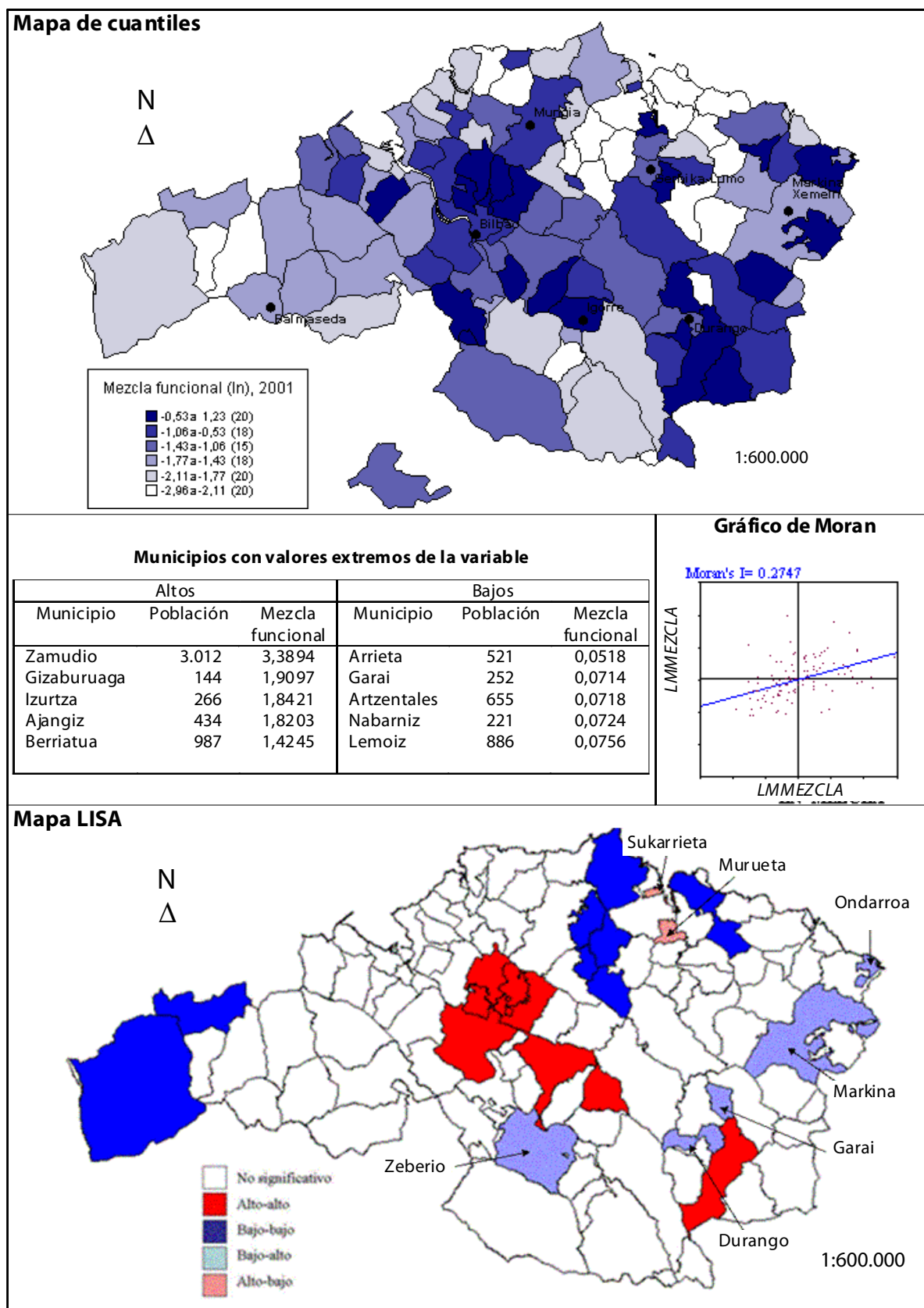


Tabla 4.9: Índice de concentración de la población, Bizkaia 2001.

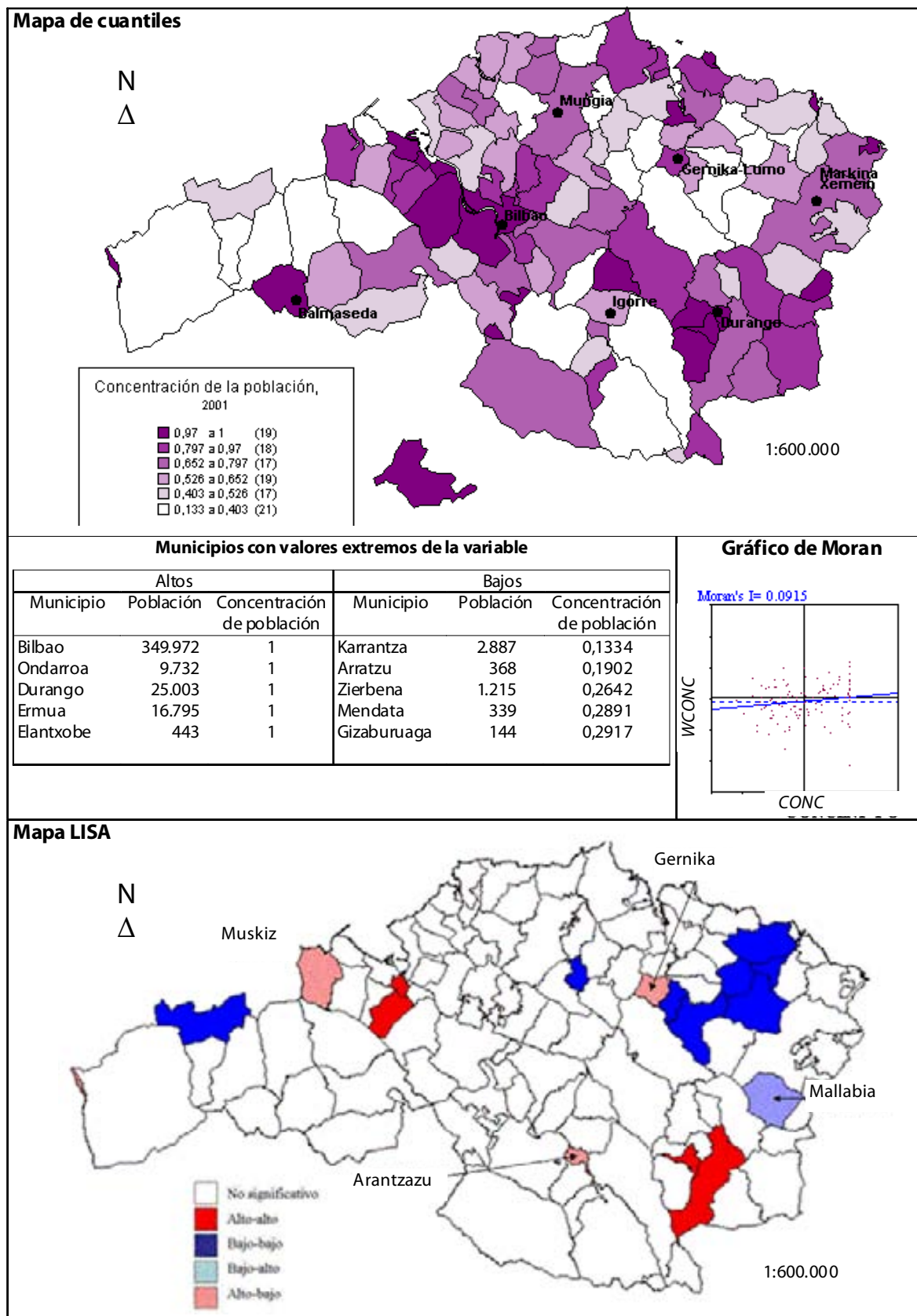


Tabla 4.10: Renta bruta per capita, Bizkaia 2001.

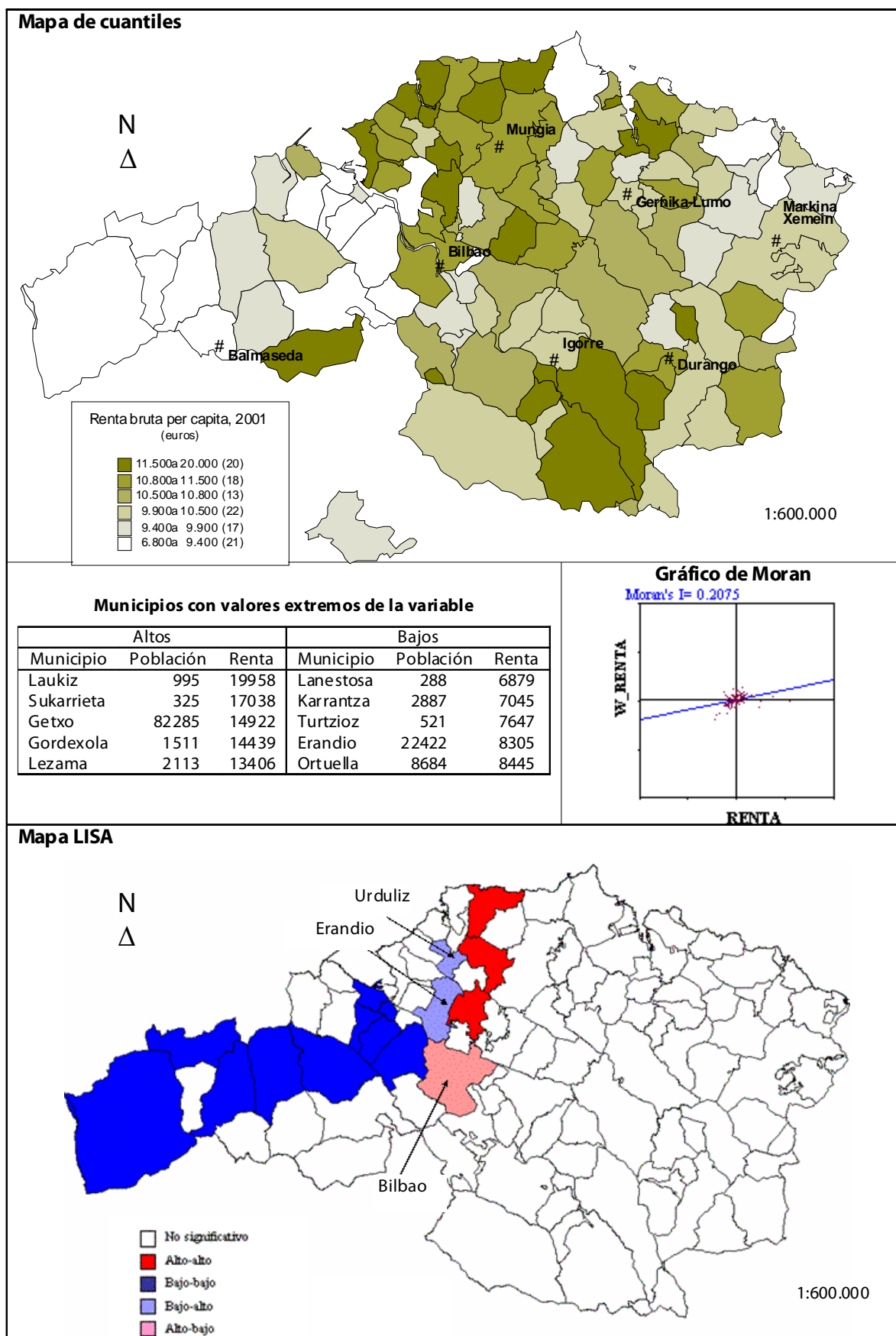
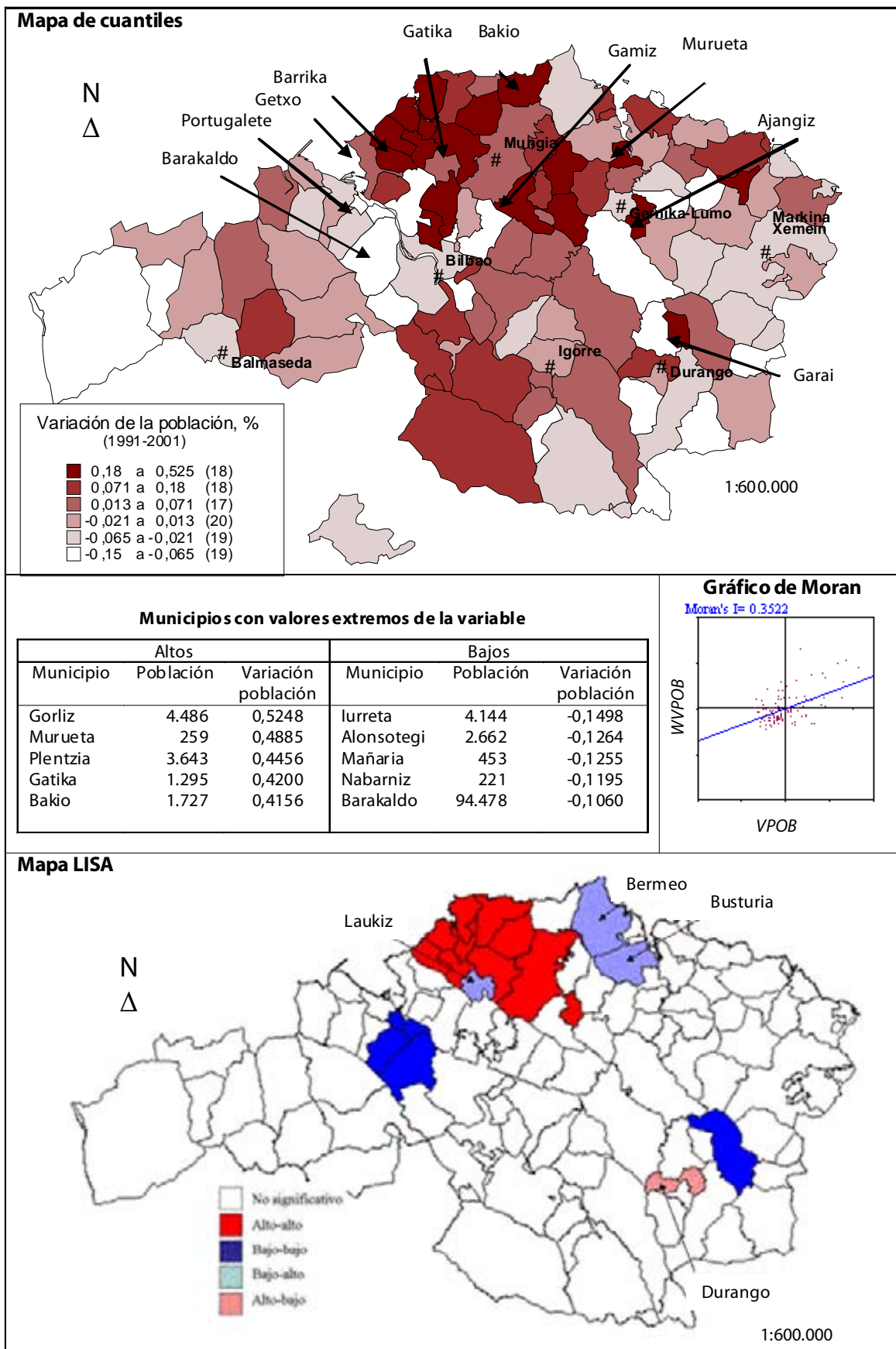


Tabla 4.11: Variación de la población, Bizkaia 1991-2001.



4.4 Modelo econométrico para el impacto ambiental de la movilidad

El modelo de regresión lineal general propuesto para relacionar la variable a explicar, el *índice de impacto de la movilidad*, y las variables explicativas, siendo éstas la *densidad bruta de población*, la *mezcla funcional*, el *índice de concentración de la población*, la *renta bruta per capita*, la *variación de la población* y el *acceso al tren*, es el siguiente:

$$IMP_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln DEN_i + \beta_2 \cdot \ln MEZC_i + \beta_3 \cdot CONC_i + \beta_4 \cdot RENTA_i + \beta_5 \cdot VPOB_i + \beta_6 \cdot TREN_i + u_i \quad [4.3]$$

$$i = 1, \dots, 110$$

- siendo IMP_i : el índice de impacto de la movilidad de un *commuter* que reside en el municipio i en 2001;
- $\ln DEN_i$: la densidad bruta de población (en logaritmos) del municipio i en 2001;
- $\ln MEZC_i$: la mezcla funcional (en logaritmos) del municipio i en 2001;
- $CONC_i$: el índice de concentración de la población en el municipio i en 2001;
- $RENTA_i$: la renta bruta *per capita* del municipio i en 2001;
- $VPOB_i$: la variación de la población del municipio i en el periodo 1991-2001;
- $TREN_i$: el acceso al tren y/o metro en el municipio i en 2001. Es una variable ficticia que toma el valor 0 si el municipio i no dispone de tren ni metro y el valor 1 si tiene acceso al tren y/o al metro;
- u_i : término de perturbación aleatoria normalmente distribuido, homocedástico y no correlacionado.

Analizando gráficamente la relación entre los factores explicativos y la variable endógena impacto de la movilidad, se observa que no es lineal para algunos de estos factores explicativos (véase gráficos I.1.a)-I.1.d) del anexo I). Este resultado apunta la conveniencia de utilizar el logaritmo de algunas variables explicativas. Es el caso de las variables *densidad bruta de población* y *mezcla funcional*.

Algunos programas informáticos, como es el caso de Stata, no permiten la estimación de modelos espaciales con observaciones aisladas, por lo que el análisis econométrico no incluirá los datos correspondientes a Urduña, municipio "isla" identificado por el histograma de conectividad del apartado 4.3.2. Por lo tanto, el estudio empírico se realizará sólo con 110 observaciones.

El análisis realizado en la sección 4.3 ha mostrado que la variable endógena *índice de impacto de la movilidad* no está distribuida aleatoriamente en el espacio. Sin embargo, el modelo [4.3] seguirá siendo el adecuado si el efecto espacial está totalmente explicado por las variables explicativas. Si no es así y el modelo [4.3] resulta insuficiente para explicar la estructura espacial de la variable endógena, su estimación por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) mostrará la presencia de dependencia espacial estadísticamente significativa en los errores, debido a la mala especificación del mismo. En consecuencia, la existencia de autocorrelación espacial requerirá la reespecificación del modelo, siendo las alternativas más conocidas el modelo del error espacial, correspondiente a la dependencia espacial residual, y el modelo del retardo espacial, apropiado en caso de dependencia espacial sustantiva (véase capítulo 3).

En principio, en este estudio no contamos con ninguna hipótesis a priori que sugiera una especificación del modelo econométrico con autocorrelación espacial, por lo que estimamos el modelo [4.3] por MCO. Los resultados de esta estimación se recogen en la tabla 4.12.

Los diferentes contrastes para validar el modelo indican la ausencia de multicolinealidad entre las variables explicativas y la presencia de errores distribuidos normalmente pero heterocedásticos. En lo que se refiere a la presencia de dependencia espacial en el modelo [4.3], la hipótesis nula de no autocorrelación espacial residual se puede contrastar mediante alguno de los estadísticos siguientes: la I de Moran y los contrastes basados en el principio del multiplicador de Lagrange, LM_λ y LM_λ^* , mientras que la hipótesis nula de no autocorrelación espacial sustantiva puede ser contrastada por medio de los contrastes basados en el principio del multiplicador de Lagrange: LM_ρ y LM_ρ^* . En los resultados de la estimación de nuestro modelo, únicamente el contraste LM_ρ resulta significativo, por lo que se rechaza la hipótesis de no dependencia espacial en la variable dependiente. En este caso, el modelo del

retardo espacial es el más adecuado para incluir la dependencia espacial en nuestro análisis.

Tabla 4.12: Estimación del modelo [4.3] por MCO
Variable dependiente: IMP

Variables independientes	MCO	
	β	p
<i>constante</i>	50,2203	0,000
<i>ln DEN</i>	-2,7746	0,000
<i>ln MEZC</i>	-7,2588	0,000
<i>CONC</i>	-0,0784	0,075
<i>RENTA</i>	1,0203	0,055
<i>VPOB</i>	0,1882	0,003
<i>TREN</i>	-1,0801	0,614
Nº de observaciones	110	
R ²	0,6287	
Diagnóstico de la regresión:		
Multicolinealidad:	Factor de inflación de la varianza (VIF) promedio:	1,50
Normalidad de los errores: H₀: Normalidad de los errores Shapiro- Wilk W test	Estadístico	Probabilidad
	0,9776	0,061
Heterocedasticidad: H₀: homocedasticidad	Estadístico	Probabilidad
Test Breusch-Pagan	10,09	0,001
White	43,40	0,017
Diagnóstico de dependencia espacial:		
Perturbación correlacionada espacialmente: H ₀ : no autocorrelación espacial ($\lambda=0$)		
	Estadístico	Probabilidad
I de Moran, I_λ	1,434	0,152
Multiplicador simple de Lagrange, LM_λ	1,008	0,315
Multiplicador robusto de Lagrange, LM^*_λ	0,981	0,322
Retardo espacial: H ₀ : no autocorrelación espacial ($\rho=0$)		
	Estadístico	Probabilidad
Multiplicador simple de Lagrange, LM_ρ	5,233	0,022
Multiplicador robusto Lagrange de, LM^*_ρ	5,206	0,023

En base a estos resultados, el paso siguiente consiste en la reespecificación del modelo anterior introduciendo un retardo espacial de la variable endógena, lo que se conoce con el nombre de modelo del retardo espacial (véase el capítulo 3, pp. 152-153):

$$\begin{aligned}
 IMP_i = & \beta_0 + \rho.WIMP_i + \beta_1. \ln DEN_i + \beta_2. \ln MEZC_i + \beta_3. CONC_i + \beta_4. RENTA_i \\
 & + \beta_5. VPOB_i + \beta_6. TREN_i + u_i
 \end{aligned}
 \tag{4.4}$$

$i=1,\dots,110$

siendo ρ el parámetro autorregresivo que recoge la intensidad de la interdependencia espacial entre las observaciones muestrales y W la matriz de pesos espaciales de contigüidad física de primer orden estandarizada, de forma que:

$$WIMP_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} \times IMP_j}{\sum_{j=1}^n w_{ij}}
 \tag{4.5}$$

La matriz de contigüidad física de primer orden W se ha obtenido a partir del mapa de los límites municipales de Bizkaia correspondiente al año 2001 en formato .shp proporcionado por la Diputación Foral de Bizkaia, utilizando el programa econométrico GeoDa. Se ha estandarizado la matriz de contigüidad W , dividiendo cada elemento w_{ij} por la suma total de la fila a la que pertenece, de forma que los elementos de cada fila de la matriz estandarizada suman la unidad. Así, premultiplicando la matriz de contigüidad estandarizada por la variable endógena del modelo, *índice de impacto de la movilidad (IMP)*, se ha obtenido su retardo espacial [4.5]. Cada elemento de esta nueva variable retardada espacialmente se muestra como un promedio ponderado de los valores de la variable *índice de impacto de la movilidad* en el subgrupo de municipio contiguos S_i , dado que $w_{ij}=0$ para $j \notin S_i$.

El modelo [4.3] consideraba y analizaba cada municipio como una unidad aislada del resto de municipios. Sin embargo, la introducción del retardo espacial en el modelo [4.4] permite capturar el impacto promedio de los municipios vecinos sobre un municipio dado. El retardo espacial es un indicador de la fortaleza de la interacción espacial (Anselin *et al.*, 2000). En nuestro caso, el parámetro ρ recoge la proporción del impacto de cada municipio que puede ser "explicada" por el impacto promedio de los municipios contiguos.

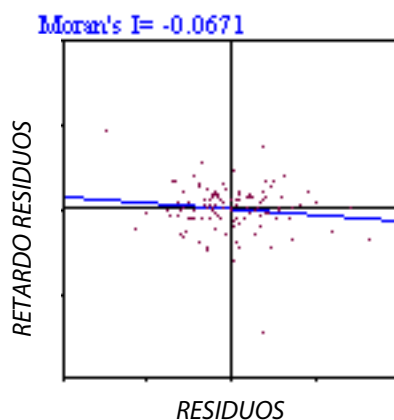
La introducción de la variable endógena retardada en el modelo [4.4] provoca un efecto de simultaneidad, debido al cual la correlación entre el retardo espacial y el término de error no es cero. La violación de uno de los supuestos básicos del modelo de regresión hace que los estimadores MCO sean inconsistentes y sesgados (Anselin *et al.*, 2000). Por lo tanto, se ha estimado el modelo por el método de máxima verosimilitud (MV). La presencia de residuos heterocedásticos en los resultados de la estimación máximo-verosímil del modelo de retardo espacial (ver tabla I.2 del anexo I) ha llevado a estimar su versión robusta, cuyos resultados son recogidos en la tabla 4.13.

Tabla 4.13: Modelo de retardo espacial [4.4] estimado por MV (Versión robusta)
Variable dependiente: IMP

Variables independientes	Coefficientes
<i>WIMP</i>	0,2165 *
<i>constante</i>	37,9232 ***
<i>ln DEN</i>	-2,3021 ***
<i>ln MEZC</i>	-6,2355 ***
<i>CONC</i>	-0,0818 **
<i>RENTA</i>	1,0710 **
<i>VPOB</i>	0,1596 ***
<i>TREN</i>	-1,5266
Nº de observaciones	110
Logaritmo de verosimilitud	-385,5041

NOTA: Singnificatividad estadística indicada por ***, ** y * para un nivel del 1%, 5% y 10% respectivamente.

Gráfico 4.2: Diagrama de dispersión de Moran para los residuos del modelo [4.4]



El diagrama de dispersión de Moran de los residuos de la estimación por MV del modelo [4.4] muestra un valor del estadístico I de Moran cercano a cero ($I = -0,0671$) y no significativo ($p = 0,166$), lo que indica que la introducción de la variable dependiente retardada en el modelo ha eliminado la autocorrelación espacial ⁶ (ver gráfico 4.2). En cuanto al coeficiente autorregresivo espacial, su valor estimado es 0,2165, siendo estadísticamente significativo al 10% ($p = 0,094$).

Una vez realizado el diagnóstico del modelo [4.4], pasaremos a interpretar los resultados obtenidos. Como se puede observar en la tabla 4.13, todas las variables explicativas incluidas en el estudio son estadísticamente significativas en la explicación de la variación del índice de impacto de la movilidad en los municipios de Bizkaia en el año 2001, excepto la variable *acceso al tren*. Asimismo, el signo de los coeficientes estimados es el esperado *a priori*. El *índice de impacto ambiental de la movilidad* aumenta a medida que disminuyen la *densidad bruta de población*, la *mezcla funcional*, la *concentración de la población* o el *acceso al tren*. Asimismo, el índice de impacto ambiental de la movilidad es mayor en aquellos municipios que tienen una *renta bruta per capita* más elevada y que han experimentado un mayor crecimiento demográfico en la década de los 90.

Además, el análisis revela que el impacto ambiental de la movilidad generada en cada municipio de Bizkaia depende en cierta medida del impacto promedio generado por las poblaciones vecinas. Por cada punto que aumente este último, el índice de impacto de un municipio se incrementa en 0,22 puntos. Esta asociación espacial puede ser debida a diferentes tipos de factores:

- Factores exógenos que afectan por igual a municipios vecinos, como la ubicación geográfica (cercanía a la costa o a Bilbao), institucionales, etc.
- Factores relacionados con la dotación de recursos, como infraestructuras de transporte, cuyas externalidades superan las fronteras municipales. Así, la existencia de medios de transporte en un municipio pueden beneficiar a municipios contiguos.

Analizando cada uno de los factores por separado, vemos que existe una relación negativa estadísticamente significativa entre el *índice de impacto de la movilidad* y la

⁶ En el modelo de retardo espacial hay que distinguir entre los residuos del modelo y los errores estimados. Estos últimos son la diferencia entre los valores observados y estimados obtenidos tomando en consideración únicamente las variables exógenas. Formalmente, los residuos son las estimaciones del término de error del modelo, $(I - \hat{\rho}W)Y - X\hat{\beta}$. Los valores estimados son $\hat{Y} = (I - \hat{\rho}W)^{-1}X\hat{\beta}$ y los errores estimados son $(Y - \hat{Y})$ (Anselin, 2005).

densidad bruta de población, con un coeficiente estimado de -2,30. Dado que la relación entre la variable explicativa y la variable endógena es en este caso semilogarítmica, este coeficiente es lo que se denomina una semielasticidad (Wooldridge, 2002) y se interpreta como sigue: se estima que un incremento del 100% en la densidad, reduce el índice de impacto de la movilidad en 2,30 puntos. El incremento de la densidad puede contribuir a disminuir el tiempo de los desplazamientos (al reducir las distancias recorridas) y favorecer el uso de medios de transporte alternativos al vehículo privado y los desplazamientos a pie. Este resultado coincide con el obtenido por Camagni *et al.* (2002a, 2002b) o Traversi *et al.* (2006) en sus estudios sobre diferentes ciudades italianas. Asimismo, es compatible con el obtenido por otras investigaciones que demostraron una relación negativa entre la densidad y la distancia recorrida o el tiempo de los desplazamientos en vehículo privado (Newman y Kenworthy, 1989, 2006; Holtzclaw, 1994; Fouchier, 1998; Ewing *et al.*, 2002; Frank *et al.*, 2005; Pouyanne, 2005; Rodrigue *et al.*, 2009 entre otros); una relación negativa entre la densidad y el número de viajes en vehículo privado (Fouchier, 1998; Ewing *et al.*, 2002; TRCP, 2002), favoreciendo el uso de otro tipo de medios de transporte; o una relación positiva entre la densidad y el porcentaje de desplazamientos realizados en transporte público (Cervero, 1991) o a pie (Frank y Pivo, 1995).

La literatura asigna una considerable importancia al carácter residencial o productivo de un municipio, en relación a la demanda de movilidad y a la dispersión urbana. El desarrollo difuso es causa y efecto de la división funcional del territorio, lo que refuerza la necesidad de desplazarse e incrementa la dependencia del transporte privado. En nuestro modelo, se confirma la significatividad y el signo negativo de la relación entre el *índice de impacto de la movilidad* y la *mezcla funcional*, lo que indica que la movilidad urbana se vuelve más intensa a medida que disminuye la proporción de empleos generados en el municipio; en otras palabras, a medida que aumenta el carácter residencial del municipio. En concreto, si duplicamos el ratio empleos/residentes (es decir, si incrementa en un 100%), se estima que el índice de impacto de la movilidad disminuye más de 6 puntos. Este resultado coincide con el obtenido por Camagni *et al.* (2002a, 2002b) en su estudio sobre Milán y es compatible con las investigaciones de otros autores (Cervero, 1991, o Frank *et al.*, 2005, entre otros), pero contradice el de Pouyanne (2005) sobre Burdeos. Este último demostró la existencia de una relación positiva entre el ratio empleos/residentes y el consumo energético individual. El autor justifica este resultado como consecuencia de un reparto modal que favorece el uso del vehículo privado y no por un incremento de las distancias recorridas.

La distribución espacial de la población dentro del municipio parece tener una influencia significativa en el *índice de impacto de la movilidad*. El signo negativo

asociado al coeficiente de la variable *índice de concentración de la población* indica que cuanto mayor es la concentración de los habitantes de una localidad (es decir, una proporción más elevada de personas que habitan en la entidad mayor del municipio), menor es el impacto de la movilidad. Por cada punto que aumente el índice de concentración de la población, se estima que el índice de impacto disminuye en 0,08 puntos. Puede ser debido a que la concentración geográfica facilita la oferta de algún tipo de servicio de transporte público y favorezca los desplazamientos en bicicleta o a pie.

Tal como se esperaba, existe una relación positiva estadísticamente significativa entre el *índice de impacto de la movilidad* y la *renta bruta per capita*. Se estima que por cada mil euros que aumenta la renta bruta *per capita* anual, el índice de impacto de la movilidad se incrementa en 1,07 puntos. Este resultado es consistente con el obtenido por Frank *et al.* (2005) y Brownstone y Golob (2009) que demostraron una relación positiva entre el nivel de renta por hogar y la distancia y el tiempo de los desplazamientos realizados en coche particular, en el primer caso, y con el consumo de combustible, en el otro caso.

Según la literatura consultada, se espera que el crecimiento de la población esté relacionado positivamente con la intensidad del impacto de la movilidad. Traversi *et al.* (2006) afirman que las altas tasas de crecimiento de la población se asocian generalmente a la existencia de áreas de reciente expansión, típicamente dispersas alrededor de las viejas conurbaciones urbanas. En el caso de Bizkaia, la variable *variación de la población* es significativa y confirma una relación positiva con la variable dependiente. Por cada punto que aumenta el porcentaje de incremento de la población, se estima que el índice de impacto ambiental de la movilidad aumenta casi 0,16 puntos.

Finalmente, aunque el signo del coeficiente estimado es negativo conforme a lo esperado según otras investigaciones (Holtzclaw 1994, Frank *et al.* 2005 entre otros), la variable *acceso al tren* no parece ser muy significativa en el caso de Bizkaia ($p=0,503$), una vez incluidos el resto de factores considerados en el modelo. Esto significa que, una vez que hemos incluido en el modelo toda la información que contienen las variables explicativas *densidad bruta de población*, *mezcla funcional*, *índice de concentración de la población*, *renta bruta per capita* y *variación de la población*, la variable *acceso al tren* no aporta información adicional relevante. Cabe recordar que en el período analizado la margen izquierda aún no disponía de servicio de metro (ver capítulo 2) por lo que, dada la importancia que ha ido adquiriendo este medio de transporte en los desplazamientos al trabajo, quizás un estudio con datos más recientes podría hacer variar el resultado. Asimismo, la variable *acceso al tren*

únicamente mide la accesibilidad a este tipo de transporte público, sin valorar otros aspectos de importancia como la frecuencia, puntualidad, coste, etc., debido a la ausencia de este tipo de datos. De poder haberlos tenido en cuenta, el resultado podría ser diferente al obtenido en esta investigación.

En general, el efecto de las variables que caracterizan el desarrollo urbano sobre el impacto de los viajes al trabajo ha sido modesto. Esto puede ser debido en parte a la escala geográfica elegida para el estudio, el municipio, ya que algunos autores (TRB, 2009; Litman y Steele, 2009) señalan que la relación entre uso del suelo y movilidad es más fuerte cuando se trabaja a escala inframunicipal.

Asimismo, las características de la variable elegida para medir la movilidad pueden influir en el resultado. Al tratarse de un índice sintético, algunos efectos se pueden compensar parcialmente. Por ejemplo, el incremento de la densidad bruta de población disminuye el impacto al favorecer un reparto modal más “amigable” con el ambiente, pero puede tener un efecto negativo sobre el tiempo de los desplazamientos debido a la congestión. El aumento del grado de mezcla funcional disminuye los viajes en vehículo privado, pero puede aumentar el número de desplazamientos en transporte público. Es esperable que el efecto de las variables independientes sea mayor si se intenta explicar por separado el comportamiento de los diferentes tipos de transporte, o se examina cada componente del impacto de la movilidad de forma independiente. Parte de este análisis se aborda en el siguiente capítulo, donde se investiga cuáles son los factores que tienen mayor peso en la elección del medio de transporte y en el tiempo promedio de los desplazamientos al lugar de trabajo en los municipios de Bizkaia.

CAPITULO 5

**Componentes del impacto ambiental
de la movilidad:
el modo y el tiempo**

5.0 Introducción

En el capítulo anterior se ha demostrado la existencia de una relación estadísticamente significativa entre el impacto ambiental de la movilidad al lugar de trabajo y algunos factores tanto de uso del suelo como socioeconómicos que describen las características de los municipios de Bizkaia en el año 2001, posteriores al proceso de expansión urbana experimentada en la década de los 90. En resumen, los resultados muestran que el impacto ambiental de la movilidad aumenta a medida que disminuye la densidad poblacional, la mezcla funcional o la concentración de los habitantes de una localidad y conforme mayor es el nivel de renta *per capita* o el crecimiento demográfico experimentado por el municipio en la mencionada década.

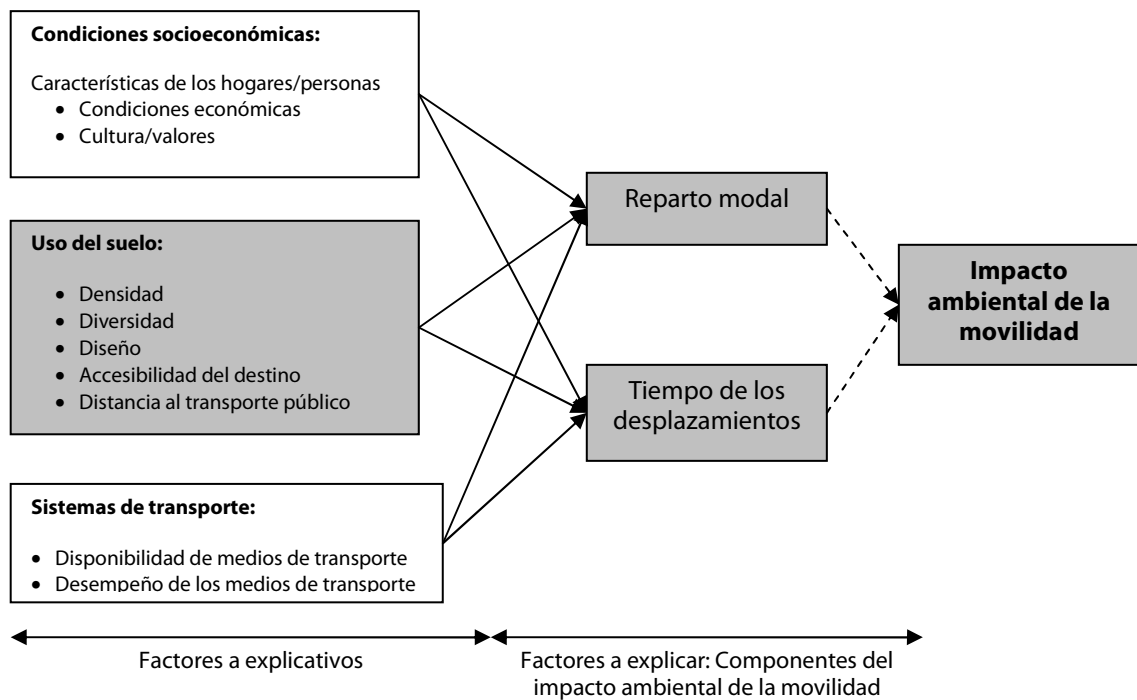
Según la definición utilizada, la intensidad del impacto ambiental de la movilidad depende del reparto modal y de la duración de los desplazamientos. Por lo tanto, sería interesante profundizar el análisis llevado a cabo en el capítulo 4 considerando por separado los dos componentes que determinan el índice de impacto ambiental de la movilidad.

Las principales cuestiones que nos planteamos en este capítulo son las siguientes. ¿Cómo afectan los factores de uso del suelo, socioeconómicos y el acceso al transporte público a la elección del medio de transporte o a la duración del desplazamiento? ¿Los factores que, según los resultados del capítulo 4, determinan el impacto ambiental de la movilidad, influyen a través del medio de transporte elegido, de la duración del desplazamiento o de ambos?

Para responder a estas preguntas se realizará un análisis basado en el modelo teórico mostrado en la figura 5.1, que presenta una ligera variación respecto al modelo conceptual planteado en el capítulo 4 (ver figura 4.1). Por un lado, se mantienen los

mismos factores explicativos, pero en este caso se quiere estudiar su efecto sobre cada uno de los componentes del impacto ambiental de la movilidad: el reparto modal y el tiempo de los desplazamientos.

Figura 5.1: Modelo conceptual: factores que influyen en los componentes del impacto ambiental la movilidad en Bizkaia



FUENTE: Elaboración propia.

Estudios anteriores a los que se hará referencia a lo largo de este capítulo, han analizado la influencia de diferentes elementos en la determinación del reparto modal y de la duración de los desplazamientos. En general, han mostrado la existencia de una relación significativa entre algunos factores de uso del suelo, tales como la densidad o la mezcla funcional, y el reparto modal. Otros han probado el efecto de estos factores en las distancias a recorrer y/o en el tiempo de los desplazamientos.

Asimismo, existen en la literatura resultados empíricos que destacan la relevancia de las condiciones socioeconómicas de la población en el uso del vehículo privado en particular y en la distancia y/o tiempo recorridos en este medio.

Por último, algunos autores señalan que las características de los sistemas de transporte, en concreto la disponibilidad de transporte público, influyen significativamente en el reparto modal y, en algunos casos, en el tiempo de los desplazamientos.

El objetivo de este capítulo consiste precisamente en examinar cuáles de estos factores explicativos tienen mayor peso en la elección del medio de transporte y en el tiempo promedio de los desplazamientos al lugar de trabajo en los municipios de Bizkaia en 2001.

El capítulo se estructura en tres partes. En el apartado 5.1 se analiza la relación entre la elección modal y los factores que describen los usos del suelo, las características socioeconómicas y los sistemas de transporte de los municipios de Bizkaia en 2001, utilizando la misma metodología del capítulo 4. En el apartado 5.2 se estudia la relación entre el tiempo empleado en los desplazamientos y los mismos factores explicativos considerados en el apartado anterior. Finalmente, el apartado 5.3 recoge los resultados del capítulo, proporcionando una visión completa de los dos apartados anteriores.

5.1 Determinantes del reparto modal en los desplazamientos al lugar de trabajo

Tomando como referencia el modelo teórico de la figura 5.1, en este apartado se quiere indagar en qué medida las diferencias locales en el reparto modal de los municipios de Bizkaia pueden ser atribuidas a los diferentes patrones de uso del suelo derivados de la expansión urbana experimentada en el periodo 1991–2001, a las condiciones socioeconómicas de la población de estos municipios y a las características de los sistemas de transporte.

5.1.1 Marco teórico del estudio

Numerosos estudios han analizado la influencia de diferentes factores en la elección del medio de transporte utilizado en los desplazamientos. En lo que se refiere a los **factores de uso del suelo** y coincidiendo con las conclusiones obtenidas en el capítulo 4, estos estudios demuestran que un incremento de la *densidad* y de la *concentración* de la población favorece la generación de economías a escala de las infraestructuras de transporte y reduce la accesibilidad en automóvil, lo que facilita el uso del transporte público y los desplazamientos en bicicleta o a pie (Cervero, 1991, 1994, 1995; Frank y Pivo, 1995; Camagni *et al.*, 2002a, 2002b; TCRP, 2002; Trivisi *et al.*, 2006; o Litman y Steele, 2009). Asimismo, un mayor grado de *mezcla funcional* permite realizar las diferentes actividades personales dentro de una determinada área,

reduciendo las distancias a recorrer, potenciando el uso de medios de transporte alternativos al vehículo privado (Cervero, 1991; Frank y Pivo, 1995).

En relación a las **condiciones socioeconómicas de la población**, un incremento de la *renta* favorece el uso del vehículo privado como medio de transporte (Frank *et al.*, 2005; Brownstone y Golob, 2009). Asimismo, se ha demostrado que las características de los nuevos desarrollos urbanos (familias con hijos, de nivel socioeconómico más elevado, que habitan en viviendas unifamiliares) favorecen un uso más frecuente del automóvil en los desplazamientos al trabajo (Camagni *et al.*, 2002a, 2002b).

Por último, algunas investigaciones prueban que las **características de los sistemas de transporte** tienen efectos sobre la elección del medio de transporte. En este sentido, la disponibilidad de transporte público favorece una mayor participación de este tipo de transporte en los desplazamientos cotidianos (Holtzclaw, 1994; Kitamura *et al.*, 1997; Camagni *et al.*, 2002b; Litman y Steele, 2009).

En base a los resultados obtenidos en estudios anteriores, se plantean las siguientes hipótesis en torno a los factores que explican las diferencias locales en el reparto modal de la movilidad por motivo de trabajo en Bizkaia en el año 2001:

- El descenso de la densidad aumenta el uso del automóvil y disminuye la proporción de personas desplazadas a su lugar de trabajo en transporte público, en bicicleta o a pie.
- A medida que un municipio se especializa en su función residencial, es decir, se mezclan menos tipos de funciones urbanas dentro de una misma zona, se favorece el uso del vehículo privado, en detrimento de otras alternativas de movilidad.
- Una forma urbana más dispersa y menos compacta es menos adecuada para los desplazamientos a pie o en transporte público, lo que incrementa el uso del transporte privado.
- Un incremento en el nivel de renta de la población favorece un uso más frecuente del vehículo privado, en detrimento de otros medios de transporte alternativos.
- Los municipios rurales que experimentaron un fuerte crecimiento demográfico en la década de los 90 están asociados a un reparto modal con una mayor presencia del vehículo privado.
- La disponibilidad de una oferta adecuada de transporte público potencia su utilización como alternativa para desplazarse al lugar de trabajo.

5.1.2 Metodología

La relación entre el reparto modal y los factores que lo determinan se evaluará mediante un análisis de regresión múltiple. En este caso, la participación de cada medio de transporte en los desplazamientos al lugar de trabajo será la variable a explicar y las características de uso del suelo, las condiciones socioeconómicas de la población y las características de los sistemas de transporte, las variables explicativas.

Dado que la información que se va a utilizar se basa en datos geográficos de corte transversal, se seguirán utilizando técnicas específicas para el tratamiento de este tipo de datos, como el análisis exploratorio de datos espaciales y los modelos econométricos espaciales (véase capítulo 3).

Las variables utilizadas en este estudio para medir cada uno de los factores explicativos son las que se emplearon en el capítulo 4, que fueron explicadas detalladamente en el apartado 4.2.2. A continuación pasamos a exponer los indicadores seleccionados para medir el reparto modal.

EL REPARTO MODAL

En la literatura sobre el tema podemos encontrar diferentes indicadores que miden la importancia de uno o varios medios de transporte en los desplazamientos. Los más habituales han sido:

- el número de viajes en vehículo privado (Parsons *et al.*, 1996a, 1996b; Ewing *et al.*, 1996, 2002; Frank *et al.*, 2005 entre otros);
- el reparto modal, medido como porcentaje de viajes realizados en cada medio de transporte sobre el total de viajes (Cervero, 1991, 1994, 1995; Frank y Pivo, 1995; Camagni *et al.*, 2002a, 2002b; Travisi *et al.*, 2006); y
- la distancia recorrida por persona en cada medio (TCRP, 2002).

Como nuestro objetivo fundamental es profundizar el análisis realizado en el capítulo 4, clasificaremos las personas desplazadas a su lugar de trabajo en cuatro categorías:

1. ocupados desplazados en vehículo privado como conductor (coche, furgoneta y moto);
2. ocupados desplazados en coche privado como pasajero;
3. ocupados desplazados en transporte público (autobús, tren, metro, tranvía); y
4. ocupados desplazados en bicicleta o a pie.

Como se puede observar, los ocupados en transporte privado se han separado en dos categorías, conductor y pasajero, debido a que el impacto del desplazamiento se le ha asignado al conductor, mientras que los pasajeros adicionales no generan ningún impacto añadido. A partir de esta clasificación, calcularemos el porcentaje que representa cada una de estas categorías en el total de ocupados que tienen que desplazarse diariamente al lugar de trabajo.

Por lo tanto, el reparto modal de cada municipio en los desplazamientos al lugar de trabajo se representa a través de cuatro indicadores:

1. la *proporción de ocupados desplazados conduciendo un vehículo privado*,
2. la *proporción de ocupados desplazados en coche privado como pasajero*,
3. la *proporción de ocupados desplazados en transporte público*, y
4. la *proporción de ocupados desplazados en bicicleta o a pie*.

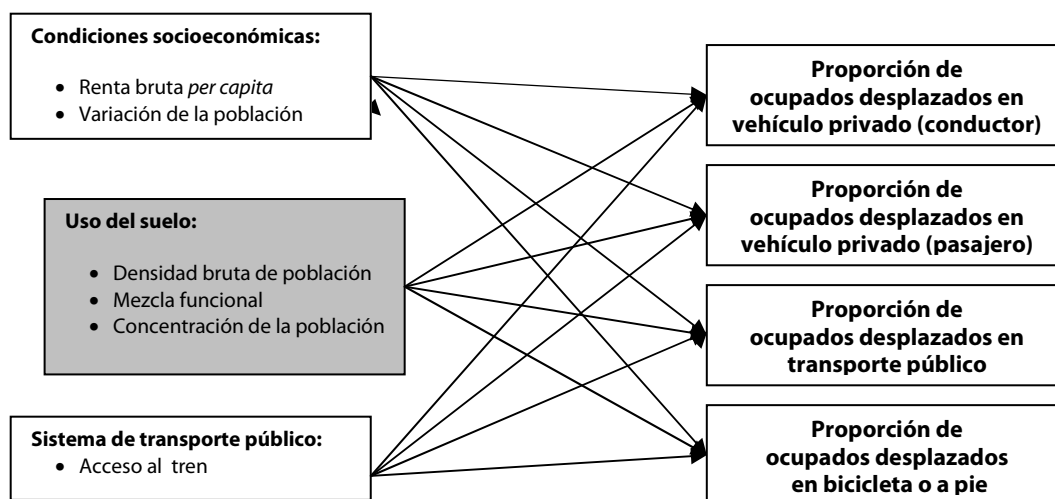
La definición de estos indicadores, la abreviatura que se va a utilizar, el año de referencia y la fuente estadística están recogidos en la tabla 5.1.

Tabla 5.1: Definición de los indicadores del reparto modal

VARIABLE (ABREVIATURA)	DEFINICION	AÑO	FUENTE ESTADISTICA
Proporción de ocupados desplazados en vehículo privado como conductor (PTPRIVC)	Número de ocupados residentes en un municipio que conducen un vehículo privado (coche, furgoneta o moto) para desplazarse a su lugar de trabajo, en relación al número total de ocupados de ese municipio que se desplazan diariamente para acudir al trabajo.	2001	Censo de Población y Viviendas
Proporción de ocupados desplazados en coche privado como pasajero (PTPRIVP)	Número de ocupados residentes en un municipio que se desplazan como pasajeros en un coche privado para desplazarse a su lugar de trabajo, en relación al número total de ocupados de ese municipio que se desplazan diariamente para acudir al trabajo.	2001	Censo de Población y Viviendas
Proporción de ocupados desplazados en transporte público (PTPUB)	Número de ocupados residentes en un municipio que eligen el transporte público (tren, metro o tranvía) para desplazarse a su lugar de trabajo, en relación al número total de ocupados de ese municipio que se desplazan diariamente para acudir al trabajo.	2001	Censo de Población y Viviendas
Proporción de ocupados desplazados en bicicleta o a pie (PPIEBIC)	Número de ocupados residentes en un municipio que se desplazan a su lugar de trabajo a pie o en bicicleta, en relación al número total de ocupados de ese municipio que se desplazan diariamente para acudir al trabajo.	2001	Censo de Población y Viviendas

El comportamiento de estos indicadores del reparto modal se explica a través de las mismas variables independientes seleccionadas en el capítulo 4 (ver figura 5.2). Por un lado, se introducen algunos factores relacionados con el uso del suelo, tales como la *densidad de población*, la *mezcla funcional* y la *concentración de la población*. Asimismo, se tienen en cuenta las características socioeconómicas de los residentes en Bizkaia a través de su *renta per capita* y se pone especial atención en la población que ha emigrado hacia los entornos más rurales que se asocia, según la hipótesis planteada, con un uso más frecuente del vehículo privado. Se supone que la variable *variación de la población* recoge en alguna medida la influencia de las características socioeconómicas de este grupo poblacional. Por último, se considerará el *acceso al tren* como indicador de la calidad del transporte público, factor que influye en la elección del medio de transporte a la hora de movilizarse al lugar de trabajo.

Figura 5.2: Variables utilizadas en la explicación del reparto modal en los desplazamientos al trabajo en Bizkaia



FUENTE: Elaboración propia.

5.1.3 Análisis estadístico de la base de datos del reparto modal

Se utilizan datos geográficos de corte transversal para explicar el comportamiento del reparto modal en una serie de puntos del espacio, los municipios de Bizkaia, a través de un conjunto de variables observadas en los mismos puntos. Por ello, antes de proceder a la especificación y estimación de los modelos econométricos correspondientes al modelo teórico propuesto (figura 5.2), vamos a realizar un análisis estadístico espacial de la información que se va a utilizar.

La fuente principal de datos sobre movilidad (ocupados desplazados diariamente a su lugar de trabajo, por medio de transporte) ha sido el último Censo de Población y Viviendas elaborado por el INE en 2001. En el apartado 4.3.1 del capítulo 4 se ha detallado la procedencia de los datos relacionados con las variables explicativas. La información se ha desagregado a nivel municipal y se cuenta con un total de 111 observaciones, el número de localidades existentes en Bizkaia en el año 2001.

La tabla 5.2 describe las características del reparto modal a través de los valores medios, máximos y mínimos de las variables dependientes seleccionadas por el estudio. Llama la atención la similitud entre los valores de las variables *proporción de ocupados desplazados en transporte público* y *proporción de ocupados desplazados en bicicleta o a pie* y la gran diferencia respecto a los que toma la variable *proporción de ocupados desplazados en vehículo privado como conductor*.

Tabla 5.2: Descripción estadística de los indicadores del reparto modal

Variable	Nº de observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
<i>PTPRIVC</i>	111	71,4249	15,0320	36,2255	97,7612
<i>PTPRIVP</i>	111	6,6212	3,3645	0,0000	16,7089
<i>PTPUB</i>	111	10,4801	9,4718	0,0000	36,7247
<i>PPIEBIC</i>	111	11,4738	9,4381	0,0000	50,0000

Mientras, en promedio, en toda la provincia de Bizkaia sólo el 10% de los ocupados que se desplazaron al lugar de trabajo lo hizo utilizando el transporte público y una proporción similar se trasladó a pie o en bicicleta, más del 70% optó por conducir un vehículo privado. Este último dato contrasta con el promedio de trabajadores que viajaron como pasajeros en un coche particular (6,6%), lo que indica el bajo nivel de ocupación de este tipo de vehículos. Cabe recordar que el impacto ambiental del desplazamiento se le asigna al conductor del vehículo particular y que el resto de pasajeros no generan ningún impacto adicional, por lo que la baja ocupación incrementa el efecto de los desplazamientos en coche particular sobre el impacto ambiental de la movilidad.

Considerando cada municipio y observando los valores mínimos, podemos encontrar localidades como Arakaldo, Kortezubi, Lanestosa y Sukarrieta en las que ninguna persona se haya desplazado al trabajo como pasajero en transporte privado; municipios como Ereño, Gizaburuaga y Lanestosa en los que nadie acudió al trabajo en transporte público; o como Arratzu y Errigoiti, donde no hubo desplazamientos a pie o en bicicleta. Sin embargo, el valor mínimo del porcentaje de ocupados desplazados conduciendo un vehículo privado corresponde a Bilbao y supera el 36%.

En cuanto a los valores máximos, el porcentaje más elevado de ocupados que se han desplazado conduciendo un vehículo particular se observa en Errigoiti (97,8%), donde prácticamente es el único medio utilizado. En la misma línea destaca Kortezubi (96,2%), con la particularidad de que no hay ningún ocupado que haya viajado como pasajero en este tipo de vehículo, por lo que han sido utilizados por único ocupante. Además, se pueden encontrar otros 11 municipios en los que la participación del transporte privado en la movilidad al trabajo supera el 90%. En cuanto al uso del transporte público, Bilbao ostenta el porcentaje más elevado (36,7%), seguido de Erandio (34,5%), Sestao (32,1%) Santurtzi (30,8%) y Portugalete (30,1%). La proporción máxima de ocupados movilizados en bicicleta o a pie corresponde al municipio de Lanestosa (50%), seguida de Bermeo (39%), Lekeitio (36,8%) y Elorrio (35,6%).

Por otro lado, la tabla 5.3 muestra los coeficientes de correlación entre las variables dependientes y las explicativas. El signo de los coeficientes de la tabla 5.3 es el esperado *a priori*, siendo los que muestran un mayor grado de asociación lineal los que relacionan las variables *densidad bruta de población* y *proporción de ocupados desplazados en transporte privado como conductor* (-0,8187); las variables *densidad bruta de población* y *proporción de ocupados desplazados en transporte público* (0,7724); las variables *acceso al tren* y *proporción de ocupados desplazados en transporte público* (0,6821); y las variables *acceso al tren* y *proporción de ocupados desplazados en transporte privado como conductor* (-0,6208). Finalmente, los coeficientes de correlación entre la variable *proporción de ocupados desplazados en transporte privado como pasajero* y las variables explicativas toman valores bajos en general, indicando un menor grado de asociación lineal con las mismas.

Tabla 5.3: Coeficientes de correlación

Variable	PTPRIVC	PTPRIVP	PTPUB	PPIEBIC
PTPRIVC	1,0000			
PTPRIVP	-0,4205	1,0000		
PTPUB	-0,7170	0,1377	1,0000	
PPIEBIC	-0,7233	0,1750	0,0892	1,0000
DEN (ln)	-0,8187	0,1889	0,7724	0,4614
MEZC (ln)	-0,2055	0,1591	0,1499	0,1202
CONC	-0,5975	0,1270	0,3246	0,5805
RENTA	0,3538	-0,1738	-0,1417	-0,3592
VPOB	0,3306	-0,2125	-0,1066	-0,3438
TREN	-0,6208	0,1974	0,6821	0,2337

5.1.4 Análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE)

En esta sección se analizará la estructura de dependencia espacial que puede existir en cada una de las variables endógenas. Para ello, es necesario definir qué otras unidades tienen influencia sobre las unidades espaciales analizadas a través de la matriz de pesos espaciales, W , utilizada en el capítulo 4. Una vez definida la matriz de pesos espaciales W , se procede a analizar la presencia de dependencia espacial en las variables endógenas utilizando algunas de las herramientas gráficas y estadísticas del AEDE, tales como los mapas de cuantiles, el diagrama de dispersión de Moran y los mapas *LISA*. Esta información se completa con el listado de cinco municipios con valores extremos (altos/bajos) para cada variable. Los resultados se muestran en las tablas 5.4 – 5.7 para las cuatro variables dependientes consideradas: la *proporción de ocupados desplazados en transporte privado como conductor*, la *proporción de ocupados desplazados en transporte privado como pasajero*, la *proporción de ocupados desplazados en bicicleta o a pie* y *proporción de ocupados desplazados en transporte público*.

MAPAS DE CUANTILES Y DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN DE MORAN

Los mapas de cuantiles mostrados en las tablas 5.4, 5.6 y 5.7 reflejan la presencia de “manchas” del mismo color o grupos de municipios contiguos en los que las variables dependientes toman valores similares, lo que sugiere la presencia de autocorrelación espacial positiva. Es decir, la proporción de ocupados que se desplazan al lugar de trabajo conduciendo un vehículo privado, en transporte público, en bicicleta o a pie depende en alguna medida de la observada en los municipios contiguos. Sin embargo, en el mapa de cuantiles de la tabla 5.5, que representa la proporción de ocupados que se desplazan como pasajeros en coche particular, no es tan clara la presencia de autocorrelación espacial.

Los diagramas de dispersión de Moran confirman esta primera impresión, mostrando un valor del test I de Moran positivo y significativo en todos los casos excepto en el de los pasajeros en coche privado, destacando el elevado valor que toma para la variable *proporción de ocupados desplazados en transporte público* ($I=0,7257$). Esto indica:

- una tendencia al agrupamiento geográfico de municipios con una alta utilización del transporte privado como conductor por un lado, y de aquéllos que utilizan poco este medio de transporte por otro ($I=0,3817$);
- una fuerte tendencia al agrupamiento geográfico de municipios con una alta participación del transporte público por un lado, y de municipios que utilizan poco este medio de transporte por otro ($I=0,7257$); obsérvese el alto grado de similitud

del mapa de cuantiles de la tabla 5.6 con el mapa 2.14 del capítulo 2 en el que se representan los municipios con acceso al ferrocarril, cuya presencia parece explicar en gran medida la alta participación del transporte público en esos municipios y el agrupamiento de los mismos a lo largo del trazado viario;

- una menor tendencia al agrupamiento geográfico de los municipios en los que los ocupados optan por desplazarse en bicicleta o a pie por un lado, y de municipios que utilizan poco esta opción por otro ($I=0,2068$);
- que la variable *proporción de ocupados que se desplazan al trabajo como pasajeros en coche particular* no sigue un patrón de dependencia espacial determinado, es decir, está distribuida aleatoriamente en el espacio.

MAPAS LISA

En la tabla 5.4 se representa el mapa LISA de la variable *proporción de ocupados desplazados en transporte privado como conductor*. Las agrupaciones de municipios con una significativa concentración de altos índices de utilización del transporte privado están situadas al sur de la provincia, en la comarca Arratia-Nerviión (Areatza y Zeanuri), y alrededor de Gernika, en la comarca de Busturialdea (Muxika, Mendata, Gautegez y Murueta, entre otros). Las concentraciones con bajos índices de utilización del transporte privado se producen en los municipios cercanos a Bilbao (Galdakao, Barakaldo y Erandio, entre otros).

Unicamente se detectan cuatro casos atípicos. Gernika y Markina (en azul claro) como municipios con una proporción menor de ocupados que se desplazan conduciendo un vehículo privado (55% y 71% respectivamente) en comparación a municipios circundantes como Errigoiti (98%), Morga (93%) o Mendata (90%), en el caso de Gernika, o Aulesti (90%) y Munitibar (89%), en el caso de Markina. Los datos utilizados en el capítulo 2 muestran que tanto Gernika como Markina presentan un mayor grado de mezcla funcional y de autocontención de los ocupados dentro del propio municipio en comparación con las localidades vecinas, lo que se podría traducir en una mayor proporción de desplazamientos en transporte público, bicicleta o a pie, y podría explicar en parte este resultado. Ocurriría lo contrario en el caso de Galdames y Mallabia (en rosa), localidades con una proporción elevada de ocupados que viajan conduciendo un coche (82% y 85% respectivamente) en comparación a municipios contiguos como Barakaldo (45%), Ortuella (56%) o Trapagaran (55%), en el primer caso, o Ermua (45%) y Zaldibar (56%) en el caso de Mallabia.

El mapa LISA de la variable *proporción de ocupados desplazados en transporte privado como pasajero* representado en la tabla 5.5 muestra una situación en la que no es clara

la dependencia espacial. Se observan únicamente tres municipios con un test I de Moran local significativo que siguen el patrón de dependencia global y siete municipios atípicos.

En cuanto al mapa LISA de la variable *proporción de ocupados desplazados en tren*, muestra que las agrupaciones de municipios con una significativa concentración de altos índices de utilización del transporte público están situadas en la comarca del Gran Bilbao, zona con la oferta más completa de este tipo de transporte, mientras que las localidades con bajos índices de utilización del transporte público se concentran en los municipios de la comarca de Lea-Artibai y parte de la comarca de Busturialdea, comarcas con poco o ningún acceso a medios como el ferrocarril (ver tabla 5.6 y mapa 2.14). Revela también que el esquema local de la asociación espacial sigue la tendencia global de autocorrelación positiva. Únicamente se detectan dos municipios atípicos: Barrika (en azul claro), sin acceso al metro, donde el 8% de los ocupados se desplazan en transporte público, rodeado de localidades con acceso al metro y una mayor utilización de este tipo de transporte como Sopelana (23%), Plentzia (22%) y Urduliz (18%); y Forua (en rosa), con acceso al tren, con un 11% de ocupados que se movilizan en transporte público, rodeado de municipios que no tienen acceso al tren y muestran un nivel inferior de utilización de este tipo de transporte como Errigoiti (1%), Kortezubi (3%) o Arratzu (3%).

Por último, el mapa LISA de la variable *proporción de ocupados desplazados en bicicleta o a pie* representado en la tabla 5.7 prueba que las agrupaciones de municipios con una significativa concentración de altos índices de desplazamientos en medios no motorizados están situadas al sureste de la provincia, en la comarca de Duranguesado (Abadiño, Atxondo, Elorrio y Zaldibar). Las concentraciones con pocos desplazamientos en bicicleta o a pie se producen, sobre todo, en algunos municipios de Busturialdea (Gautegiz, Ereño, Nabarniz, Mendata y Morga).

Sólo se detectan dos municipios atípicos: Mallabia (en azul claro), con una baja proporción de ocupados que optan por desplazarse a pie o en bicicleta (7%) en comparación a municipios circundantes como Zaldibar (28%), Ermua (22%) o Berriz (16%); en el otro extremo, Gernika (en rosa) con una proporción relativamente elevada de ocupados que se movilizan en bicicleta o a pie (30%) en comparación a municipios contiguos como Forua (6%), Muxika(2%) o Ajangiz (1%).

Tabla 5.4: Ocupados que se desplazan al trabajo en vehículo privado como conductor (%), Bizkaia 2001.

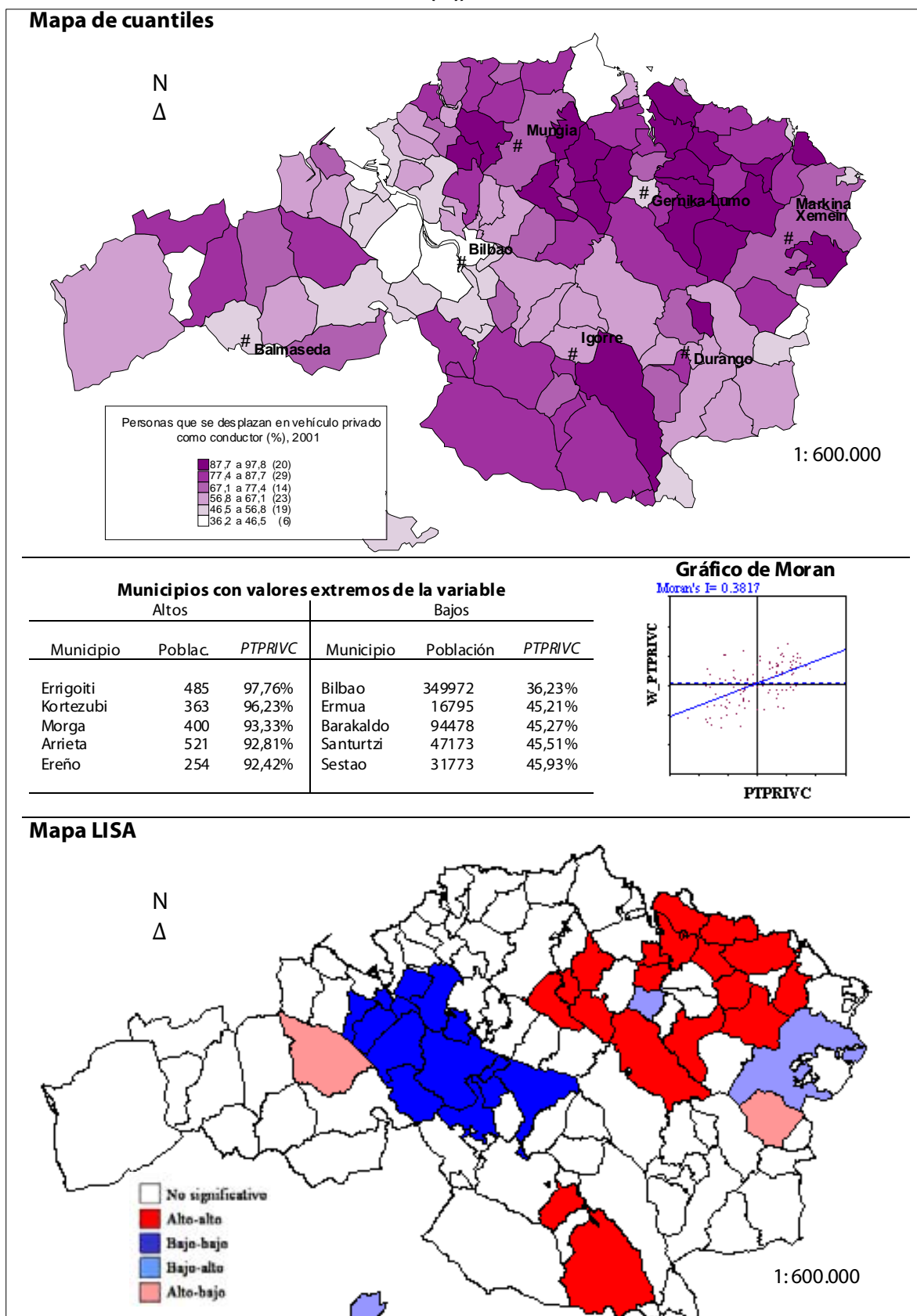


Tabla 5.5: Ocupados que se desplazan al trabajo en coche privado como pasajero (%), Bizkaia 2001.

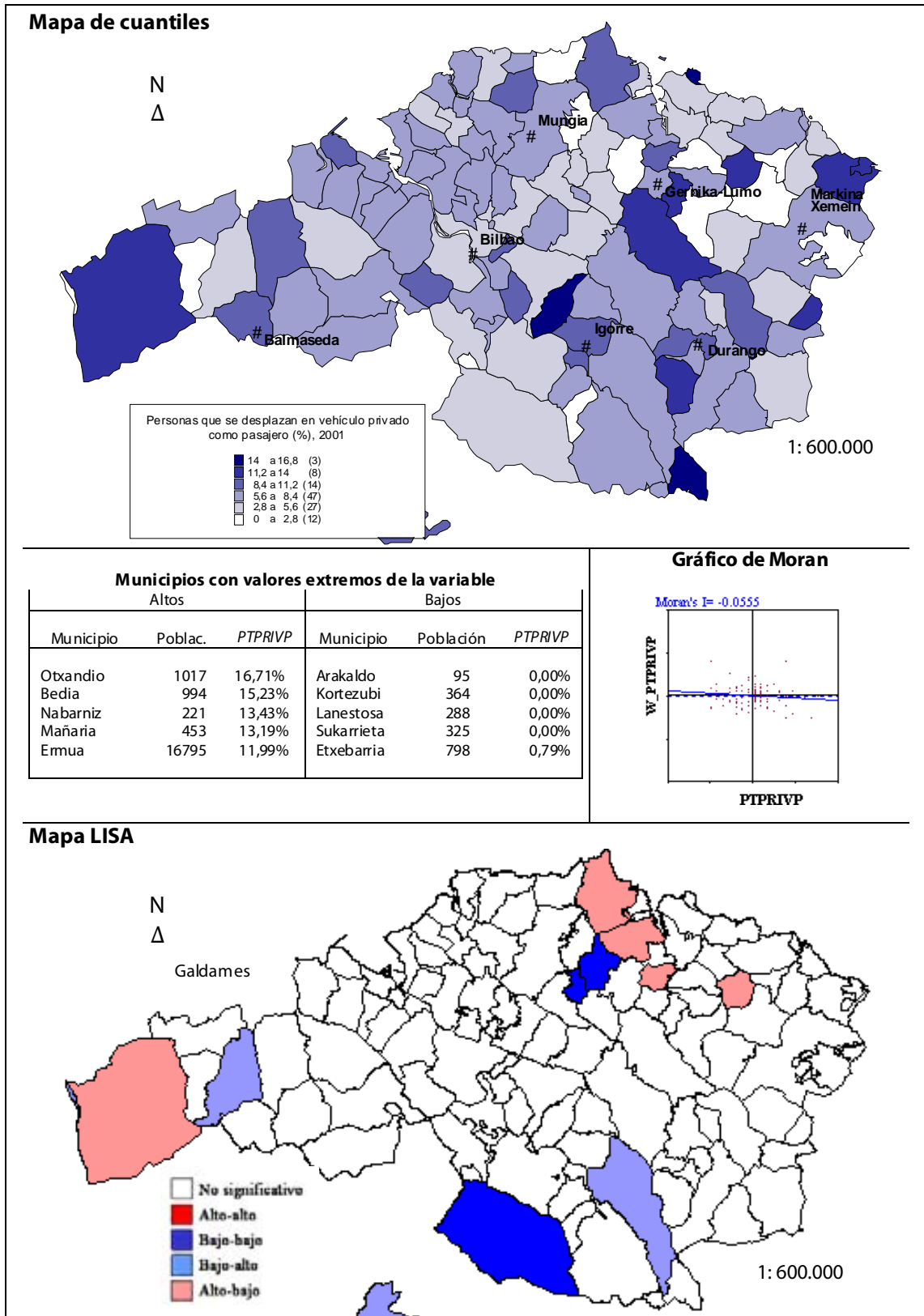


Tabla 5.6: Ocupados que se desplazan al trabajo en transporte público (%), Bizkaia 2001.

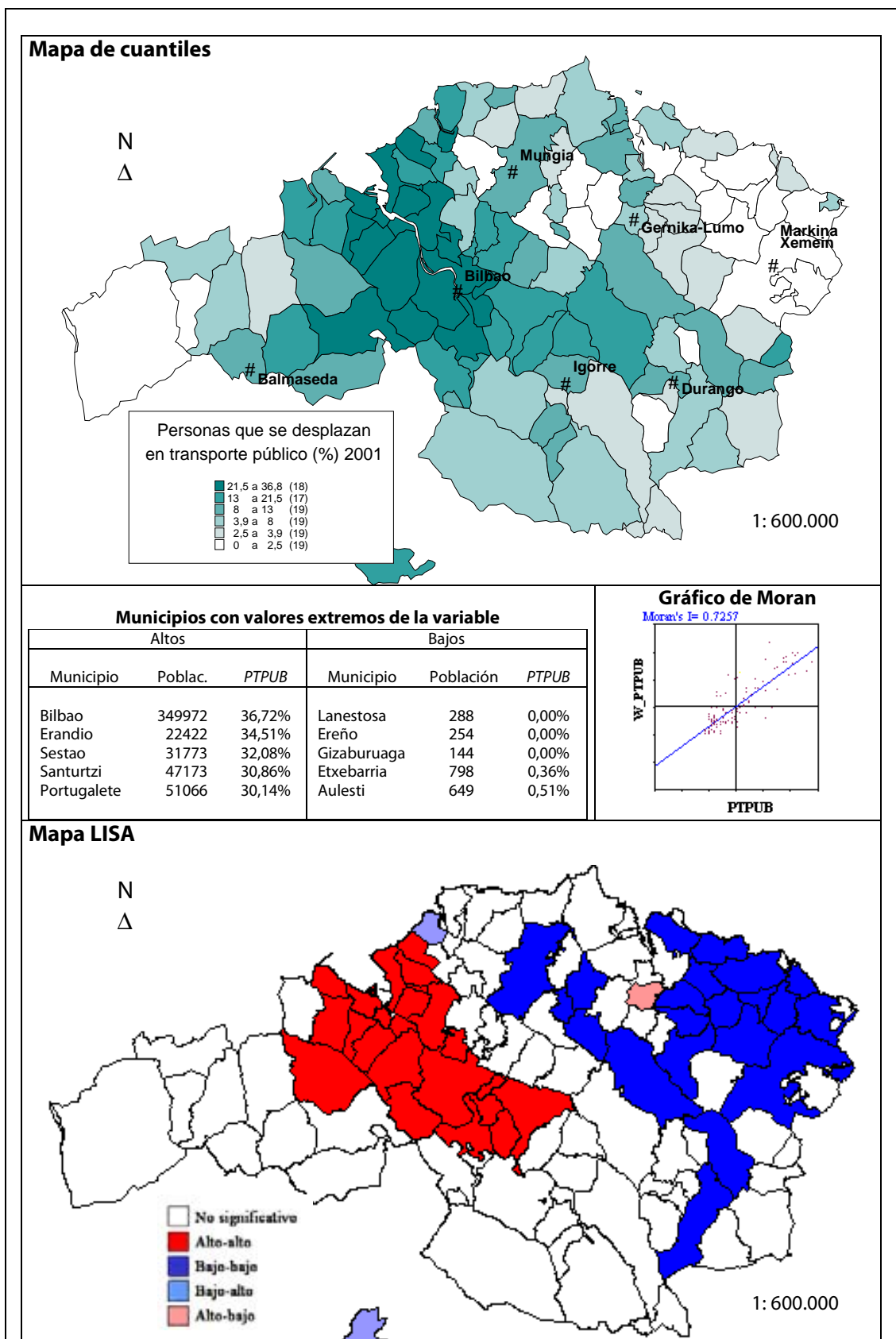
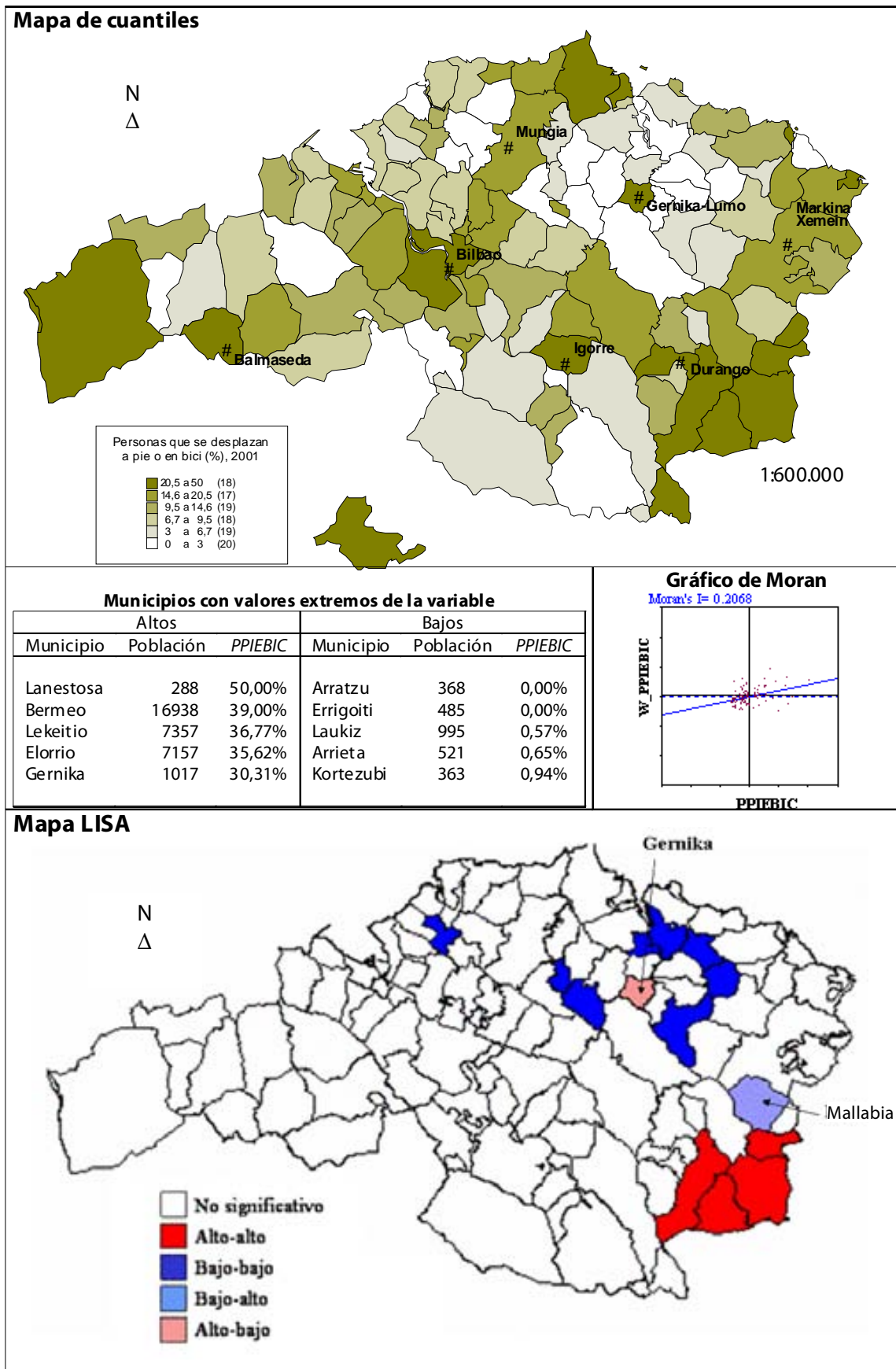


Tabla 5.7: Ocupados que se desplazan al trabajo en bicicleta o a pie (%) Bizkaia 2001



5.1.5 Modelos econométricos para el reparto modal

En el marco teórico establecido en la figura 5.2, el total de ocupados que tienen que desplazarse diariamente al lugar de trabajo se han clasificado en cuatro categorías, dependiendo del medio de transporte elegido para realizar el viaje, dando lugar a los indicadores del reparto modal. Siendo suficiente analizar el comportamiento de tres de estas categorías para conocer las características del reparto modal en su conjunto, se ha dejado fuera del análisis econométrico la variable *proporción de ocupados desplazados en vehículo privado como pasajero*, por su menor peso en el reparto modal y por tener menos incidencia en el impacto ambiental de la movilidad.

Por lo tanto, se proponen los siguientes modelos de regresión lineal general para determinar la relación entre los distintos indicadores del reparto modal y las variables explicativas consideradas en el capítulo 4, es decir, factores de uso del suelo, socioeconómicos y de acceso al transporte público:

1. Desplazados en vehículo privado como conductor:

$$PTPRIVC_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln DEN_i + \beta_2 \cdot \ln MEZC_i + \beta_3 \cdot CONC_i + \beta_4 \cdot TPUB_i + \beta_5 \cdot RENTA_i + \beta_6 \cdot VPOB_i + u_i \quad i=1, 2, \dots, 110 \quad [5.1]$$

donde $PTPRIVC_i$ es la proporción de ocupados residentes en el municipio i que acuden al trabajo en vehículo privado como conductor en 2001.

2. Desplazados en transporte público:

$$PTPUB_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln DEN_i + \beta_2 \cdot \ln MEZC_i + \beta_3 \cdot CONC_i + \beta_4 \cdot TPUB_i + \beta_5 \cdot RENTA_i + \beta_6 \cdot VPOB_i + u_i \quad i= 1, 2, \dots, 110 \quad [5.2]$$

donde $PTPUB_i$ es la proporción de ocupados residentes en el municipio i que acuden al trabajo en transporte público en 2001.

3. Desplazados en bicicleta o a pie:

$$PPIEBIC_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln DEN_i + \beta_2 \cdot \ln MEZC_i + \beta_3 \cdot CONC_i + \beta_4 \cdot TPUB_i + \beta_5 \cdot RENTA_i + \beta_6 \cdot VPOB_i + u_i \quad i = 1, 2, \dots, 110 \quad [5.3]$$

donde $PIEBIC_i$ es la proporción de ocupados residentes en el municipio i que acuden al trabajo en transporte público en 2001.

Además, en los modelos [5.1], [5.2] y [5.3] u_i es un término de perturbación aleatoria normalmente distribuido, homocedástico y no correlacionado.

El análisis econométrico se ha realizado con 110 observaciones, al no incluir los datos correspondientes al municipio de Urduña, localidad rodeada de municipios no pertenecientes a la provincia de Bizkaia, ya que Stata no permite la estimación de modelos espaciales con observaciones aisladas (ver gráfico 4.1 del capítulo 4).

El análisis gráfico de la relación entre los factores explicativos y las variables endógenas muestra que no es lineal para algunos de estos factores. Este resultado apunta la conveniencia de utilizar el logaritmo de algunas variables explicativas para mejorar su ajuste, como es el caso de las variables *densidad bruta de población* y *mezcla funcional*. En otros casos no se observa una relación clara entre las variables dependientes y las explicativas, por lo que se opta por la relación lineal (ver gráficos II.1, III.1 y IV.1 de los anexos II, III y IV).

Debido a que no contamos con ninguna hipótesis *a priori* que sugiera una especificación del modelo econométrico con autocorrelación espacial, estimaremos separadamente los modelos [5.1], [5.2] y [5.3] por MCO. Los resultados de esta estimación se recogen en la tabla 5.8.

Los diferentes contrastes para validar los modelos indican la ausencia de multicolinealidad entre las variables explicativas. Sin embargo, ninguno de los tres modelos muestra errores distribuidos normalmente y en el modelo [5.3] existen signos evidentes de heterocedasticidad.

En lo que se refiere a la presencia de dependencia espacial, cabe recordar que los tests de I de Moran y del Multiplicador de Lagrange requieren la normalidad del término de perturbación, aunque numerosos estudios (Mur, 1990, 1992; Anselin y Rey, 1991; Florax y Folmer, 1992, 1994; Anselin y Florax, 1995; Anselin *et al.* 1996; Florax y Rey, 1995) han demostrado que el no cumplimiento de la hipótesis de normalidad del error tiene escasas consecuencias sobre el poder de los contrastes, si bien los contrastes del

error se ven más afectados por dicha alteración, subrechazando la hipótesis nula, que los contrastes de la variable endógena retardada (ver capítulo 3). Sin embargo, es recomendable analizar los resultados con cierta cautela.

Tabla 5.8: Estimación de los modelos [5.1], [5.2] y [5.3] por MCO

Variable Dependiente	Modelo [5.1] PTPRIVC		Modelo [5.2] PTPUB		Modelo [5.3] PPIEBIC	
	β	p	β	p	β	p
Variables independientes						
constante	88,1438	0,000	-6,7309	0,103	5,3542	0,220
In DEN	-5,3224	0,000	3,7514	0,000	1,1832	0,014
In MEZC	-1,3740	0,082	0,6061	0,324	0,7851	0,228
CONC	-0,0861	0,016	-0,0718	0,010	0,1346	0,000
RENTA	1,4028	0,001	0,1310	0,694	-0,7946	0,026
VPOB	0,1862	0,000	-0,0312	0,431	-0,1001	0,018
TREN	-4,3460	0,013	6,0547	0,000	-1,2950	0,367
Nº observac.	110		110		110	
R ²	0,8015		0,6960		0,4919	
Diagnóstico de la regresión:						
Multicolinealidad:	Factor de inflación de la varianza (VIF) promedio: 1,50					
Normalidad errores:	Estad.	p	Estad.	p	Estad.	p
Shapiro- Wilk W test	0,9740	0,030	0,9704	0,015	0,9418	0,000
Heterocedasticidad:						
Test Breusch-Pagan	0,20	0,654	10,12	0,001	19,77	0,000
White	33,39	0,151	30,22	0,259	42,47	0,022
Diagnóstico de dependencia espacial						
H₀: No autocorrelación espacial						
Perturbación correlacionada espacialmente: H ₀ : no autocorrelación espacial ($\lambda=0$)						
	Estad.	p	Estad.	p	Estad.	p
I_λ						
LM_λ	3,785	0,000	7,389	0,000	5,432	0,000
LM^*_λ	10,385	0,001	43,859	0,000	22,808	0,000
	5,977	0,014	2,905	0,088	19,173	0,000
Retardo espacial: H ₀ : no autocorrelación espacial ($\rho=0$)						
	Estad.	p	Estad.	p	Estad.	p
LM_ρ						
LM^*_ρ	4,541	0,033	67,642	0,000	7,853	0,005
	0,133	0,715	26,689	0,000	4,217	0,040

En este sentido, en los tres modelos las versiones estándar de los contrastes LM_λ y LM_ρ son significativas. Si nos fijamos en sus versiones robustas, en el modelo [5.1] sólo LM^*_λ resulta significativo, por lo que rechazamos la hipótesis nula de no autocorrelación espacial en las perturbaciones. En este caso, la forma de solucionar el problema se basa en la especificación de un modelo espacial en el término de error, como un

proceso autorregresivo de orden 1 o AR(1), lo que se conoce con el nombre de modelo del error espacial (véase el capítulo 3, pp. 151-152).

En el modelo [5.2], considerando los resultados de las versiones robustas de los estadísticos, sólo LM^*_ρ resulta significativo, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación espacial sustantiva. Se resuelve introduciendo en el modelo un retardo espacial de la variable endógena, lo que se conoce con el nombre de modelo de retardo espacial (véase el capítulo 3, pp. 152-153).

Finalmente, en el modelo [5.3] tanto el contraste LM^*_λ como el contraste LM^*_ρ son significativos, indicando la presencia de ambos tipos de autocorrelación espacial. En este caso se trata de redefinir el modelo con el fin de incorporar la presencia simultánea de dependencia espacial residual y sustantiva. La introducción del retardo espacial de la variable dependiente y del término de error requiere la definición de dos matrices de pesos espaciales para evitar problemas de identificación en la estimación por MV, sin bases teóricas que lo justifiquen en este caso (ver capítulo 3, p. 156). Además, las versiones disponibles de los programas informáticos *Stata* y *GeoDa* no permiten estimar modelos con presencia simultánea de ambos tipos de dependencia. Una alternativa para solucionar este problema sería estimar un modelo híbrido espacial (véase el capítulo 3, pp. 155-156), que incorpora la dependencia espacial sustantiva a través de los retardos de las variables exógenas, considerándolas parte del conjunto de variables explicativas del modelo. Posteriormente, se estima como una extensión del modelo del error espacial.

En resumen, los modelos espaciales propuestos son los siguientes:

1. Desplazados en vehículo privado como conductor:

$$PTPRIVC_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln DEN_i + \beta_2 \cdot \ln MEZC_i + \beta_3 \cdot CONC_i + \beta_4 \cdot RENTA_i + \beta_5 \cdot VPOB_i + \beta_6 \cdot TREN_i + u_i \quad i = 1, 2, \dots, 110 \quad [5.4]$$

donde: $u_i = \lambda \cdot W.u_i + e_i$; y

λ es el parámetro autorregresivo asociado al retardo Wu_i , que refleja la intensidad de las interdependencias espaciales.

2. Desplazados en transporte público:

$$PTPUB_i = \beta_0 + \rho \cdot WPTPUB_i + \beta_1 \cdot \ln DEN_i + \beta_2 \cdot \ln MEZC_i + \beta_3 \cdot CONC_i + \beta_4 \cdot RENTA_i \\ + \beta_5 \cdot VPOB_i + \beta_6 \cdot TREN_i + e_i \quad i=1, 2, \dots, 110 \quad [5.5]$$

donde: $WPTPUB_i$ es el retardo de la variable endógena; y

ρ es el parámetro autorregresivo asociado a $WPTPUB_i$ que recoge la intensidad de la interdependencia espacial entre las observaciones muestrales.

3. Desplazados en bicicleta o a pie:

$$PPIEBIC_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln DEN_i + \beta_2 \cdot \ln MEZC_i + \beta_3 \cdot CONC_i + \beta_4 \cdot RENTA_i + \beta_5 \cdot VPOB_i \\ + \beta_6 \cdot TREN_i + \beta_7 \cdot WLNDEN_i + \beta_8 \cdot WLNMEZC_i + \beta_9 \cdot WCONC_i \\ + \beta_{10} \cdot WRENTA_i + \beta_{11} \cdot WVPOB_i + \beta_{12} \cdot WTREN_i + u_i \quad i=1, 2, \dots, 110 \quad [5.6]$$

donde: $u_i = \lambda \cdot Wu_i + e_i$;

λ es el parámetro autorregresivo asociado al retardo Wu_i ; y

$WLNDEN_i$, $WLNMEZC_i$, $WCONC_i$, $WRENTA_i$, $WVPOB_i$ y $WTREN_i$ son los retardos de las variables explicativas, es decir, el promedio ponderado del valor que toma cada variable en el conjunto de municipios definidos como contiguos al municipio i por la matriz W .

En los tres modelos, W representa la matriz de pesos espaciales de contigüidad física de primer orden estandarizada descrita en el capítulo 4; y e_i es un término de error normalmente distribuido, homocedástico y no autocorrelacionado.

La introducción de los retardos espaciales hace que los estimadores MCO no sean los adecuados (ver capítulo 3). Por ello, se han estimado los modelos espaciales [5.4], [5.5] y [5.6] por máxima verosimilitud, encontrándonos los resultados en la tabla 5.9.

Tabla 5.9: Estimación de los modelos espaciales [5.4], [5.5] y [5.6] por MV

Variable dependiente	Modelo [5.4] PTPRIVC	Modelo [5.5] ⁽¹⁾ PTPUB	Modelo [5.6] PIEBIC
Variables independientes	Coefficientes	Coefficientes	Coefficientes
<i>constante</i>	90,4977 ***	-4,2760	35,6172 ***
<i>ln DEN</i>	-5,4768 ***	1,7618***	3,2228 ***
<i>ln MEZC</i>	-1,3029 *	-0,0792	0,8585
<i>CONC</i>	-0,0814 **	-0,0110	0,0971 ***
<i>RENTA</i>	1,1895 ***	-0,1577	-0,9705 ***
<i>VPOB</i>	0,2078 ***	-0,0322	-0,0995 **
<i>TREN</i>	-3,6548 **	4,5924***	-1,2892
<i>WLNDEN</i>	-	-	-3,8146 ***
<i>WLNMEZC</i>	-	-	0,2863
<i>WCONC</i>	-	-	0,0279
<i>WRENTA</i>	-	-	-1,8691 *
<i>WVPOB</i>	-	-	0,0327
<i>WTREN</i>	-	-	4,7420
<i>Lambda</i>	0,4146 ***	-	0,5860 ***
<i>Rho</i>	-	0,6008***	-
Nº de observaciones	110	110	110
Log.de verosimilitud	-359,5834	-299,2568	-339,0796
Diagnóstico de la regresión:			
Multicolinealidad: VIF promedio	1,50		2,34
Heterocedasticidad: H₀: Homocedasticidad Breusch-Pagan	Estadístico p	Estadístico p	Estadístico P
	8,4099 0,210	22,9632 0,001	18,6936 0,100
Diagnóstico de dependencia espacial H₀: No autocorrelación espacial			
	Estadístico p	Estadístico p	Estadístico P
LR	10,418 0,001	- -	17,115 0,000

(1) Versión robusta.

NOTA: Significatividad estadística indicada por ***, ** y * para un nivel del 1%, 5% y 10% respectivamente.

El valor del estadístico I de Moran para los residuos de los modelos [5.4] y [5.5] es cercano a cero, ($I = -0,0999$ y $I = -0,0075$ respectivamente) y estadísticamente no significativo ($p = 0,0810$ y $p = 0,5230$ respectivamente), lo que indica que se ha eliminado totalmente la autocorrelación espacial en el modelo. No ocurre lo mismo en el modelo [5.6], que muestra un valor de $I = -0,1325$ estadísticamente significativo ($p = 0,0220$), revelando que, aunque la dependencia espacial ha disminuido en

comparación al modelo del error espacial (ver tabla IV.2 del anexo IV), aún no se ha eliminado totalmente, obligando a interpretar los resultados con cierta cautela.

La introducción de los efectos espaciales parece resolver los problemas de heterocedasticidad en los modelos [5.4] y [5.6], ya que superan con éxito el contraste Breusch-Pagan. No ocurre lo mismo en el modelo [5.5], por lo que se opta por estimar su versión robusta. En cuanto a los valores estimados de los coeficientes autorregresivos espaciales, todos ellos son altamente significativos. Una vez realizado el diagnóstico de los modelos [5.4], [5.5] y [5.6], pasaremos a interpretar los resultados obtenidos.

El modelo [5.4] muestra que la proporción de ocupados que se desplazan al trabajo *conduciendo un vehículo privado* es mayor en aquellos municipios con una menor densidad bruta de población, una menor mezcla funcional, una menor concentración de la población, una mayor renta per capita, que han experimentado un mayor crecimiento demográfico en la década estudiada y que cuentan con una menor presencia de transporte público.

Por otro lado, el modelo [5.5] muestra que la participación de los desplazamientos en *transporte público* es mayor en aquellos municipios con una densidad bruta de población superior y un mayor acceso al transporte público. Además, aumenta a medida que se incrementa la participación de los desplazamientos en transporte público en los municipios contiguos. Este resultado puede ser debido a que las localidades contiguas con una mayor participación del transporte público muestran, a su vez, una mayor densidad bruta de población, lo que facilita la presencia de una oferta de transporte público de mayor calidad en cuanto a diversidad y frecuencia en el conjunto de municipios, favoreciendo la utilización de este tipo de transporte tanto desde el municipio en cuestión como haciendo uso de la oferta de municipios cercanos.

Finalmente, el modelo [5.6] expresa que la proporción de ocupados que van *en bicicleta o a pie* es superior en los municipios más densos, sobre todo si están rodeados de localidades con una menor densidad bruta de población. Asimismo, esta proporción aumenta a medida que se incrementa el índice de concentración de la población, y/o disminuye la variación de la población. En el caso de la renta *per capita*, un incremento de la misma tanto en el municipio en cuestión como en las localidades contiguas afecta negativamente a estas alternativas de desplazamiento. Este último resultado podría interpretarse en parte como una tendencia a utilizar en mayor medida los medios motorizados en las zonas de nivel socioeconómico más elevado.

En lo que se refiere al peso que tiene cada factor, obtenemos las siguientes conclusiones. La *densidad bruta de población* es estadísticamente significativa para explicar los desplazamientos realizados en los diferentes medios de transporte o a pie. A mayor densidad, menor es la proporción de ocupados que deciden desplazarse al trabajo conduciendo un vehículo privado, y mayor la de aquellos que lo hacen en transporte público, en bicicleta o a pie, confirmando lo esperado en el modelo teórico. Se puede afirmar que un incremento del 100% en la densidad, disminuye la proporción de conductores viajando en vehículo privado en 5,48 puntos y aumenta el porcentaje de desplazamientos en transporte público y en bicicleta o a pie en 1,76 puntos y en 3,22 puntos respectivamente. Este resultado es consistente con el obtenido por autores como Cervero (1991, 1994, 1995), Frank y Pivo (1995), Camagni *et al.* (2002a, 2002b), TCRP (2002), Trivisi *et al.* (2006) o Litman y Steele (2009), aunque no es totalmente comparable, ya que en algunos casos utilizan diferentes indicadores para medir la densidad o la participación modal.

En nuestros modelos la *mezcla funcional* parece relevante únicamente a la hora de decidir acudir al trabajo conduciendo un vehículo privado. En Bizkaia, si duplicamos el ratio empleos/residentes (es decir, se incrementa en un 100%), la proporción de conductores que van a trabajar en coche particular disminuye en 1,30 puntos. Este resultado coincide con el obtenido por Cervero (1991) que demuestra una relación negativa entre la diversidad funcional y el porcentaje de desplazamientos realizados en vehículo privado. Sin embargo, el mismo estudio señalaba la existencia de una relación positiva entre el incremento de la mezcla funcional y de los desplazamientos en medios alternativos, lo que no se observa en el caso de Bizkaia. En nuestros modelos la *mezcla funcional* no es lo suficientemente relevante en los desplazamientos en transporte público, en bicicleta o a pie, contradiciendo la hipótesis de que a mayor oferta de trabajo en el municipio, mayor será la proporción de personas que trabajen en el mismo lugar de residencia, favoreciendo sobre todo este tipo de desplazamientos. No obstante, es compatible con otras investigaciones como la de Frank y Pivo (1995) en las que la mezcla funcional presentaba una relación más débil con la elección modal en comparación a otros factores de uso del suelo.

El *índice de concentración de la población* en el territorio resulta significativo en la explicación de los desplazamientos como conductor en vehículo privado, en bicicleta o a pie. A mayor concentración, menor es la proporción de personas que acuden al trabajo conduciendo un automóvil y mayor es la proporción de ocupados que se desplazan en bicicleta o a pie a su lugar de trabajo, confirmando las hipótesis planteadas por el estudio. Por cada punto que aumente la concentración de la población, la proporción de desplazamientos conduciendo un coche disminuye 0,08 puntos y los realizados en bicicleta o a pie aumentan en 0,10 puntos. Sin embargo, no

es relevante a la hora de determinar la participación del transporte público en el reparto modal.

Por otro lado, coincidiendo con los resultados de Frank *et al.* (2005) y Brownstone y Golob (2009), niveles altos de *renta per capita* se relacionan con un mayor uso del vehículo privado. Un incremento unitario de la *renta per capita* anual (en este caso, en mil euros), aumenta en 1,19 puntos la proporción de ocupados que se desplazan a trabajar conduciendo un vehículo particular. Asimismo, el incremento de la *renta per capita* reduce el porcentaje de desplazados en bicicleta o a pie, que disminuye en 0,97 puntos por cada mil euros adicionales de renta. Sin embargo, en el caso de Bizkaia, no influye significativamente en la decisión de elegir el transporte público como medio para desplazarse.

Asimismo, la *variación de la población* en la década de los 90 resulta claramente significativa en la explicación de los desplazamientos en vehículo privado como conductor, en bicicleta o a pie. En aquellos municipios que han crecido en mayor proporción en el número de habitantes como consecuencia de las migraciones internas desde los antiguos centros industriales hacia entornos más rurales, los ocupados se inclinan por utilizar más el vehículo privado y menos la bicicleta o los desplazamientos a pie. Recordemos que ciertas características socioeconómicas de esta población (familias jóvenes con hijos, de elevado nivel cultural y económico, que habitan en viviendas unifamiliares) favorecieron la elección del vehículo privado como medio de transporte para acudir al trabajo. En este sentido, el mayor impacto ambiental de la movilidad está asociado a aquellos municipios que experimentaron un fuerte crecimiento demográfico en la década 1991-2001. Por cada punto que aumenta el porcentaje de incremento de la población, la proporción de viajes en transporte privado se incrementa en 0,21 puntos, mientras que los viajes en bicicleta o a pie disminuyen en 0,10 puntos. La variable resulta menos significativa en la explicación de los desplazamientos en transporte público, aunque su signo parece indicar que en los municipios que han experimentado un mayor crecimiento demográfico, desciende la proporción de ocupados que se trasladan al lugar de trabajo en transporte público.

Conforme a lo esperado, el *acceso al tren y/o metro* favorece la utilización del mismo y reduce la participación del transporte privado en el reparto modal. En aquellos municipios que cuentan con acceso al ferrocarril, el porcentaje de ocupados que se desplazan en transporte privado es 3,65 puntos menor que el de los que no lo tienen. Por otro lado, el porcentaje de los que utilizan el transporte público es 4,59 puntos mayor en los municipios que tienen acceso al tren frente a los que no lo tienen. En la misma línea, autores como Litman y Steele (2009) llegaron a la conclusión de que los residentes en barrios con un buen servicio de transporte público tendían a tener entre

un 10% y un 30% menos vehículos y usaban entre 2 y 10 veces más frecuentemente otros medios alternativos que los que viven en comunidades más dependientes del automóvil.

En los modelos [5.5] y [5.6] hemos visto que hay una relación de dependencia entre las características de los municipios contiguos y el reparto modal de un municipio determinado. Los resultados indican que la *proporción de ocupados que utilizan el transporte público* en un determinado municipio depende en gran medida del grado de utilización de este tipo de transporte en las localidades vecinas. Por cada punto que aumente este último, la proporción de ocupados que se desplazan en transporte público en un determinado municipio aumenta en 0,60 puntos. Esta asociación espacial puede ser debida a que la existencia de transporte público no depende exclusivamente de las características urbanas de una determinada localidad, sino de un conjunto de localidades que justifiquen su oferta. Es más, municipios que por sus características propias (densidad de población, tamaño, etc..) no podrían disfrutar de un transporte público adecuado se ven beneficiados por la cercanía a otros municipios con características más apropiadas para ello (mayores densidades, etc...). Es decir, las externalidades de las infraestructuras de transporte público superan los límites municipales, beneficiando a localidades contiguas.

Nótese que la variable retardada *WLNDEN*, promedio de la densidad de los municipios del entorno, es significativa en la explicación de la elección de la bicicleta o el desplazamiento a pie como opción de movilidad, aunque el sorprende el signo. Así, al duplicarse la densidad de los municipios del entorno, disminuye la proporción de ocupados desplazados en bicicleta o a pie en 3,81 puntos. El modelo [5.5] ha demostrado que el incremento de la densidad bruta de población favorece el uso del transporte público, también en las localidades vecinas, lo que tiene un efecto positivo en la utilización de este tipo de transporte en el municipio analizado. Por lo tanto, se puede interpretar que, a medida que aumenta la densidad de población en los municipios contiguos, se sustituyen parte de los desplazamientos en bicicleta o a pie por los viajes en transporte público.

En cambio, la renta *per capita* promedio anual de los municipios contiguos sigue afectando negativamente a los desplazamientos en bicicleta o a pie, tal como ocurría con la renta *per capita* promedio del propio municipio. Un incremento en mil euros de la renta *per capita* promedio de las localidades vecinas disminuye en 1,87 puntos la proporción de ocupados que se desplazan a trabajar en bicicleta o a pie. En este caso, un entorno con una renta *per capita* mayor puede representar una zona con un nivel de socioeconómico elevado y con un estilo de vida en el que prima la utilización del coche particular frente a otras opciones de desplazamiento.

Resumiendo, el efecto de las variables que caracterizan **el uso del suelo** sobre la elección modal de dicho municipio es modesto, subrayando la importancia de la *densidad bruta de población*, principalmente en los desplazamientos en bicicleta o a pie y en la participación del transporte público. Dentro de las **condiciones socioeconómicas**, destaca el peso de la *renta per capita* en los desplazamientos en bicicleta o a pie y, en menor medida, en los viajes conduciendo un vehículo privado. La respuesta de estas dos mismas modalidades de transporte ante una *variación de la población* es considerablemente menor. Conforme a lo esperado, las **características de los sistemas de transporte** influyen en la elección del medio de transporte. En este sentido, el *acceso al tren y/o metro* favorece la utilización del mismo y reduce la participación del transporte privado en el reparto modal.

5.2 Determinantes del tiempo de los desplazamientos al lugar de trabajo

Una vez analizado el efecto de los factores seleccionados por el estudio sobre el tipo de medio de transporte utilizado en los desplazamientos al trabajo, en este apartado se procederá a estudiar su influencia en el tiempo empleado en los desplazamientos, el otro componente del índice de impacto ambiental de la movilidad, según se ha definido en apartado 4.2.4 del capítulo 4. Es decir, se pretende averiguar si, en la provincia de Bizkaia, las diferencias locales en el tiempo de los desplazamientos al lugar de trabajo pueden ser atribuidas en parte a los diferentes patrones de uso del suelo derivados de la expansión urbana experimentada en el periodo 1991 – 2001, a las condiciones socioeconómicas de la población de estos municipios y a las características de los sistemas de transporte.

5.2.1 Marco teórico del estudio

Estudios anteriores han investigado la influencia de las **características de uso del suelo** en las horas viajadas en vehículo privado (Parsons *et al.*, 1996a, 1996b; Ewing *et al.*, 1996, 2002; Frank *et al.*, 2005 entre otros) o en el tiempo utilizado en los desplazamientos en transporte público (Camagni *et al.*, 2002a, 2002b). Los resultados que obtienen muestran, en general, que cuanto mayor es la densidad, el grado de mezcla funcional y cuanto más concentrada se encuentra la población de un municipio, es más fácil realizar las diferentes actividades personales dentro de una

determinada área, reduciendo las distancias a recorrer y, generalmente, el tiempo del desplazamiento.

En relación a los **factores socioeconómicos**, Frank *et al.* (2005) demostraron que un incremento de la renta aumenta las distancias recorridas en vehículo privado y, en consecuencia, el tiempo promedio de estos desplazamientos. Asimismo, Camagni *et al.* (2002a, 2002b) confirmaron la existencia de una relación directa entre el crecimiento demográfico y el tiempo empleado en los desplazamientos, vínculo que se quiere analizar para el territorio vizcaíno. En Bizkaia, parte de la población que se desplazó a los municipios rurales conservó su puesto de trabajo en el municipio de origen, viéndose obligada a realizar desplazamientos más largos (véase capítulo 2).

Por último, las **características de los sistemas de transporte** también han sido analizadas por algunos autores como Holtzclaw, *et al.* (2002) o Camagni *et al.* (2002a, 2002b), quienes demostraron una relación significativa entre el tiempo de los desplazamientos y la accesibilidad a diferentes tipos de transporte público.

Teniendo en cuenta estos resultados, se plantean las siguientes hipótesis específicas de trabajo en relación a los factores que explican las diferencias locales en el tiempo promedio de los desplazamientos al lugar de trabajo en Bizkaia en el año 2001:

- El descenso de la densidad de población, de la mezcla funcional y de la concentración de la población dentro del municipio aumentan las distancias recorridas, incrementando el tiempo empleado en los desplazamientos.
- En Bizkaia, aquellos municipios con mayor nivel de renta y que experimentaron un fuerte crecimiento demográfico en la década 1991-2001, de población con ciertas características socioeconómicas (familias con hijos, de elevado nivel cultural y económico, que habitan en viviendas unifamiliares) muestran un patrón de urbanización fuertemente ligado a desplazamientos largos y principalmente en vehículo privado.

5.2.2 Metodología

La relación entre la duración de los desplazamientos y los factores explicativos relacionados con el uso del suelo, las condiciones socioeconómicas de la población y las características de los sistemas de transporte será evaluada mediante un análisis de regresión múltiple, con el fin de determinar la magnitud relativa del efecto de cada factor sobre el tiempo promedio de los viajes al lugar de trabajo.

Se utilizarán datos georeferenciados de corte transversal, por lo que se hará uso de las técnicas adecuadas para el análisis exploratorio de los datos espaciales y de los modelos econométricos espaciales anteriormente mencionados en el capítulo 3 y en la primera parte de este capítulo.

Los indicadores utilizados para medir el tiempo de los desplazamientos se exponen a continuación.

EL TIEMPO PROMEDIO DE LOS DESPLAZAMIENTOS AL LUGAR DE TRABAJO

Los indicadores para medir el tiempo promedio de los desplazamientos se han basado en los utilizados para construir el índice de impacto ambiental de la movilidad (ver capítulo 4, pp. 176-180). Inicialmente, los desplazados se han clasificado en cuatro categorías: ocupados desplazados en transporte privado como conductor, ocupados desplazados en transporte privado como pasajero, ocupados desplazados en transporte público y ocupados desplazados en bicicleta o a pie. Dentro de cada categoría, se ha calculado el tiempo promedio (minutos) que emplean los ocupados en sus desplazamientos, de la siguiente forma: a los desplazamientos inferiores a 20' se les ha asignado una duración de 10 minutos; a los de 21' - 45' se les ha asignado 33 minutos; y a los de más de 45' se les ha asignado 60 minutos. Dividiendo el tiempo total entre el número de personas de cada categoría se ha obtenido el tiempo promedio de un desplazamiento en cada categoría.

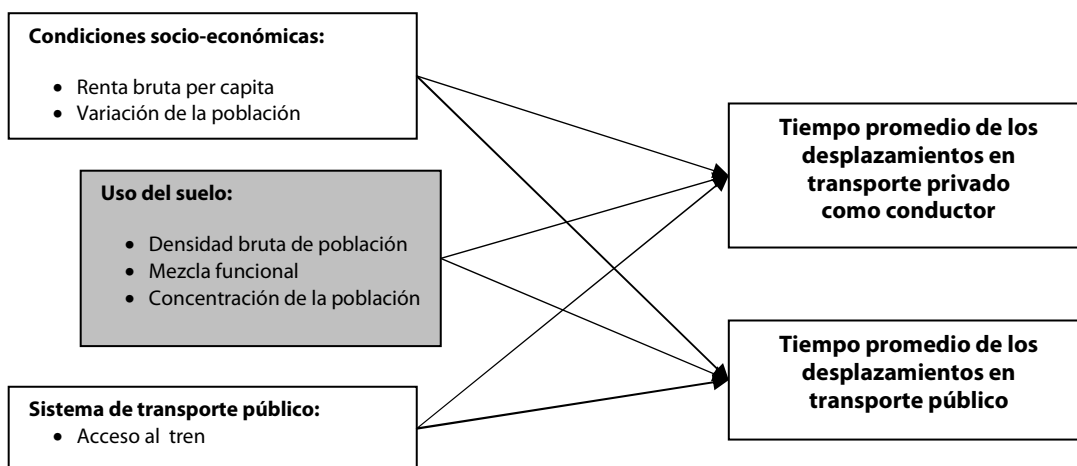
Tal como se definió el índice de impacto de la movilidad en el capítulo 4, la ponderación asignada a los ocupados desplazados en vehículo privado como pasajero y a los desplazados en bicicleta o a pie es cero, por lo que las variaciones en la duración de los mismos no tienen ningún efecto en la intensidad del impacto ambiental de la movilidad. Por lo tanto, en el análisis econométrico únicamente se consideran los siguientes indicadores del tiempo promedio de los desplazamientos en cada municipio, definidos en la tabla 5.10:

1. *el tiempo promedio de los desplazamientos en transporte privado como conductor, y*
2. *el tiempo promedio de los desplazamientos en transporte público.*

Tabla 5.10: Definición de los indicadores del tiempo de los desplazamientos

VARIABLE (ABREVIATURA)	DEFINICION	AÑO	FUENTE ESTADISTICA
Tiempo promedio de los desplazamientos en transporte privado como conductor (TIEMPRIVC)	Es el tiempo promedio (minutos) que emplean los ocupados en sus desplazamientos conduciendo un vehículo privado (coche, furgoneta y moto). A los desplazamientos inferiores a 20' se les ha asignado una duración de 10 minutos; a los de 21' - 45' se les ha asignado 33 minutos; y a los de más de 45' se les ha asignado 60 minutos. Dividiendo el tiempo total entre el número de personas que se desplazan conduciendo un vehículo privado, se ha obtenido el tiempo promedio de un viaje en transporte privado como conductor para cada municipio.	2001	Censo de Población y Viviendas
Tiempo promedio de los desplazamientos en transporte público (TIEMPUB)	Es el tiempo promedio (minutos) que emplean los ocupados en sus desplazamientos en transporte público (autobús, tren, metro o tranvía), para lo que se ha repetido el método utilizado en el caso del transporte privado.	2001	Censo de Población y Viviendas

Figura 5.3: Variables utilizadas en la explicación del tiempo de desplazamiento al lugar de trabajo en los municipios de Bizkaia



FUENTE: Elaboración propia.

El comportamiento de los dos indicadores del tiempo promedio de los desplazamientos será explicado a través de las mismas variables seleccionadas a lo largo de esta investigación (ver figura 5.3). Es decir, factores relacionados con las características de uso del suelo, tales como la *densidad bruta de población*, la *mezcla funcional* y el *índice de concentración de la población*; las características

socioeconómicas de los habitantes de Bizkaia medidas a través de su *renta per capita*, poniendo especial atención en la población que ha emigrado hacia los entornos más rurales, a través de la variable *variación de la población*; finalmente, las características de los sistemas de transporte por medio de la introducción de la variable *acceso al tren*.

5.2.3 Análisis estadístico de la base de datos del tiempo de los desplazamientos

La base de datos que utilizaremos en esta parte del estudio constará de 110 observaciones para las variables *tiempo promedio de los desplazamientos en vehículo privado como conductor*, el número de municipios existentes en Bizkaia en el año 2001 sin considerar Urduña; y 107 observaciones para la variable *tiempo promedio de los desplazamientos en transporte público*, ya que se han eliminado aquellos municipios en los que no se ha realizado ningún desplazamiento en este tipo de transporte.

La fuente principal para la información estadística sobre movilidad (ocupados desplazados diariamente a su lugar de trabajo, por medio de transporte y tiempo de desplazamiento) sigue siendo el último Censo de Población y Viviendas elaborado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en 2001. La procedencia del resto de la información ya ha sido detallada en el apartado 4.3.1.

La tabla 5.11 recoge los valores medios, máximos y mínimos de los indicadores del tiempo de los desplazamientos en los diferentes medios de transporte. Se puede observar que el tiempo promedio de un desplazamiento en vehículo privado es cercano a los 23 minutos. En el caso de los viajes en transporte público, duran como media aproximadamente 33 minutos. Este resultado puede ser debido a que el vehículo privado es más eficiente en cuanto al tiempo consumido o a que es el preferido para realizar desplazamientos más cortos.

Tabla 5.11: Descripción de los indicadores del tiempo de los desplazamientos

Variable	Nº de observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
TIEMPRIVC	110	22,7207	5,1186	13,5375	40,3810
TIEMPUB	107	33,5708	10,1056	10,0000	60,0000

Fijándonos en los valores extremos, el tiempo promedio más corto de los desplazamientos en vehículo privado como conductor es de algo más de 13 minutos y

se observa en Izurtza, mientras que el más largo supera en promedio los 40 minutos y corresponde a Lanestosa, municipio que no cuenta con otra alternativa de transporte motorizado. En cuanto a los desplazamientos en transporte público, la duración promedio oscila entre los 10 minutos de Garai, Aulesti, Errigoiti y Ubide, y los 60 minutos de Ispaster y Nabarniz.

La tabla 5.12 presenta los coeficientes de correlación entre los indicadores del tiempo promedio del viaje y las variables explicativas. El coeficiente de correlación que muestra un mayor grado de asociación lineal es el que relaciona las variables *mezcla funcional* y *tiempo promedio en vehículo privado como conductor* (-0,6040). Asimismo, el coeficiente de correlación entre las dos variables dependientes es positivo, lo que muestra que los municipios con desplazamientos más largos en un tipo de medio de transporte tienden a mostrar desplazamientos de mayor duración también en el resto de desplazamientos debido, seguramente, a la influencia de la distancia a los centros de trabajo. Llama la atención los valores que toman los coeficientes de correlación entre el *tiempo promedio en transporte público* y los factores explicativos seleccionados por el estudio, que muestran un grado de asociación lineal muy bajo entre ellos.

Tabla 5.12: Coeficientes de correlación

Variable	TIEMPRIVC	TIEMPUB
<i>TIEMPRIVC</i>	1,0000	
<i>TIEMPUB</i>	0,3217	1,0000
<i>DEN (ln)</i>	-0,0488	-0,1106
<i>MEZC (ln)</i>	-0,6040	-0,1164
<i>CONC</i>	-0,1288	-0,1173
<i>RENTA</i>	0,0646	0,0464
<i>VPOB</i>	0,1809	-0,0042
<i>TREN</i>	-0,0652	-0,0940

5.2.4 Análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE)

A continuación se analizará la posible estructura de dependencia espacial que puede existir en cada una de las variables de interés: el *tiempo promedio de los desplazamientos en transporte privado como conductor* y el *tiempo promedio de los desplazamientos en transporte público*.

Para ello se recurre a las herramientas del AEDE, tales como los mapas de cuantiles, el diagrama de dispersión de Moran y los mapas *LISA*. Una vez más, esta información se

completa con el listado de cinco municipios con valores extremos (altos/bajos) para cada variable endógena. Los resultados se muestran en las tablas 5.13 y 5.14.

MAPAS DE CUANTILES Y DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN DE MORAN

El mapa de cuantiles de la variable *tiempo promedio de los desplazamientos en transporte privado como conductor* mostrado en la tabla 5.13 refleja la presencia de grupos de municipios contiguos con valores similares, indicando la posible presencia de dependencia espacial. Sin embargo, el mapa de cuantiles de la variable *tiempo promedio de los desplazamientos en transporte público* presenta todo tipo de situaciones, tanto grupos de municipios contiguos con valores similares, como todo lo contrario (ver tabla 5.14).

Este resultado se confirma el valor del test I de Moran de la variable *tiempo promedio de los desplazamientos en transporte privado como conductor*, que es positivo ($I=0,3277$) y significativo, confirmando la presencia de autocorrelación espacial positiva. Ello indica una tendencia al agrupamiento geográfico de los municipios en los que los desplazamientos en transporte privado tienen mayor duración, por un lado, y de municipios en los que este tipo de desplazamientos duran menos, por otro. Sin embargo, el diagrama de dispersión de Moran de la variable *tiempo promedio de los desplazamientos en transporte público* muestran un I de Moran cercano a cero ($I=0,0552$) y no significativo, indicando la no existencia de autocorrelación espacial global.

MAPAS LISA

En el mapa LISA de la variable *tiempo promedio de los desplazamientos en transporte privado como conductor*, única que muestra la presencia de dependencia espacial, se puede apreciar que las agrupaciones de municipios con una significativa concentración de altos índices de desplazamientos largos en transporte privado están situadas cerca de Artzentales, Lemoiz, Ibarangelu y Ereño (en rojo), municipios en los que más del 70% de sus ocupados se desplazan a trabajar fuera de sus localidades de residencia, a destinos situados a cierta distancia, muchos de ello en los alrededores de Bilbao. Destaca la gran concentración de municipios con desplazamientos cortos en transporte privado en las comarcas de Lea-Artibai y Duranguesado en el extremo oriental de la provincia (en azul oscuro), desplazamientos cortos que en este caso pueden reflejar cierta desvinculación con la capital, debido a la distancia a la que se encuentran. Diferente es el caso de los municipios que rodean Loiu, en los que la corta duración de los viajes puede ser debido a su cercanía de Bilbao.

Tabla 5.13: Tiempo promedio de los desplazamientos en transporte privado como conductor, Bizkaia 2001.

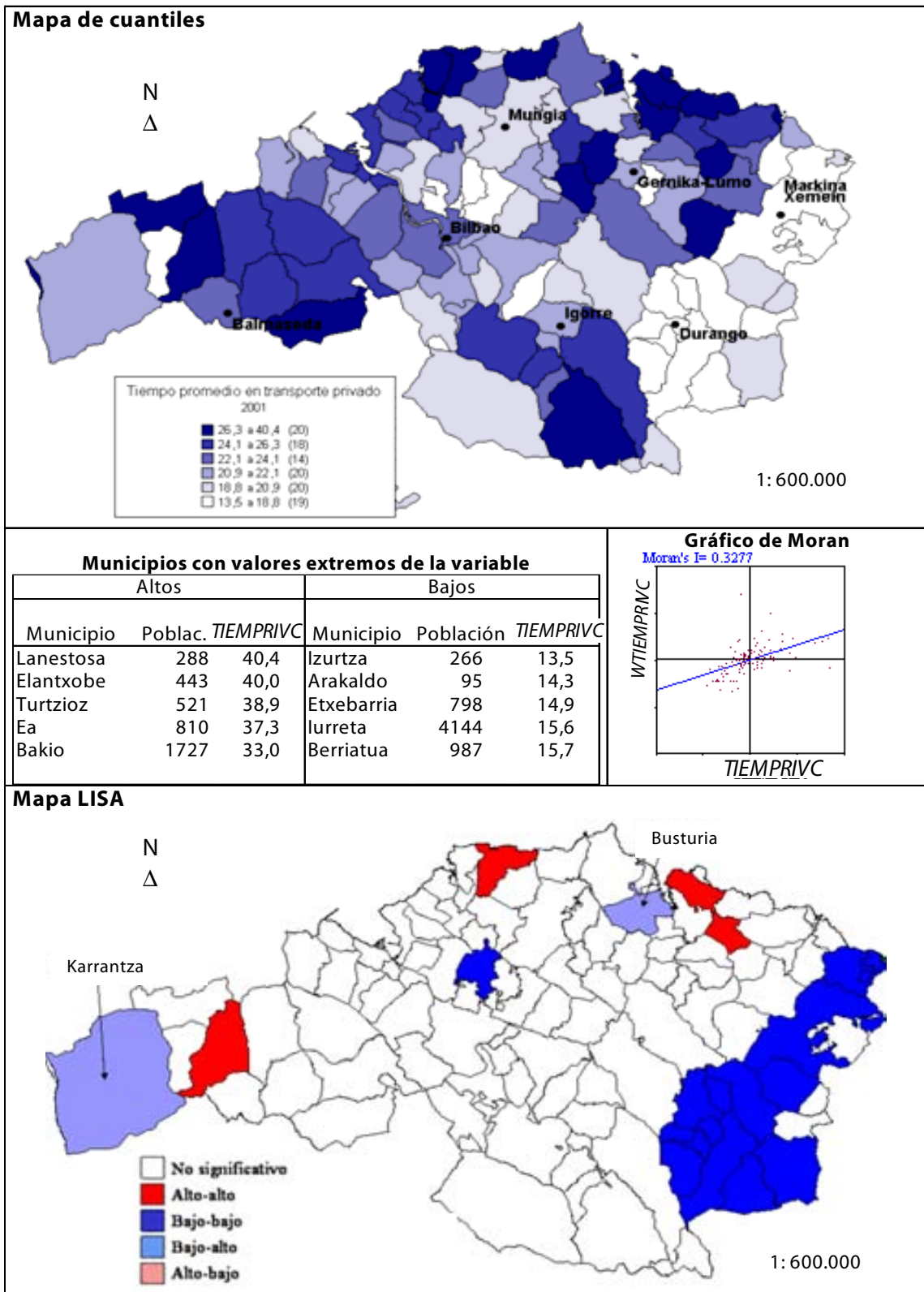
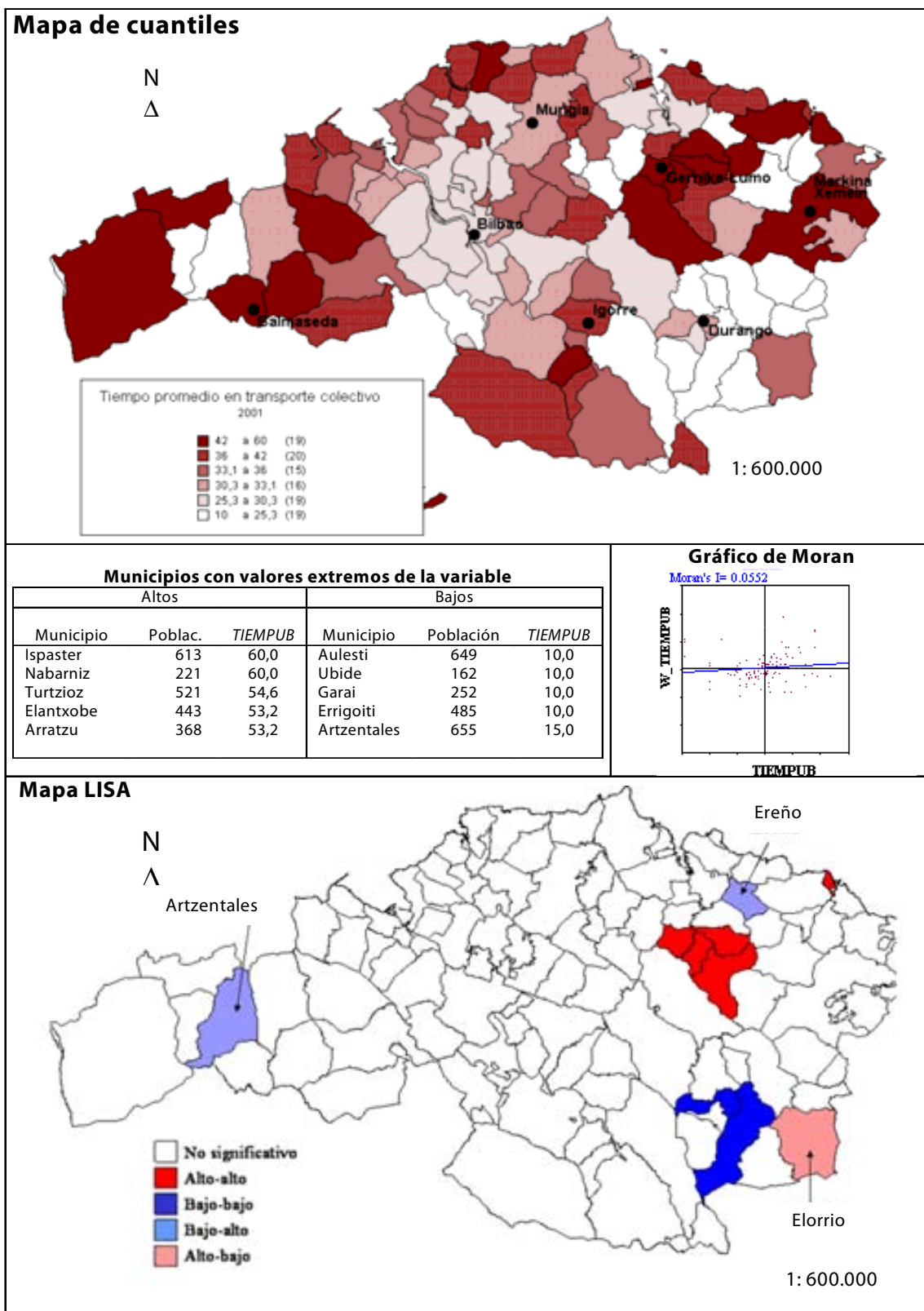


Tabla 5.14: Tiempo promedio de los desplazamientos en transporte público, Bizkaia 200.



Unicamente se detectan dos municipios atípicos, con desplazamientos cortos en transporte privado, rodeados de municipios con tiempos más prolongados (en azul claro): Karrantza (21 minutos), en cuyo entorno se encuentran Turtzioz (39') y Artzentales (32'); o Busturia (21'), rodeado de Sukarrieta (30'), Errigoiti (28') y Mundaka (27') (ver tabla 5.13).

5.2.5 Modelos econométricos para el tiempo de los desplazamientos

Una vez analizada la base de datos y teniendo en cuenta el marco teórico establecido en la figura 5.3, se proponen los siguientes modelos econométricos para determinar el tiempo promedio de los desplazamientos en base a las mismas variables explicativas utilizadas a lo largo de todo el estudio:

1. Tiempo promedio de los desplazamientos en vehículo privado:

$$\begin{aligned}
 TIEMPRIVC_i = & \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln DEN_i + \beta_2 \cdot \ln MEZC_i + \beta_3 \cdot CONC_i + \beta_4 \cdot TPUB_i + \beta_5 \cdot RENTA_i \\
 & + \beta_6 \cdot VPOB_i + u_i \qquad \qquad \qquad i = 1, 2, \dots, 110 \qquad [5.7]
 \end{aligned}$$

donde $TIEMPRIVC_i$ es el tiempo promedio empleado por los ocupados para desplazarse al trabajo en transporte privado en el municipio i en 2001.

2. Tiempo promedio de los desplazamientos en transporte público:

$$\begin{aligned}
 TIEMPUB_i = & \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln DEN_i + \beta_2 \cdot \ln MEZC_i + \beta_3 \cdot CONC_i + \beta_4 \cdot TPUB_i + \beta_5 \cdot RENTA_i \\
 & + \beta_6 \cdot VPOB_i + u_i \qquad \qquad \qquad i = 1, 2, \dots, 107 \qquad [5.8]
 \end{aligned}$$

donde $TIEMPUB_i$ el tiempo promedio empleado por los ocupados para desplazarse al trabajo en transporte público en el municipio i en 2001.

Además, en los modelos [5.7] y [5.8] u_i es un término de perturbación aleatoria normalmente distribuido, homocedástico y no correlacionado.

En cuanto a la especificación de la forma funcional, el análisis gráfico de la relación entre los factores explicativos y las variables endógenas no muestran una clara relación entre la mayoría de ellas, por lo que se recurre a la misma especificación que

se ha utilizado tanto en el capítulo 4 como en el apartado 5.1 (véase gráficos V.1 y VI.1 de los anexos V y VI).

Ante la falta de una hipótesis *a priori* respecto a la especificación del modelo econométrico con autocorrelación espacial, partimos de la estimación de los modelos [5.7] y [5.8] por MCO, cuyos resultados se recogen en la tabla 5.15.

Tabla 5.15: Estimación de los modelos [5.7] y [5.8] por MCO

Variable dependiente	Modelo [5.7] <i>TIEMPRVC</i>		Modelo [5.8] <i>TIEMPUB</i>	
	β	p	β	p
Variables Independientes				
<i>constante</i>	19,7774	0,000	33,2181	0,000
<i>ln DEN</i>	-0,0508	0,884	-0,2453	0,775
<i>ln MEZC</i>	-3,5686	0,000	-1,1656	0,348
<i>CONC</i>	0,0067	0,756	-0,0301	0,579
<i>RENTA</i>	-0,1716	0,510	0,2329	0,724
<i>VPOB</i>	0,0331	0,285	-0,0341	0,656
<i>TREN</i>	-0,0802	0,939	-0,5617	0,831
Nº de observaciones	110		107	
R ²	0,3735		0,0286	
Diagnóstico de la regresión:				
Multicolinealidad: Índice de condición	Factor de inflación de la varianza (VIF) promedio: 1,50			
Normalidad errores: Shapiro- Wilk W test	Estad.	p	Estad.	p
	0,9329	0,000	0,9681	0,011
Heterocedasticidad: Test Breusch-Pagan White	16,71	0,000	20,76	0,000
	53,29	0,001	29,96	0,269
Diagnóstico de dependencia espacial H₀: No autocorrelación espacial				
Perturbación correlacionada espacialmente: H ₀ : no autocorrelación espacial ($\lambda=0$)				
<i>I_λ</i> <i>LM_λ</i> <i>LM*_λ</i>	Estad.	p	Estad.	p
	1,053	0,292	-	-
	0,416	0,519	0,828	0,363
	16,223	0,000	1,239	0,266
Retardo espacial: H ₀ : no autocorrelación espacial ($\rho=0$)				
<i>LM_ρ</i> <i>LM*_ρ</i>	Estad.	p	Estad.	p
	9,284	0,002	0,276	0,599
	25,092	0,000	0,687	0,407

Los modelos superan satisfactoriamente el test de multicolinealidad, no así el de normalidad, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula de que los errores de estos modelos están normalmente distribuidos. Asimismo, los diagnósticos para detectar la heterocedasticidad nos llevan a rechazar la hipótesis nula de errores homocedásticos en el modelo [5.7].

En lo que se refiere a la presencia de dependencia espacial, los tests de I de Moran y del Multiplicador de Lagrange para la detección de la autocorrelación espacial son sensibles a la no normalidad de los residuos, lo que obliga a analizar los resultados con cierta cautela. En el modelo [5.7], sólo la versión estándar del test LM_p resulta significativa ($p=0,002$), lo que lleva a rechazar la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación espacial sustantiva. En el modelo [5.8] ninguno de los contrastes para detectar la presencia de autocorrelación espacial resulta significativo, por lo que no se rechazan las hipótesis nulas de ausencia de autocorrelación espacial sustantiva y residual, en cuyo caso no es necesaria la reespecificación de los modelos (ver tabla 5.15).

En consecuencia, se puede considerar que el modelo de regresión lineal [5.8] estimado por MCO es adecuado para explicar la variable *tiempo promedio de los desplazamientos en transporte público*. Sin embargo, la presencia de autocorrelación espacial sustantiva en el modelo [5.7] obliga a su reespecificación, con el fin de incorporar este tipo de dependencia introduciendo un retardo espacial de la variable endógena, lo que se conoce como modelo del retardo espacial (ver capítulo 3). Los resultados de la estimación del modelo del retardo espacial recogidos en el anexo V muestran que la introducción del retardo espacial de la variable endógena no elimina totalmente la dependencia espacial en el modelo (véase el gráfico de dispersión de Moran de los residuos, representado en la tabla V.2 del anexo V). En consecuencia, se opta por incorporar de manera simultánea ambos tipos de dependencia espacial, sustantiva y residual, y se procede a reespecificar el modelo [5.7] como un modelo híbrido espacial (ver capítulo 3):

Tiempo promedio en vehículo privado como conductor:

$$\begin{aligned}
 TIEMPRIVC_i = & \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln DEN_i + \beta_2 \cdot \ln MEZC_i + \beta_3 \cdot CONC_i + \beta_4 \cdot RENTA_i + \beta_5 \cdot VPOB_i \\
 & + \beta_6 \cdot TREN_i + \beta_7 \cdot WLN DEN_i + \beta_8 \cdot WLN MEZC_i + \beta_9 \cdot WCONC_i + \beta_{10} \cdot WRENTA_i \\
 & + \beta_{11} \cdot WVPOB_i + \beta_{12} \cdot WTREN_i + u_i \qquad \qquad \qquad i = 1, 2, \dots, 110 \quad [5.9]
 \end{aligned}$$

donde: $u_i = \lambda \cdot W.u_i + e_i$;

λ es el parámetro autorregresivo asociado al retardo Wu_i ; y

$WLNDEN_i$, $WLNMEZC_i$, $WCONC_i$, $WRENTA_i$, $WVPOB_i$ y $WTREN_i$ son los retardos de las variables explicativas, es decir, el promedio ponderado del valor que toma cada variable en el conjunto de municipios definidos como contiguos al municipio i por la matriz W . Asimismo, W representa la matriz de pesos espaciales de contigüidad física de primer orden estandarizada descrita en el capítulo 4; u_i es un término de perturbación aleatoria distribuida según un proceso AR(1); y e_i es un término de error normalmente distribuido, homocedástico y no autocorrelacionado.

La introducción de los retardos espaciales hace que los estimadores MCO no sean los adecuados, por lo que se ha optado por estimar el modelo espacial [5.9] por máxima verosimilitud. Los resultados de la estimación recogidos en la tabla V.3 del anexo V muestran una vez más la presencia de heterocedasticidad en el modelo [5.9], lo que lleva a estimar su versión robusta, cuyos resultados se reflejan en la tabla 5.16.

Tabla 5.16: Estimación robusta del modelo híbrido [5.9] por MV
Variable dependiente: *TIEMPRIVC*

Variables independientes	Coeficientes	
<i>constante</i>	18,3279	**
<i>ln DEN</i>	0,4231	
<i>ln MEZC</i>	-2,3836	***
<i>CONC</i>	0,0100	
<i>RENTA</i>	0,2007	
<i>VPOB</i>	0,0080	
<i>TREN</i>	-0,2884	
<i>WLNDEN</i>	-0,9810	
<i>WLNMEZC</i>	-4,4339	***
<i>WCONC</i>	-0,0187	
<i>WRENTA</i>	-0,5217	
<i>WVPOB</i>	0,0084	
<i>WTREN</i>	4,8225	**
<i>Lambda</i>	0,0117	
Nº de observaciones	110	
Log.de verosimilitud	-287,3619	
Diagnóstico de la regresión:		
Multicolinealidad:	Factor de inflación de la varianza (VIF) promedio:	2,34
Heterocedasticidad:	Estadístico	P
H₀: Homocedasticidad Breusch-Pagan	61,5737	0,0000

NOTA: Significatividad estadística indicada por ***, ** y * para un nivel del 1%, 5% y 10% respectivamente.

El estadístico I de Moran para los residuos del modelo [5.9] es cercano a cero ($I = -0,0260$) y no significativo ($p = 0,4290$), lo que indica que se ha eliminado totalmente la autocorrelación espacial.

Pasando a interpretar los resultados, el modelo [5.8] revela que el *tiempo promedio de los desplazamientos en transporte público* para acudir al trabajo no depende significativamente de las variables explicativas seleccionadas por el estudio, tal como parecían indicar los coeficientes de correlación presentados en la tabla 5.12. En cambio, el modelo [5.9] muestra que el *tiempo promedio de los desplazamientos en vehículo privado* es mayor cuanto menor es la mezcla funcional del municipio y de las localidades vecinas, y en aquellos municipios rodeados de localidades con mayor acceso al transporte público. Es lógico pensar que, a menor oferta de trabajo en el municipio y en el entorno, mayor será la necesidad de desplazarse a destinos más alejados, alargando la duración del viaje. Por otro lado, la presencia de transporte público en el entorno cercano puede llevar a elegir el vehículo privado principalmente para realizar desplazamientos largos.

Analizando cada factor por separado, se observa que en el caso de Bizkaia la *densidad bruta de población* no es significativa en la explicación del tiempo promedio de los desplazamientos diarios al trabajo. Este resultado difiere del obtenido por estudios que han encontrado una relación positiva (Fouchier, 1998; Camagni *et al.*, 2002b) o negativa (Frank *et al.*, 2005) entre la densidad y la duración de los desplazamientos. Los primeros encontraron que los habitantes de algunos municipios con mayor densidad invertían más tiempo en sus desplazamientos y lo interpretaban como una consecuencia de la disminución de la velocidad debida a la congestión en las zonas urbanas densas y a una mayor participación del transporte público en estas áreas, medio de transporte menos eficiente en términos de tiempo. Sin embargo, Frank *et al.*, (2005) llegaron a la conclusión de que el incremento de la densidad reducía la duración de los desplazamientos al disminuir las distancias. Diversas investigaciones han demostrado la existencia de una relación negativa entre la densidad y la distancia recorrida en vehículo privado (VMT) (Newman y Kenworthy, 1989; Parsons *et al.*, 1996a, 1996b; Holtzclaw, 1994; Ewing, 1995; Cervero y Kockelman, 1997; Kockelman, 1997; Fouchier, 1998; Ewing *et al.*, 2002; Frank *et al.*, 2005; Pouyanne, 2005; TCRP, 2002; Rodrigue *et al.*, 2009). Podría suponerse que una distancia más larga está relacionada con una mayor duración del desplazamiento e interpretar que esta relación negativa observada en estos estudios entre densidad y distancia recorrida es trasladable a la relación densidad - tiempo del viaje. Sin embargo, la duración del desplazamiento no depende únicamente de la distancia, sino también de la velocidad, impuesta muchas veces por las condiciones del tráfico (como en el caso de la congestión), por lo que los resultados no son totalmente comparables.

Entre las variables explicativas seleccionadas por el estudio para caracterizar los usos del suelo, sólo la *mezcla funcional* tiene un efecto significativo en la explicación del tiempo promedio de los viajes en coche. Cuanto mayor es la mezcla funcional del municipio, es decir, cuanto mayor es la posibilidad de encontrar una oportunidad de trabajo en el mismo municipio de residencia, menor es el tiempo de desplazamiento en coche. En concreto, si duplicamos el ratio empleos/residentes del municipio (es decir, incrementa un 100%), el tiempo promedio de un viaje en vehículo privado disminuye 2,4 puntos. Este resultado está en concordancia con el obtenido por Camagni *et al.* (2002b) y Frank *et al.* (2005). Otros autores observaron que un incremento en el grado de diversidad funcional reduce la distancia recorrida en vehículo privado (Ewing *et al.*, 2002; Frank *et al.*, 2005; Pouyanne, 2005 entre otros). Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, no existe una relación directa entre la distancia recorrida y el tiempo del desplazamiento.

Asimismo, el análisis confirma que el *tiempo promedio de los desplazamientos en vehículo privado* en un determinado municipio depende en cierta medida de la oferta de trabajo en los municipios contiguos. Si el ratio empleos/residentes se duplica en los municipios contiguos, el tiempo de los desplazamientos en coche particular se reduce en 4,46 minutos. Cuantas más oportunidades de trabajo encuentren en las localidades cercanas, más cortos serán los desplazamientos en coche.

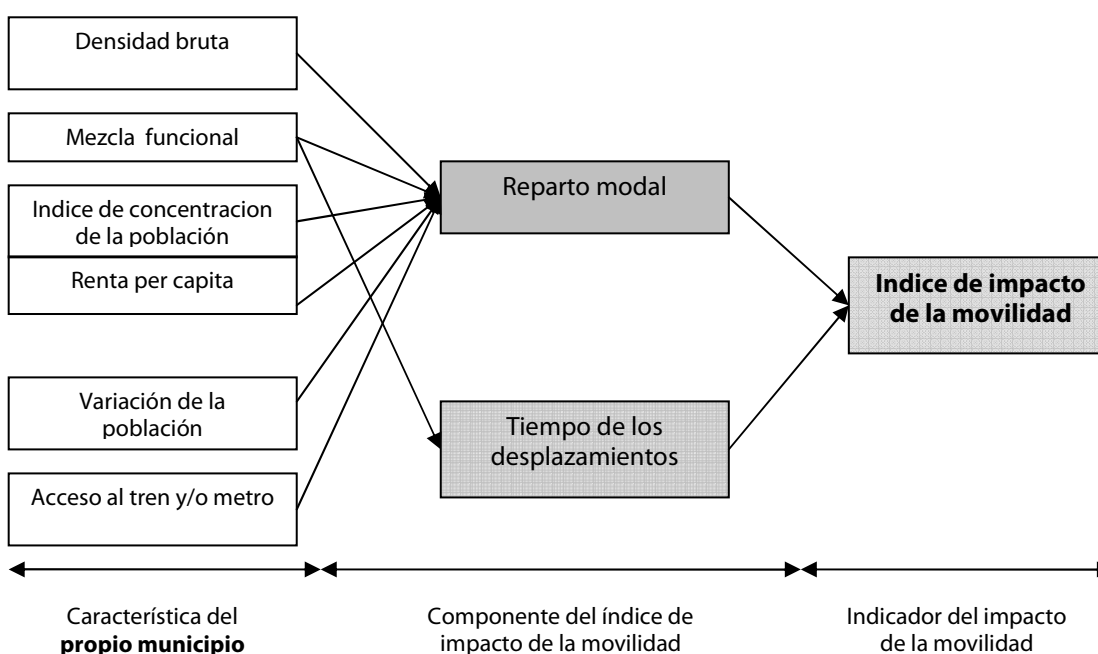
Por otro lado, en el caso de Bizkaia las características socioeconómicas de la población parecen no influir significativamente en el tiempo de los viajes. Otras investigaciones han demostrado una relación positiva entre el nivel de *renta* y el tiempo y la distancia de los desplazamientos realizados en coche particular (Frank *et al.*, 2005). Asimismo, Camagni *et al.* (2002b) demostraron que la duración de los desplazamientos en general mostraba una relación positiva con la *variación de la población*, confirmando la existencia de un modelo de nueva urbanización ligada a desplazamientos más largos.

Por último, el *acceso al tren y/o metro* en los municipios contiguos se relaciona con una mayor duración de los desplazamientos en vehículo privado, que se podría justificar suponiendo que, en ese caso, el vehículo se utiliza principalmente para desplazamientos más largos. En concreto, en aquellos municipios rodeados de localidades con acceso al tren y/o metro, el tiempo promedio de los desplazamientos en transporte privado es casi 5 minutos superior.

5.3 Resultados del capítulo

La figura 5.4 resume los resultados obtenidos en este capítulo. En el capítulo 4, las características del desarrollo urbano descritas por la *densidad bruta de población*, la *mezcla funcional*, la *concentración de la población*, la *renta per capita* y la *variación de la población* resultaron estadísticamente significativas a la hora de explicar la variabilidad del índice de impacto ambiental de la movilidad en los municipios de Bizkaia en el 2001. Pero en este capítulo hemos podido constatar que estos factores no afectan de la misma manera a los diferentes componentes del índice de impacto.

Figura 5.4: Modelo teórico para el estudio de la relación entre características del municipio y los componentes del impacto de su movilidad en Bizkaia



La *densidad bruta de población* de un determinado municipio influye en la intensidad del impacto de su movilidad a través de su efecto sobre el reparto modal, pero no en el tiempo de los desplazamientos. A mayor densidad, mayor es la proporción de personas que se desplazan en transporte público, en bicicleta o a pie y menor la de aquellos que se deciden por utilizar el vehículo privado, disminuyendo la intensidad del impacto de la movilidad.

La *mezcla funcional* es el único factor que influye significativamente tanto en el reparto modal, como en el tiempo promedio de los desplazamientos. En concreto, afecta a la proporción de desplazamientos en vehículo privado como conductor y al tiempo

promedio de los mismos. A medida que aumenta el ratio empleos/residentes, es decir, a medida que disminuye el carácter residencial del municipio, disminuye la proporción de ocupados que se desplazan a su lugar de trabajo en coche y se reduce el tiempo promedio estos viajes, debido a la cercanía de los trabajos. Por esta vía, una mayor diversidad funcional disminuye la intensidad del impacto de la movilidad.

La *concentración de la población*, es decir, su distribución espacial dentro del municipio parece tener una influencia significativa únicamente en el reparto modal y no en la duración de los desplazamientos. En concreto, afecta a la proporción de ocupados desplazados en transporte privado como conductor, en bicicleta o a pie. Una mayor concentración de los habitantes de una localidad (es decir, una proporción más elevada de personas que habitan en la entidad mayor del municipio), disminuye la proporción de ocupados que utilizan el coche y favorece los desplazamientos en bicicleta o a pie, reduciendo la intensidad del impacto de la movilidad.

Un mayor nivel de *renta per capita* se relaciona con un uso más frecuente del vehículo privado y menos desplazamientos en bicicleta o a pie, afectando al reparto modal. Sin embargo, en el caso de Bizkaia, no influye significativamente ni en la decisión de elegir el transporte público ni en el tiempo promedio de los desplazamientos. Al favorecer el uso del coche y limitar los traslados en bicicleta o a pie, mayores niveles de renta implicarán un impacto ambiental de la movilidad superior.

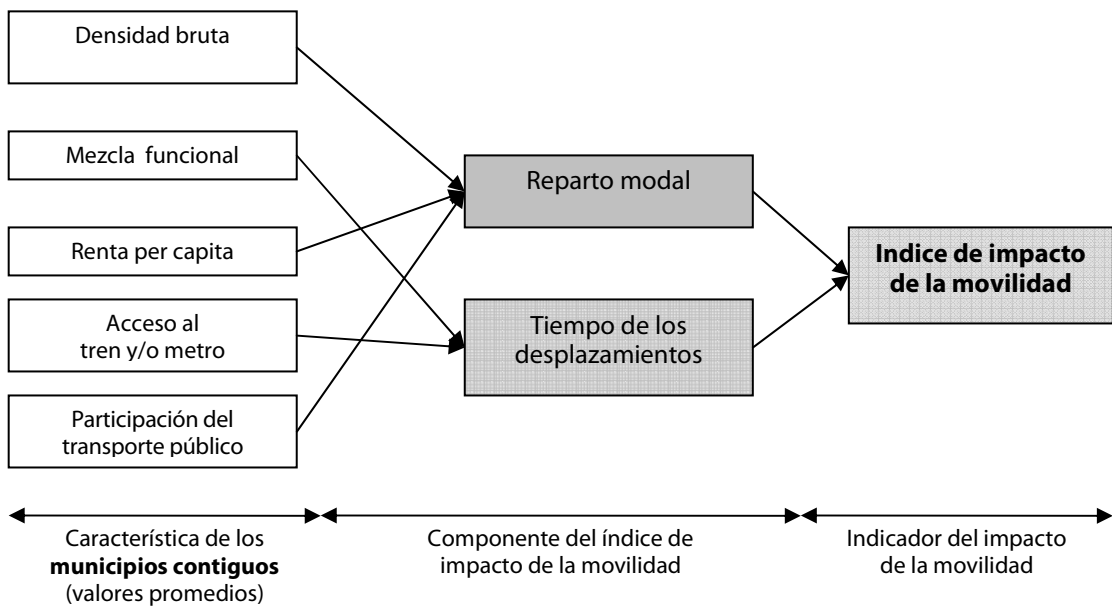
La *variación de la población* afecta al índice de impacto de la movilidad a través de su influencia en el reparto modal. Las altas tasas de crecimiento de la población se asocian generalmente a la existencia de áreas de reciente expansión, típicamente dispersas, que utilizan principalmente en vehículo privado en sus desplazamientos al trabajo. Por este motivo, aquellos municipios que experimentaron un mayor crecimiento demográfico en Bizkaia en la década de los 90 muestran una mayor proporción de ocupados que utilizan el coche, y en menor medida la bicicleta o los traslados a pie. De esta forma, las altas tasas de crecimiento demográfico se asocian a mayores índices de impacto de la movilidad.

El *acceso al tren* influye en el reparto modal pero no en el tiempo promedio de los desplazamientos. Un mayor acceso al transporte público aumenta la proporción de personas que utilizan este tipo de transporte en sus desplazamientos al trabajo y disminuye el porcentaje de ocupados que se deciden por el coche.

Es importante destacar que la elección del medio de transporte y el tiempo promedio de los viajes en transporte privado dependen, no sólo de las características del propio municipio, sino también en cierta medida de las características de los municipios

contiguos, resultado a tener en cuenta si se pretende influir en el comportamiento de estos componentes del impacto de la movilidad (ver figura 5.5).

Figura 5.5: Modelo teórico para el estudio de la relación entre características de los municipios vecinos y los componentes del impacto de la movilidad de cada municipio en Bizkaia



Así, un incremento del promedio de la *densidad bruta de población* de los municipios contiguos reduce el peso de los desplazamientos en bicicleta o a pie en el reparto modal. Otra característica del entorno que influye en el patrón de movilidad de un municipio determinado es la *mezcla funcional*, que reduce el tiempo promedio de los desplazamientos en coche. Además, una *renta per capita* promedio más elevada en las localidades vecinas favorecerá el uso del coche privado. Asimismo, un mayor *acceso al tren y/o metro* en las localidades vecinas se relaciona positivamente con el tiempo de los desplazamientos en vehículo privado, que se utilizará para desplazamientos más largos. Por último, la participación del transporte público en los municipios contiguos favorece la elección de esta opción en un municipio determinado.

Llama la atención la falta de relación entre el *tiempo promedio de los desplazamientos en transporte público* y las variables elegidas por el estudio. En cuanto a los factores de uso del suelo, se podría justificar por el fuerte peso del ferrocarril y del metro en el transporte público, cuyas líneas atraviesan y dan servicio a municipios de características muy diferentes. Para el transporte ferroviario puede ser más importante

la población de los principales municipios atravesados por la línea o la población total atendida a lo largo del recorrido, más que las características de cada localidad. Lo mismo puede ocurrir con el servicio interurbano de autobús. Sin embargo, en el caso de autobuses que circulan por la autopista, podría depender de las características de los municipios de origen y destino.

En resumen, los factores considerados en la investigación son más relevantes en el reparto modal que en la duración de los desplazamientos al lugar de trabajo.

CAPITULO 6

Conclusiones finales

6.1 Principales resultados y conclusiones

Una vez finalizado el estudio, llega el momento de recoger en este capítulo final los principales resultados y conclusiones que se han ido plasmando a lo largo del documento. Antes de proceder a esta tarea, conviene recordar que el objeto fundamental de esta tesis doctoral consistía en determinar si existe una relación significativa entre los factores que describen las características del desarrollo urbano que experimentaron los municipios de Bizkaia en la década de los años 90 y las diferencias en los patrones de movilidad generada en cada municipio y, en consecuencia, en su impacto ambiental. En función de los resultados obtenidos, se pretenden señalar aquellos factores sobre los que se podría actuar a la hora de diseñar políticas orientadas a la gestión sostenible de la movilidad urbana.

La consecución de este objetivo general exige, como primer paso, establecer el marco teórico y decidir la forma de abordar el estudio de caso planteado por la tesis. Para ello, se ha realizado una extensa revisión bibliográfica a partir de la cual se ha llegado al reconocimiento de que la ciudad actual es el resultado de un largo proceso y su transformación ha estado estrechamente ligada a los avatares sociales, a los cambios tecnológicos y, en particular, al desarrollo de los medios de transporte. En este dilatado proceso de formación de las ciudades, se distinguen tres etapas fundamentales:

1. *Desde sus orígenes hasta la Revolución Industrial*, etapa en la que, debido a la precariedad de los medios de transporte, la ubicación y el tamaño de estas

primeras ciudades estaban determinados por los límites marcados por el suministro de agua y la proximidad a suelos agrícolas fértiles. Estos núcleos urbanos se caracterizaban por estar separados entre sí y por ser de carácter eminentemente agrícola, defensivo o mercantil, según la época.

2. *Desde la Revolución Industrial hasta la segunda mitad del siglo XX*, fase en la que se descubren nuevas fuentes de energía (carbón y electricidad), se implantan los primeros tendidos ferroviarios y se inventa el motor de explosión, lo que propició el desarrollo del transporte público intraurbano. Estos cambios permitieron el alejamiento entre el lugar de residencia y el de trabajo, sentando las bases para las siguientes etapas de progresiva expansión y disgregación de la ciudad. Aunque las ciudades inician un proceso de crecimiento ilimitado, todavía se diferencian con nitidez del entorno rural.
3. *La ciudad de la segunda mitad del siglo XX*, caracterizada por un desarrollo urbano disperso, una baja densidad residencial y una relocalización de los servicios urbanos dirigidos a la población, que comienzan a situarse fuera de la ciudad. Todo ello genera una mayor necesidad de desplazamiento en transporte motorizado para realizar cualquier tipo de actividad, con una fuerte dependencia del vehículo privado para cubrir estos trayectos. Esta ciudad ya no se distingue con claridad del espacio rural y provoca una serie de impactos socioeconómicos y ambientales que ponen en peligro su sostenibilidad a lo largo del tiempo.

La preocupación por la sostenibilidad de la ciudad actual se ha visto reflejada en una serie de reflexiones, entre las que predominan aquellas que han dado lugar a lo que se conoce como *New Urbanism*. Este movimiento apoya la necesidad de adoptar políticas de planificación sectorial y espacial para contener la expansión urbana, como medio para resolver los problemas originados por la dispersión, entre los que destaca la presencia de una creciente movilidad basada fundamentalmente en el vehículo privado. Frente a la ciudad difusa, con espacios monofuncionales y paraíso de la movilidad, propone la ciudad compacta y diversa, que permita un fácil acceso a los servicios y a las funciones de la vida cotidiana, sea por su proximidad o por la existencia de una red de transporte público eficiente que compita con ventaja frente al vehículo privado.

Este mismo interés por la sostenibilidad del modelo de desarrollo urbano en general, y de la movilidad en particular, ha generado en las últimas décadas un número elevado de estudios empíricos que examinan una o varias hipótesis acerca de los efectos esperados de algún factor de uso del suelo sobre la movilidad, sin que exista consenso a la hora de determinar cuáles son los factores que tienen un mayor impacto potencial en los desplazamientos, ni sobre la naturaleza de este impacto. En las primeras

investigaciones, la densidad, en sus diferentes versiones, y la mezcla funcional fueron las variables más utilizadas como herramientas útiles para controlar los desplazamientos. En 1997 Cervero y Kockelman definieron las conocidas 3D, Densidad, Diversidad y Diseño, como factores de uso del suelo con mayor impacto sobre el modelo de movilidad, lista que se ha ampliado a cinco en la actualidad, las 5D, añadiendo aspectos relacionados con la accesibilidad de los destinos y del transporte público. Sin embargo, numerosas investigaciones recientes que aportan abundante evidencia empírica del efecto significativo de las 5D en las características de la movilidad reconocen también la importancia de otros factores en la explicación del comportamiento de los desplazamientos. De esta forma, Polzin (2004) presenta un modelo conceptual en el que agrupa estos elementos en tres áreas principales: factores de uso del suelo, factores socioeconómicos y factores relacionados con los sistemas de transporte.

En el marco de este modelo conceptual, nuestro estudio ha analizado la influencia de los factores de uso del suelo en la movilidad, teniendo en cuenta otro tipo de factores como son los socioeconómicos y los relacionados con el acceso al transporte público. Se ha elegido como área de estudio la provincia de Bizkaia, territorio que vivió en la década de los noventa un desarrollo urbano con ciertas características de un proceso de contraurbanización, experimentando al mismo tiempo un incremento importante de la movilidad. La presencia simultánea de ambos fenómenos, fundamentada estadísticamente en el capítulo 2, proporciona una oportunidad para comprobar una vez más si existe o no relación entre ellos, aportando evidencia empírica en uno u otro sentido.

El Territorio Histórico de Bizkaia, centro industrial y financiero de la Comunidad Autónoma de Euskadi, conoció el fenómeno de la dispersión territorial de la ciudad, siguiendo la tendencia experimentada primero en Estados Unidos y posteriormente en Europa. Desde finales del siglo XIX hasta los años 70, este territorio fue pionero en el desarrollo industrial, basado en la minería, la siderurgia y la metalurgia. El fuerte desarrollo industrial atrajo a una gran población, especialmente a partir de 1950, lo que originó una creciente expansión urbana, principalmente en la capital y en las áreas industriales, a costa de un grave deterioro ambiental. En aquella etapa, la industria fue el principal motor del proceso de urbanización.

A finales de los años setenta y en la década de los ochenta la industria tradicional vizcaína sufrió una profunda crisis, que transformó la base económica del territorio orientándola, ya en los años 90, fundamentalmente hacia los servicios y las actividades de alto nivel. La dinámica urbana también experimentó un cambio de signo, con una disminución de la migración del campo a la ciudad y la aparición de los

primeros signos de descentralización residencial y de desplazamiento de las actividades industriales hacia la periferia.

Los datos proporcionados por el Eustat apoyan la primera hipótesis de trabajo planteada por esta investigación en el capítulo introductorio, al demostrar estadísticamente que la expansión de las ciudades vizcaínas en los años 90 respondió a un patrón de desarrollo urbano disperso, caracterizado por una tendencia generalizada hacia la disminución de la densidad de edificación, sobre todo en los pequeños municipios rurales con disponibilidad de suelo, la pérdida de multifuncionalidad y el alejamiento espacial entre las funciones residencial y económica de las ciudades.

Según las estadísticas, en la década 1991-2001 los pequeños municipios rurales de Bizkaia conocieron incrementos poblacionales espectaculares, mientras que los mayores centros urbanos-industriales perdieron población. Además, las comarcas colindantes con el Gran Bilbao fueron las que experimentaron incrementos demográficos más elevados, en contraste con otras de carácter más periférico que perdieron parte de sus habitantes. La causa principal de estas variaciones fueron las migraciones internas, fundamentalmente las que se dirigieron desde las zonas en declive industrial, situadas en la margen izquierda del Nervión y en el Duranguesado, hacia pequeños municipios localizados en los entornos del Gran Bilbao (Uribe-Butroe) o en comarcas más alejadas pero con alto valor ambiental (Busturialdea y Arratia-Nervión).

Estos cambios de residencia fueron protagonizados en gran medida por personas con estudios superiores y por familias con hijos en busca de hábitats de calidad, que siguieron manteniendo su lugar de trabajo en el entorno urbano de origen, convirtiéndose en *commuters*. El alejamiento espacial progresivo entre las funciones residencial y económica conllevó un aumento sustancial de las necesidades de movilidad motorizada que se resolvió mediante viajes pendulares diarios cubiertos en su mayoría con el vehículo privado, muy especialmente en los municipios de menos de 2.000 habitantes.

En base a esta realidad, nuestra tesis ha estudiado a través de un análisis econométrico, si existe una relación significativa entre los factores que describen las características del desarrollo urbano experimentado en los municipios de Bizkaia en la década de los años 90 y las diferencias en los patrones de los desplazamientos al lugar de trabajo en cada municipio y, en consecuencia, en su impacto ambiental. Se trata de identificar cuáles son los factores que determinan el impacto ambiental diferencial de la movilidad de los distintos tipos de ciudad y cuáles son las variables instrumentales de una planificación territorial y urbanística más eficaces en términos de

sostenibilidad. El estudio centra su atención en los desplazamientos al lugar de trabajo en el año 2001, periodo que coincide con el último Censo de Población y Viviendas elaborado por el Eustat, fuente principal de datos para este trabajo.

Nuestra investigación ha utilizado diferentes indicadores de movilidad. El análisis empírico realizado capítulo 4 ha considerado como variable a explicar el impacto ambiental de la movilidad, medido a través de un indicador sintético denominado *Indice de Impacto de la Movilidad*. Este indicador calcula para cada municipio el impacto ambiental promedio “generado” por un *commuter* en sus desplazamientos diarios al lugar de trabajo, considerando que éste depende de la combinación entre el medio de transporte utilizado y la duración del viaje realizado. El capítulo 5 trata de explicar por separado cada uno de los componentes del *Indice de Impacto de la Movilidad*, con el fin de investigar si los factores que determinan el impacto ambiental de la movilidad, influyen a través del medio de transporte elegido, de la duración del desplazamiento o de ambos.

Un resultado novedoso obtenido a partir de este estudio surge de la consideración de las características específicas de la base de datos con la que se ha trabajado y de la metodología utilizada, la econometría espacial. Al tratarse de datos georeferenciados y de corte transversal, generalmente interdependientes, es frecuente la aparición de los denominados efectos espaciales, cuyas consecuencias no siempre pueden ser tratadas por la econometría estándar. En estos casos, el espacio constituye un elemento que condiciona los diferentes fenómenos o actividades que se desarrollan en él y puede jugar un papel importante como fuente de externalidades, de efectos contagio, desbordamiento, u otros. Por ello, es importante la aplicación de técnicas específicas para el tratamiento de este tipo de datos, aspecto que prácticamente no ha sido tenido en cuenta en investigaciones anteriores.

El análisis realizado en los capítulos 4 y 5 ha demostrado que muchas de las variables utilizadas en el estudio no están distribuidas aleatoriamente en el espacio, lo que revela que el valor que toma la variable en un municipio de Bizkaia depende en cierta medida del que toma en los municipios contiguos. Por lo tanto, en los casos en los que se ha detectado la presencia de dependencia espacial, se ha procedido a su incorporación a través de las diferentes especificaciones de modelos espaciales propuestos por la econometría espacial. De esta forma, se ha observado que, tanto el impacto ambiental de la movilidad generada en un determinado municipio como alguno de sus componentes (medio de transporte y/o tiempo del viaje), no dependen únicamente de las características del propio municipio, sino de las de los municipios contiguos, resultado a tener en cuenta si se pretende influir en el impacto de la movilidad.

La tabla 6.1 resume los resultados empíricos obtenidos a lo largo de este estudio, representando en las filas aquellos factores explicativos que se han mostrado estadísticamente significativos en alguno de los modelos utilizados en el análisis econométrico; y en las columnas las variables endógenas seleccionadas, es decir, el índice de impacto de la movilidad y cada uno de sus componentes. Los símbolos que aparecen en las diferentes celdas surgidas del cruce de filas y columnas representan la significatividad estadística del factor situado en la fila correspondiente, en la explicación de la variable endógena ubicada en la columna elegida, y el signo de la relación entre ambos. Se interpretan de la siguiente forma:

- El símbolo “+” indica que un aumento (disminución) en el valor del factor explicativo lleva asociado un incremento (disminución) significativo en el valor del impacto ambiental de la movilidad o de alguno de sus componentes.
- Por el contrario, el símbolo “-” señala que un aumento (disminución) en el valor del factor explicativo lleva asociada una disminución (incremento) significativa en el valor de la variable a explicar.
- En cambio, el símbolo “0” muestra que no existen una relación estadísticamente significativa entre ambas variables.
- Finalmente, las celdas sombreadas aparecen en aquellos casos en los que el factor no ha sido utilizado como variable explicativa de la variable endógena en cuestión a lo largo del análisis econométrico.

Si comparamos los resultados de la tabla 6.1 con las hipótesis de trabajo sobre movilidad planteadas en el capítulo introductorio, observamos que apoyan la idea de que, en Bizkaia, las diferencias locales en el impacto ambiental de los desplazamientos al trabajo pueden ser atribuidas en parte a las diferencias en los usos del suelo, es decir, al tipo de desarrollo urbano experimentado por cada municipio. Asimismo, indican que aquellos municipios con mayor nivel de renta y que experimentaron un fuerte crecimiento demográfico en la década 1991-2001 se asocian a mayores índices de impacto ambiental de la movilidad, debido a que muestran un patrón de desplazamientos fuertemente ligado al uso del vehículo privado. Sin embargo, sustentan parcialmente la afirmación realizada en la última hipótesis general, ya que la accesibilidad al transporte público, en nuestro caso al tren y/o metro, no resulta estadísticamente significativa en el impacto ambiental de la movilidad, aunque sí en la participación de los diferentes medios de transporte en los desplazamientos al trabajo. Cabe recordar que en el período analizado el servicio de metro aún era incipiente y no había adquirido el protagonismo que ostenta actualmente como medio de transporte para trasladarse al lugar de trabajo.

Tabla 6.1: Respuesta del Índice de Impacto ambiental de la movilidad y de sus componentes ante variaciones en los factores explicativos

Factor explicativo	Índice de Impacto Ambiental de la Movilidad	Reparto modal			Tiempo promedio del viaje	
		% Vehículo privado (conductor)	% Transporte público	% En bicicleta o a pie	Vehículo privado (minutos)	Transporte público (minutos)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Densidad bruta de población	—	—	+	+	0	0
Mezcla funcional	—	—	0	0	—	0
Concentración de la población	—	—	0	+	0	0
Renta per capita	+	+	0	—	0	0
Variación de la población	+	+	0	—	0	0
Acceso al tren	0	—	+	0	0	0
Municipios contiguos	Densidad bruta de población		0		—	0
	Mezcla funcional				—	
	Renta per capita				—	
	Acceso al tren		0		+	
	Impacto ambiental de la movilidad	+				
	Participación transporte público			+		

NOTAS: + : Relación positiva, estadísticamente significativa. — : Relación negativa, estadísticamente significativa. 0 : Relación estadísticamente no significativa.

Volviendo a la tabla 6.1 y centrando la atención en los signos situados en la columna (1), observamos que, en Bizkaia, el *índice de impacto ambiental de la movilidad* aumenta a medida que disminuyen la densidad bruta de población, la mezcla funcional y la concentración de la población. Al mismo tiempo, es mayor en aquellos municipios que tienen una renta bruta per capita más elevada y que han experimentado un mayor crecimiento demográfico en la década de los 90. Por otro lado, el análisis revela que el impacto ambiental de la movilidad es superior en aquellas localidades rodeadas de otras que generan un impacto promedio mayor.

Recordando que, según la definición utilizada, la intensidad del impacto ambiental de la movilidad depende del reparto modal y de la duración de los desplazamientos, las columnas (2)-(4) de la tabla 6.1 muestran la naturaleza de la relación entre los factores que explicativos y el reparto modal, mientras que las columnas (5) y (6) hacen lo mismo con la duración promedio de los viajes.

Así, confirmando lo esperado, la columna (2) indica que la *proporción de ocupados que se desplazan al trabajo conduciendo un vehículo privado* es mayor en aquellos municipios con una menor densidad bruta de población, una menor mezcla funcional, una menor concentración de la población, una mayor renta per capita, que han experimentado un mayor crecimiento demográfico en la década estudiada y que cuentan con una menor presencia de transporte público.

Por otro lado, la columna (3) muestra que la *participación de los desplazamientos en transporte público* es mayor en aquellos municipios con una densidad bruta de población superior y un mayor acceso al transporte público. Además, aumenta a medida que se incrementa la participación de los desplazamientos en transporte público en los municipios contiguos. Este resultado puede ser debido a que las localidades contiguas con una mayor participación del transporte público muestran, a su vez, una mayor densidad bruta de población, lo que facilita la presencia de una oferta de transporte público de mayor calidad en cuanto a diversidad y frecuencia en el conjunto de municipios, favoreciendo la utilización de este tipo de transporte tanto desde el municipio en cuestión como haciendo uso de la oferta de municipios cercanos.

Finalizando con el reparto modal, la columna (4) expresa que la *proporción de ocupados que van en bicicleta o a pie* es superior en los municipios más densos, sobre todo si están rodeados de localidades con una menor densidad bruta de población. Asimismo, esta proporción aumenta a medida que se incrementa el índice de concentración de la población, y/o disminuye la variación de la población. En el caso de la renta *per capita*, un incremento de la misma tanto en el municipio en cuestión como en las localidades contiguas afecta negativamente a estas alternativas de

desplazamiento. Este último resultado podría interpretarse en parte como una tendencia a utilizar en mayor medida los medios motorizados en las zonas de nivel socioeconómico más elevado.

En cuanto al tiempo promedio de los desplazamientos, la columna (5) de la tabla 6.1 revela que el *tiempo promedio de los desplazamientos en transporte público* para acudir al trabajo no depende significativamente de las variables explicativas seleccionadas por el estudio.

En cambio, la columna (6) muestra que el *tiempo promedio de los desplazamientos en vehículo privado* es mayor cuanto menor es la mezcla funcional del municipio y de las localidades vecinas, y en aquellos municipios rodeados de localidades con mayor acceso al transporte público. Es lógico pensar que, a menor oferta de trabajo en el municipio y en el entorno, mayor será la necesidad de desplazarse a destinos más alejados, alargado la duración del viaje. Por otro lado, la presencia de transporte público en el entorno cercano puede llevar a elegir el vehículo privado principalmente para realizar desplazamientos largos.

En resumen, la tabla 6.1 pone en evidencia que los factores considerados en la investigación son más relevantes en el reparto modal que en la duración de los desplazamientos al lugar de trabajo. Los resultados indican que, en el caso de Bizkaia, la totalidad de las variables explicativas seleccionadas por el estudio influyen en el impacto ambiental de la movilidad a través de su efecto en el reparto modal. Sin embargo, únicamente la mezcla funcional lo hace, además, a través de su repercusión en la duración de los desplazamientos.

De todo lo anterior parece claro que la dispersión urbana genera fuertes externalidades negativas a las que hay que buscar soluciones en el marco de la planificación urbana y de la ordenación territorial, considerando unidades espaciales que van más allá del límite municipal. No es posible perpetuar la tendencia actual hacia un modelo de desarrollo urbano disperso, generador de movilidad y dependiente del automóvil. Se deben buscar soluciones que limiten la dispersión urbana, mediante el control de la densidad de los nuevos desarrollos urbanos y de su difusión en el territorio, que promuevan una mayor mezcla funcional para crear un "efecto ciudad" en las diferentes partes del municipio y que oriente la movilidad principalmente hacia la red de transporte público, diseñada de tal forma que integre mejor los pequeños municipios y las nuevas urbanizaciones a las redes de transporte público.

Sin embargo, el estudio ha demostrado que el impacto de la movilidad depende también de aspectos socioeconómicos, tales como la renta o los nuevos estilos de vida

de las familias jóvenes que se han desplazado a vivir a pequeños municipios rurales en busca de una mejor calidad de vida. La marcada tendencia a utilizar el coche privado en aquellos colectivos de nivel socioeconómico relativamente elevado responde a diversas motivaciones: la sensación de libertad, de status, mayor comodidad y aprovechamiento del tiempo en comparación al transporte público, etc.. Todo ello a pesar de que algunas de estas motivaciones no son reales: la comodidad no es tal cuando nos desplazamos a ciudades en las que el aparcamiento es imposible; tampoco el aprovechamiento del tiempo es real cuando el acceso a la ciudad está congestionado debido a la intensidad del tráfico. Por ello, además de mejorar la red de transporte público para que represente una alternativa real (cubriendo todo el territorio, con una frecuencia y calidad adecuada, con carriles que den preferencia al transporte público para evitar la congestión, etc..) y penalizar el uso innecesario del vehículo privado (peajes para entrar al centro de la ciudad en coche,...) en los casos en los que exista una alternativa que pueda competir con el coche, es fundamental la adopción de medidas orientadas a elevar el nivel de concienciación de la población en torno a la importancia de acercarnos al objetivo de una movilidad urbana más sostenible.

6.2 Limitaciones del estudio

A pesar de que el estudio aporta una evidencia empírica adicional en el sentido de que existe una relación significativa entre los factores de uso del suelo y la movilidad, los resultados muestran que esta relación es modesta en cuanto a magnitud. De esta forma, surge la duda de si el vínculo es lo suficientemente fuerte como para que la manipulación del entorno urbano, actuando sobre la densidad, la mezcla funcional o la concentración de la población, sea una herramienta viable para controlar de manera relevante la movilidad al lugar de trabajo. Sin embargo, este resultado puede estar condicionado por algunos aspectos como la escala elegida para el análisis econométrico o la calidad de los datos utilizados, tema que se abordó en el apartado 1.4.2 del capítulo 1.

El repaso bibliográfico realizado en el capítulo 1 destacaba que los factores de uso del suelo que afectan a la movilidad pueden ser diferentes si el análisis se realiza a nivel de un barrio, de una ciudad o de una región. Asimismo, se señalaba que la magnitud de los cambios en el comportamiento de la movilidad debidos a variaciones en los factores de uso del suelo dependía también de la escala elegida. Por último, cuanto más agregados son los datos utilizados, más ocultas quedan las diferencias en cuanto a usos del suelo o del comportamiento de los desplazamientos en el interior de la

unidad territorial elegida. Nuestro estudio se realizó a nivel municipal y es posible que el mismo análisis realizado a una escala inferior a la del municipio (unidad poblacional, distrito o sección) mostrara una relación más fuerte entre factores de uso del suelo y movilidad.

Asimismo, no se ha contado con información precisa y detallada sobre aspectos relacionados con el diseño urbano o las características de los sistemas de transporte, factores que no se han incluido, en el primer caso, o que se han incorporado a través de indicadores poco precisos y que han podido influir en el resultado obtenido. Es el caso de la variable *acceso al tren*, que únicamente mide la accesibilidad a este tipo de transporte público, sin valorar otros aspectos de importancia como la frecuencia, puntualidad, coste, etc., debido a la ausencia de este tipo de datos.

En cuanto a los indicadores de movilidad elegidos en nuestro estudio, en el capítulo 4 se calcula el *índice de impacto ambiental de la movilidad*, que utiliza los datos del tiempo de los desplazamientos para calcular el impacto de la movilidad. Sin embargo, no podemos relacionar la duración del viaje con la longitud del mismo, lo que impide diferenciar el efecto de la distancia y el efecto de la velocidad del vehículo y de las condiciones de tráfico. Por otro lado, por la naturaleza de los datos proporcionados por el Censo de Población y Viviendas, únicamente se tiene en cuenta el impacto de la movilidad sistemática y pendular (ida y vuelta diaria a los centros de trabajo), dejando de lado una parte cada vez más importante de la movilidad que responde a otras motivaciones y tiene diferentes características (desplazamientos por motivos de ocio, compras, etc.).

Por último, se carece de una base de datos correspondientes a largos periodos de tiempo, que permitan observar los cambios tanto en los usos del suelo como en el comportamiento de la movilidad. En esta investigación se analiza la relación entre usos del suelo y movilidad en un momento dado de tiempo y no permite determinar cuál es la relación temporal entre las variables, ni sirve como evidencia para asumir una relación causal entre ellas. Para ello se necesitaría un enfoque longitudinal, con datos de panel de varios periodos. En este sentido, la falta de datos de movilidad correspondientes a diferentes momentos de tiempo no nos permite adoptar un enfoque longitudinal en nuestra investigación.

La necesidad de realizar un análisis de corte transversal, con la consiguiente presencia de posibles efectos espaciales, ha sido determinante a la hora de elegir la econometría espacial como metodología de trabajo. Aunque el estudio considera que es la metodología adecuada para trabajar con este tipo de dato, hay aspectos a tener en cuenta a la hora de interpretar los resultados. Uno de ellos está relacionado con la

forma de determinar cómo se debe incorporar formalmente la estructura de la dependencia espacial en el modelo de regresión con el que se esté trabajando. Es necesario definir qué otras unidades tienen influencia sobre cada una de las unidades espaciales analizadas. La solución pasa por la definición de la denominada matriz de pesos espaciales, de retardos o de contactos, W , cuya función es indicar, para cada punto en el espacio, el conjunto de puntos con los que éste está relacionado. Cuando no se conoce el esquema de dependencia espacial, como es nuestro caso, se adopta el criterio de contigüidad física de primer orden, planteado inicialmente por Moran (1948) y Geary (1954), donde el elemento w_{ij} es igual a 1 si los municipios i y j son físicamente adyacentes, es decir, tienen límites comunes, o a 0 en caso contrario. Esta matriz es simétrica y, por tanto, incapaz de incorporar influencias no recíprocas, y su diagonal principal, por definición, está constituida por ceros. Además, considera como único determinante de la dependencia espacial la contigüidad física, dejando de lado las posibles influencias mutuas entre unidades espaciales que, pese a estar alejadas, mantengan cierto tipo de relación. Este estudio no ha analizado la sensibilidad de los resultados ante cambios en la matriz de pesos espaciales.

Finalmente, la investigación se ha encontrado con una serie de dificultades al elegir el software para realizar el análisis econométrico espacial. Inicialmente, se trabajó con el programa informático GeoDa, software específico desarrollado por el profesor Luc Anselin de la Universidad de Illinois, que proporciona una gran variedad de herramientas gráficas. Sin embargo, la versión disponible no permite la estimación de algunos modelos con presencia simultánea tanto de la dependencia espacial sustantiva y como en el término de error, ni la estimación de las versiones robustas de los modelos espaciales en caso de presencia de heterocedasticidad. Por ello, el análisis exploratorio espacial se ha llevado a cabo con GeoDa, mientras que la estimación de los modelos econométricos espaciales se ha realizado con Stata, que incorpora algunas rutinas que facilitan el análisis de datos espaciales de corte transversal y ofrece mayor flexibilidad a la hora de estimar las versiones robustas de los modelos espaciales.

6.3 Futuras líneas de investigación

Las futuras líneas de investigación propuestas por este estudio están orientadas a intentar superar las limitaciones planteadas en el apartado anterior. En general, parece interesante profundizar en el análisis de la significatividad estadística y la magnitud de la relación entre los factores explicativos seleccionados por este estudio y la movilidad, con el fin de valorar si su manipulación puede ser una herramienta viable para

controlar de manera relevante la movilidad para acudir al lugar de trabajo. En la medida en que la información estadística disponible lo permita, se propone avanzar en los siguientes aspectos:

- mejorar la calidad de algunos indicadores relacionados con el diseño urbano o las características de los sistemas de transporte y/o valorar la incorporación de otros factores explicativos;
- investigar la relación entre desarrollo urbano y movilidad a una escala inferior a la municipal;
- ampliar el área de estudio a la Comunidad Autónoma de Euskadi;
- utilizar datos sobre la longitud de los desplazamientos en lugar de la duración de los mismos y comparar los resultados;
- incorporar otros motivos de movilidad (ocio, compras, etc.) al estudio;
- comparar en varios periodos las variaciones en la movilidad y en el desarrollo urbano y su relación. En este sentido, se esperaba disponer de los resultados del Censo de Población y Viviendas del 2011 para realizar este tipo de análisis. Sin embargo, a diferencia de los censos anteriores que requerían la visita exhaustiva de todos los hogares, los censos 2011 recogerán la información de una muestra de aproximadamente un 12% de la población que se completará con los datos disponibles en el Padrón y otros registros. El INE señala que el diseño de la operación muestral puede condicionar en parte el detalle ofrecido en algunas zonas, no así para los colectivos de población superiores a 20000 habitantes, cuya difusión será similar a la efectuada en el anterior Censo de 2001. Teniendo en cuenta que el 90% de los municipios de Bizkaia tenían menos de 20000 habitantes en el año 2001, la nueva metodología adoptada para el Censo de 2011 puede dificultar la realización de estudios a nivel inferior al municipal y la comparación de datos correspondientes a los Censos de 2001 y 2011 (ver <http://www.ine.es/censos2011/censos2011.htm>, consultado el 29/11/2011).
- realizar un análisis de sensibilidad de los resultados ante diferentes matrices de pesos espaciales.

Anexos

Anexo I: Determinantes del Índice de Impacto de la movilidad.

Gráfico I.1: Mejor ajuste entre la variable dependiente *IMP* y cada una de las variables explicativas

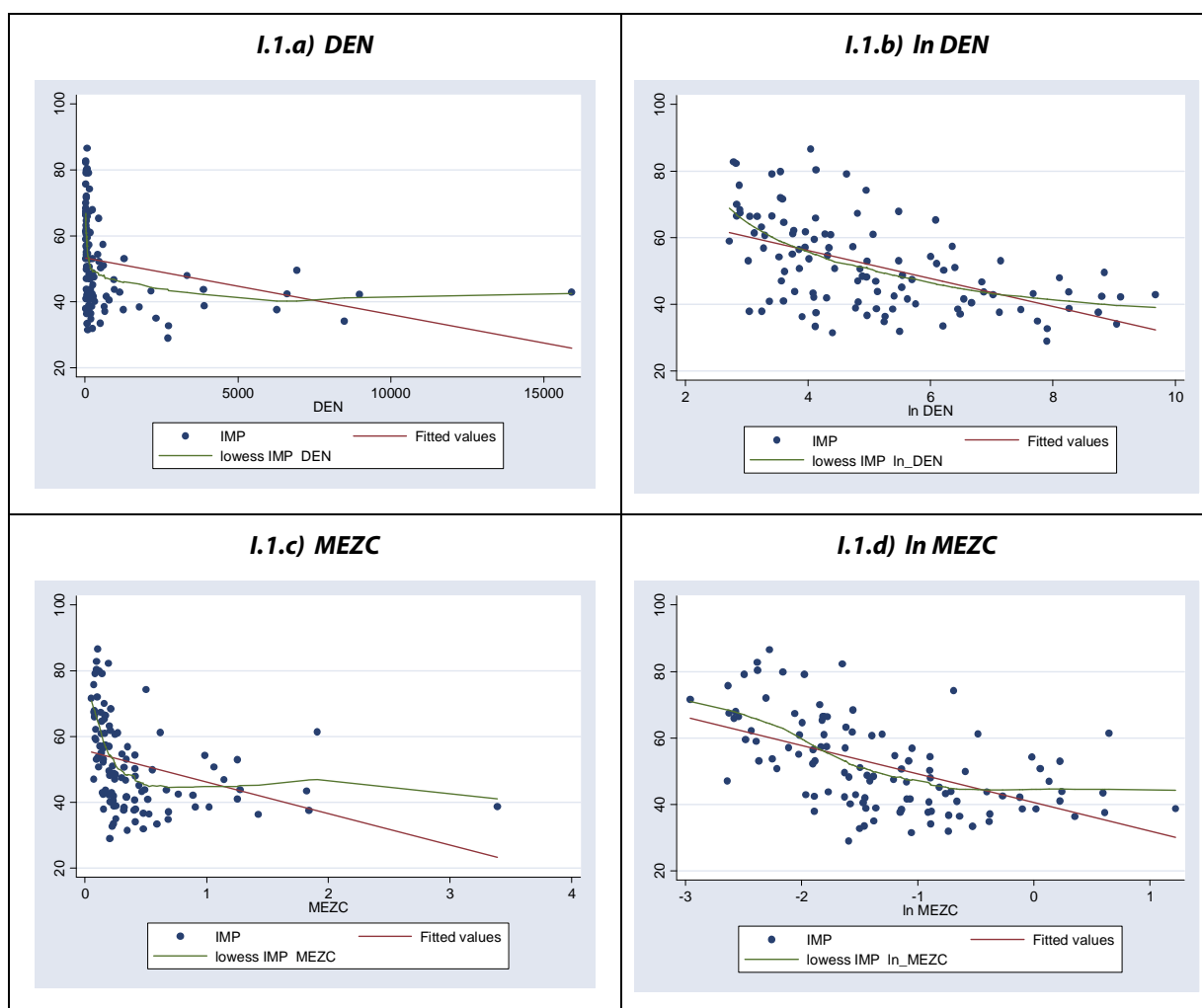


Gráfico I.1: Mejor ajuste entre la variable dependiente *IMP* y cada una de las variables explicativas (cont.)

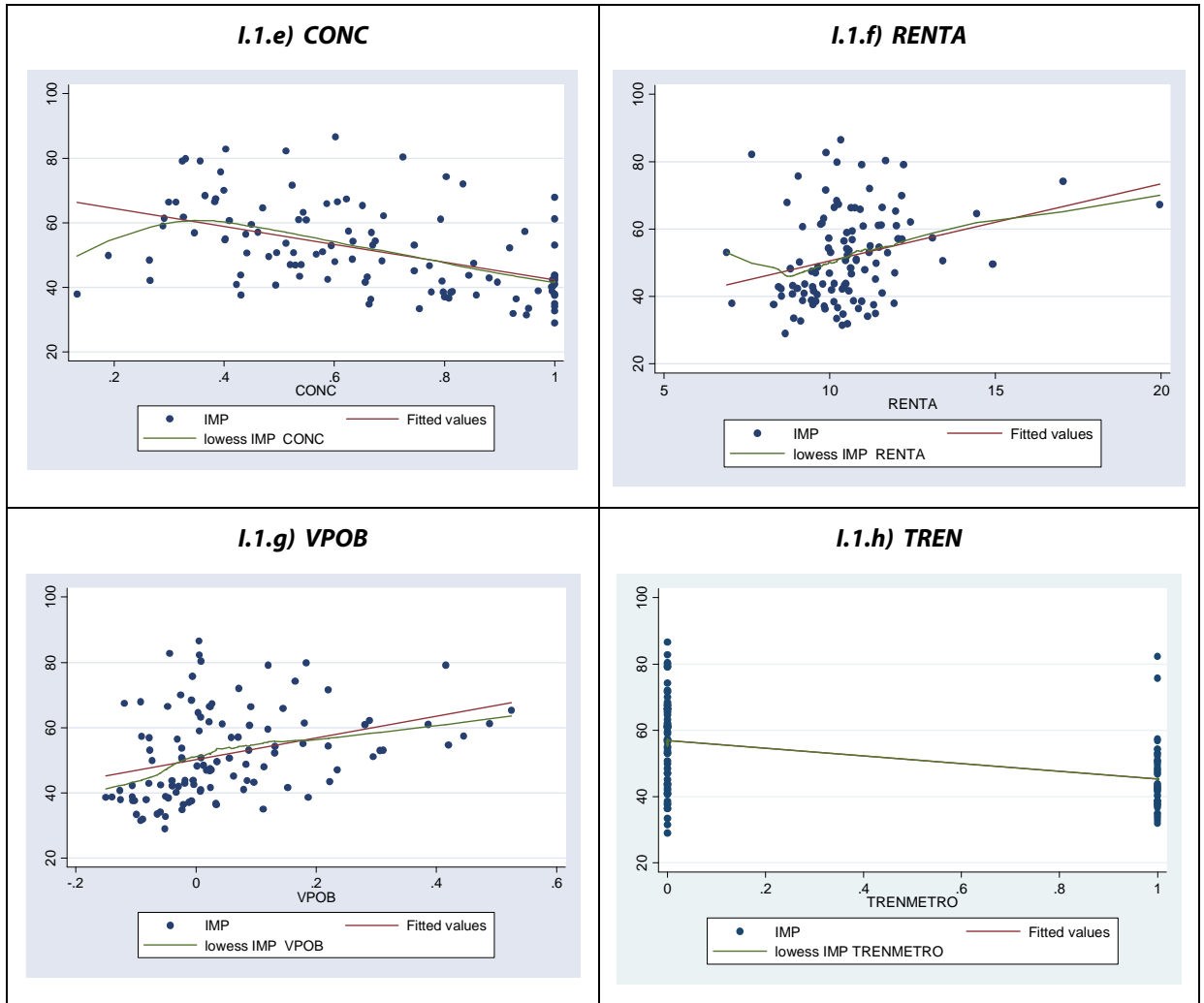
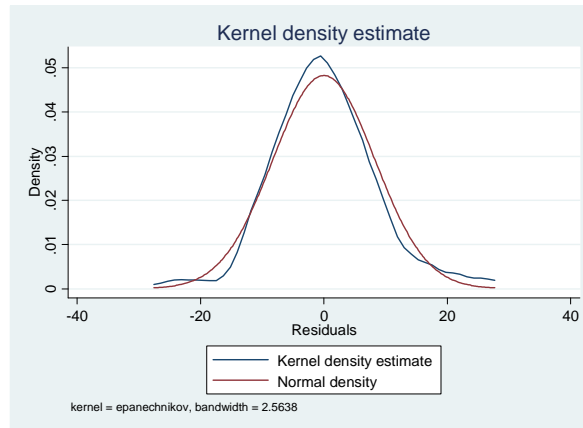


Tabla I.1: Modelo [4.3] estimado por MCO
Variable dependiente: IMP

Estimación del modelo						
Source	SS	df	MS	Number of obs = 110		
Model	12624.9834	6	2104.1639	F(6, 103) = 29.07		
Residual	7455.87063	103	72.3870935	Prob > F = 0.0000		
Total	20080.854	109	184.228019	R-squared = 0.6287		
				Adj R-squared = 0.6071		
				Root MSE = 8.5081		
IMP	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_DEN	-2.77464	.7044886	-3.94	0.000	-4.171827	-1.377453
ln_MEZC	-7.258851	.9674677	-7.50	0.000	-9.177595	-5.340107
CONC	-.0783903	.0435265	-1.80	0.075	-.1647148	.0079341
RENTA	1.020283	.5263654	1.94	0.055	-.0236382	2.064205
VPOB	.1882156	.0624722	3.01	0.003	.0643168	.3121145
TREN	-1.080072	2.133871	-0.51	0.614	-5.312101	3.151958
_cons	50.22033	6.482328	7.75	0.000	37.36416	63.07649
Diagnóstico de la regresión:						
Multicolinealidad: Factor de inflación de la varianza (VIF)	Variable	VIF	1/VIF			
	ln_DEN	2.23	0.449300			
	TREN	1.69	0.590581			
	CONC	1.62	0.617899			
	RENTA	1.21	0.826928			
	VPOB	1.18	0.849151			
	ln_MEZC	1.06	0.943753			
	Mean VIF	1.50				
Normalidad de los errores: H₀: Normalidad de los errores Shapiro-Wilk W test	Estadístico	Probabilidad				
	0,9776	0,0610				
Heterocedasticidad: H₀: homocedast.	Estadístico	Probabilidad				
	Test Breusch-Pagan White	10,09 43,40	0,0015 0,0175			
Diagnóstico de dependencia espacial:						
Diagnostics						
Test	Statistic	df	p-value			
Spatial error:						
Moran's I	1.434	1	0.152			
Lagrange multiplier	1.008	1	0.315			
Robust Lagrange multiplier	0.981	1	0.322			
Spatial lag:						
Lagrange multiplier	5.233	1	0.022			
Robust Lagrange multiplier	5.206	1	0.023			

Gráfico I.2: Distribución de los residuos del modelo [4.3]:



**Tabla I.2: Modelo del retardo espacial [4.4] estimado por MV
Variable dependiente: *IMP***

Estimación del modelo						
Spatial lag model			Number of obs	=	110	
			Variance ratio	=	0.641	
Log likelihood = -385.50409			Squared corr.	=	0.649	
			Sigma	=	8.01	

	IMP	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]

IMP	ln_DEN	-2.30215	.6949639	-3.31	0.001	-3.664254 - .9400455
	ln_MEZC	-6.235518	1.015739	-6.14	0.000	-8.226329 -4.244707
	CONC	-.0818332	.0410056	-2.00	0.046	-.1622027 -.0014637
	RENTA	1.070976	.4960435	2.16	0.031	.0987488 2.043204
	VPOB	.1596824	.0601352	2.66	0.008	.0418195 .2775452
	TREN	-1.526574	2.018474	-0.76	0.449	-5.48271 2.429563
	_cons	37.9232	8.150632	4.65	0.000	21.94825 53.89814

	rho	.2164597	.095101	2.28	0.023	.0300651 .4028543

Wald test of rho=0:				chi2(1)	=	5.181 (0.023)
Likelihood ratio test of rho=0:				chi2(1)	=	4.949 (0.026)
Lagrange multiplier test of rho=0:				chi2(1)	=	5.233 (0.022)
Acceptable range for rho: -1.394 < rho < 1.000						
Diagnóstico de la regresión:						
Heterocedasticidad: H ₀ : homocedast.		Estadístico		Probabilidad		
Test Breusch-Pagan		23,8566		0,0005		
Diagnóstico de dependencia espacial:						
		I		P		
I de Moran		-0,0671		0,1870		

Tabla I.3: Modelo del retardo espacial [4.4] estimado por MV (versión robusta)
Variable dependiente: IMP

Estimación robusta del modelo							
Spatial lag model				Number of obs	=	110	
				Variance ratio	=	0.641	
				Squared corr.	=	0.649	
Log likelihood = -385.50409				Sigma	=	8.01	

	IMP	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	

IMP	ln_DEN	-2.30215	.763741	-3.01	0.003	-3.799055	-.8052448
	ln_MEZC	-6.235518	1.194604	-5.22	0.000	-8.576898	-3.894138
	CONC	-.0818332	.0399377	-2.05	0.040	-.1601096	-.0035568
	RENTA	1.070976	.5205066	2.06	0.040	.0508021	2.09115
	VPOB	.1596824	.0529684	3.01	0.003	.0558663	.2634985
	TREN	-1.526574	2.280558	-0.67	0.503	-5.996385	2.943238
	_cons	37.9232	10.24756	3.70	0.000	17.83835	58.00804

	rho	.2164597	.1294264	1.67	0.094	-.0372113	.4701308

Wald test of rho=0:				chi2(1) =	2.797 (0.094)		
Lagrange multiplier test of rho=0:				chi2(1) =	5.233 (0.022)		
Acceptable range for rho: -1.394 < rho < 1.000							

Anexo II: Determinantes de la participación del transporte privado (conductor) en la elección modal.

Gráfico II.1: Mejor ajuste entre la variable dependiente *PTPRIVC* y cada una de las variables explicativas

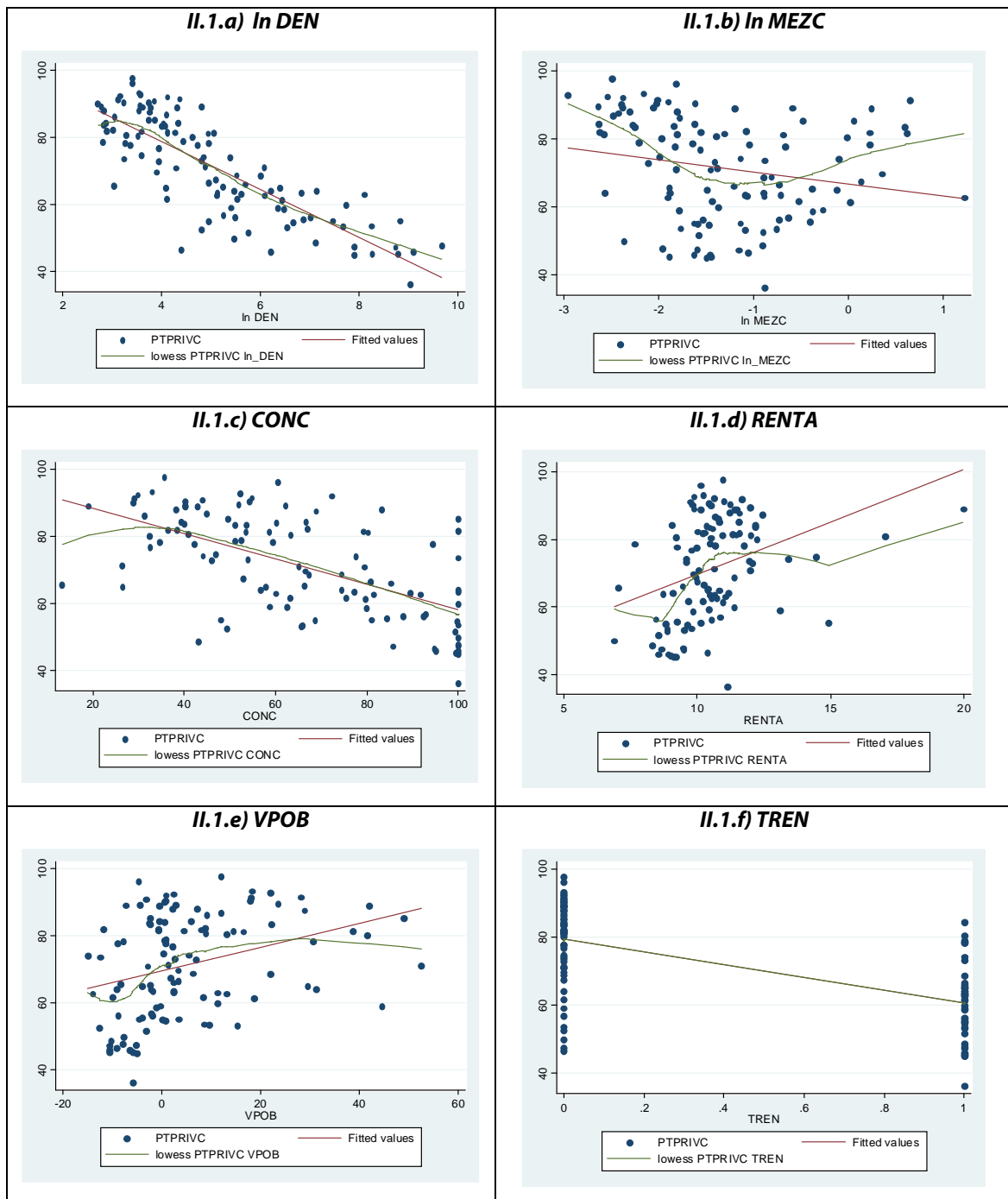


Tabla II.1: Modelo [5.1] estimado por MCO
Variable dependiente: PTPRIVC

Estimación del modelo						
Source	SS	df	MS	Number of obs = 110		
Model	19739.4898	6	3289.91497	F(6, 103) = 69.29		
Residual	4890.21864	103	47.4778509	Prob > F = 0.0000		
Total	24629.7085	109	225.960628	R-squared = 0.8015		
				Adj R-squared = 0.7899		
				Root MSE = 6.8904		
PTPRIVC	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_DEN	-5.322449	.5705437	-9.33	0.000	-6.453988	-4.19091
ln_MEZC	-1.374001	.7835225	-1.75	0.082	-2.927933	.1799306
CONC	-.0861118	.0352507	-2.44	0.016	-.1560233	-.0162003
RENTA	1.402786	.4262872	3.29	0.001	.5573457	2.248226
VPOB	.1862398	.0505943	3.68	0.000	.0858979	.2865817
TREN	-4.345991	1.728157	-2.51	0.013	-7.773382	-.9185997
_cons	88.14385	5.249839	16.79	0.000	77.73203	98.55567
Diagnóstico de la regresión:						
Multicolinealidad:	Factor de inflación de la varianza (VIF) promedio:		1,50			
Normalidad de los errores: H ₀ : Normalidad de los errores Shapiro-Wilk W test	Estadístico		Probabilidad			
	0,9740		0,0298			
Heterocedasticidad: H₀: homocedast.	Estadístico		Probabilidad			
Test Breusch-Pagan White	0,20 33,39		0,6537 0,1512			
Diagnóstico de dependencia espacial:						
Test	Statistic	df	p-value			
Spatial error:						
Moran's I	3.785	1	0.000			
Lagrange multiplier	10.385	1	0.001			
Robust Lagrange multiplier	5.977	1	0.014			
Spatial lag:						
Lagrange multiplier	4.541	1	0.033			
Robust Lagrange multiplier	0.133	1	0.715			

Gráfico II.2: Distribución de los residuos del modelo [5.1]

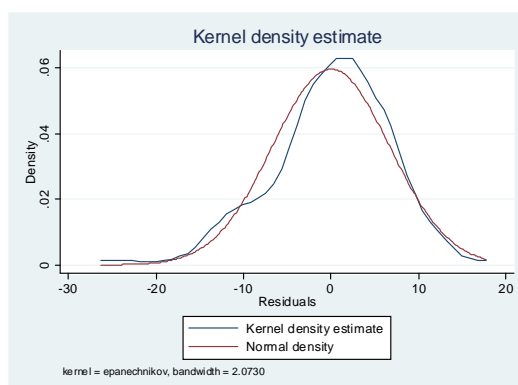


Tabla II.2: Modelo del error espacial [5.4] estimado por MV
Variable dependiente: PTPRIVC

Estimación del modelo						
Spatial error model			Number of obs	=	110	
Log likelihood = -359.58338			Variance ratio	=	0.789	
			Squared corr.	=	0.800	
			Sigma	=	6.24	
	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	

PTPRIVC						
ln_DEN	-5.476788	.6002066	-9.12	0.000	-6.653171	-4.300405
ln_MEZC	-1.302926	.7648418	-1.70	0.088	-2.801988	.1961366
CONC	-.0813929	.0327965	-2.48	0.013	-.1456729	-.0171128
RENTA	1.189491	.4028141	2.95	0.003	.3999899	1.978992
VPOB	.2078084	.0496413	4.19	0.000	.1105133	.3051035
TREN	-3.654831	1.58504	-2.31	0.021	-6.761451	-.5482103
_cons	90.49773	5.154515	17.56	0.000	80.39506	100.6004
lambda	.414658	.1175515	3.53	0.000	.1842613	.6450546

Wald test of lambda=0:			chi2(1)	=	12.443 (0.000)	
Likelihood ratio test of lambda=0:			chi2(1)	=	10.396 (0.001)	
Lagrange multiplier test of lambda=0:			chi2(1)	=	10.385 (0.001)	
Acceptable range for lambda: -1.394 < lambda < 1.000						
Diagnóstico de la regresión:						
Multicolinealidad:	Factor de inflación de la varianza (VIF) promedio:		1,50			
Heterocedasticidad: H₀: homocedast.	Estadístico		Probabilidad			
Test Breusch-Pagan	8,4099		0,2096			
Diagnóstico de dependencia espacial:						
<p align="center">Moran's I = -0.0999</p> <p align="center">I = -0,0999 p = 0,0810</p>						

Anexo III: Determinantes de la participación del transporte público en la elección modal.

Gráfico III.1: Mejor ajuste entre la variable dependiente *PTPUB* y cada una de las variables explicativas

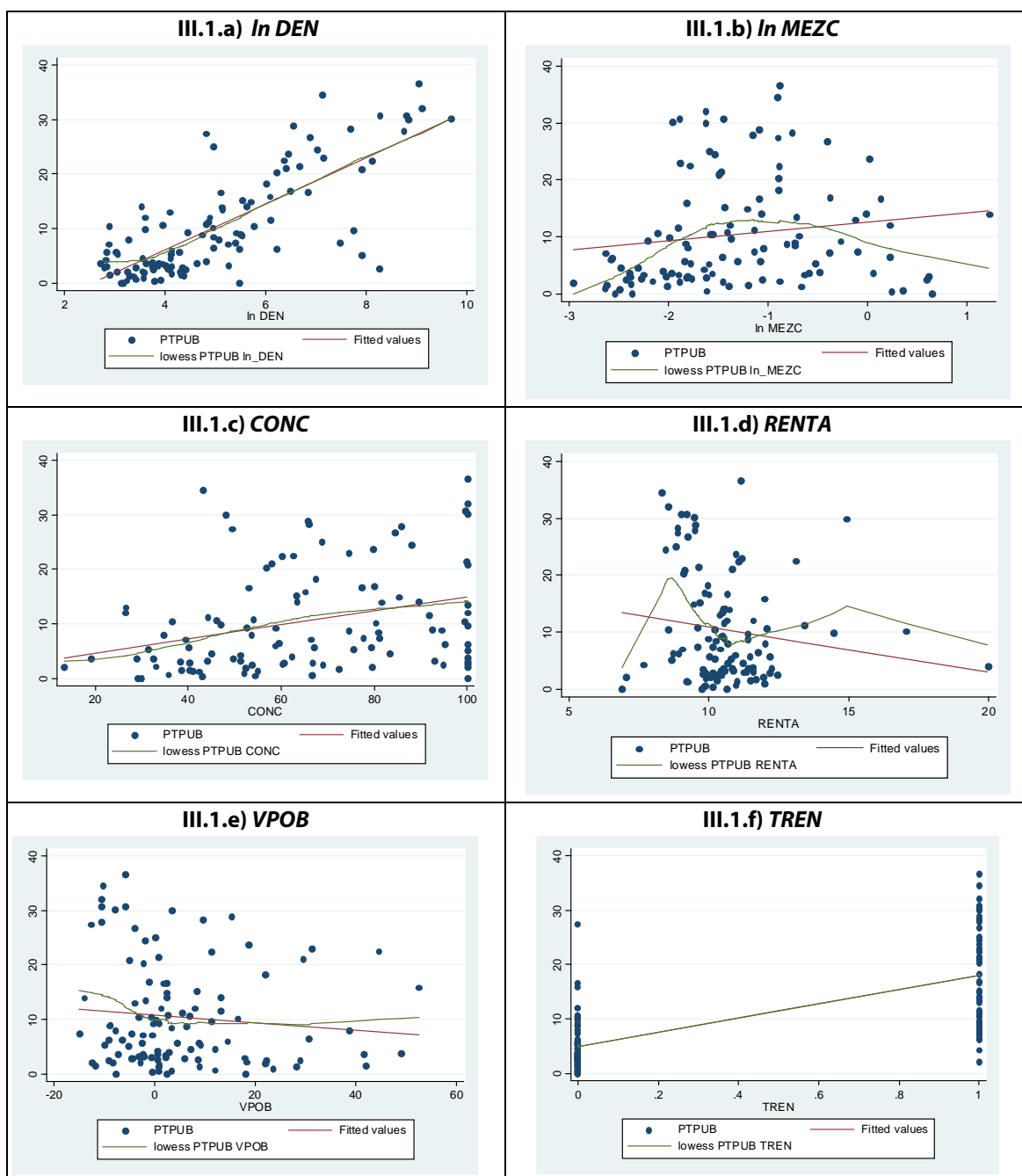


Tabla III.1: Modelo [5.2] estimado por MCO
Variable dependiente: PTPUB

Estimación del modelo						
Source	SS	df	MS	Number of obs = 110		
Model	6805.95404	6	1134.32567	F(6, 103) = 39.30		
Residual	2973.09024	103	28.8649538	Prob > F = 0.0000		
Total	9779.04428	109	89.7160026	R-squared = 0.6960		
				Adj R-squared = 0.6783		
				Root MSE = 5.3726		
PTPUB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_DEN	3.751458	.4448656	8.43	0.000	2.869172	4.633744
ln_MEZC	.6060673	.6109299	0.99	0.324	-.605568	1.817703
CONC	-.0718178	.0274858	-2.61	0.010	-.1263293	-.0173062
RENTA	.1310555	.3323856	0.39	0.694	-.5281529	.7902639
VPOB	-.0312041	.0394495	-0.79	0.431	-.1094429	.0470347
TREN	6.054756	1.347482	4.49	0.000	3.382343	8.727169
_cons	-6.730899	4.093416	-1.64	0.103	-14.84922	1.387426
Diagnóstico de la regresión:						
Multilinealidad:	Factor de inflación de la varianza (VIF) promedio:		1,50			
Normalidad de los errores:	Estadístico		Probabilidad			
H₀: Normalidad de los errores Shapiro-Wilk W test	0,9704		0,0149			
Heterocedasticidad: H₀: homocedast.	Estadístico		Probabilidad			
Test Breusch-Pagan White	10,12 30,22		0,0015 0,2588			
Diagnóstico de dependencia espacial:						
Diagnostics						
Test	Statistic	df	p-value			
Spatial error:						
Moran's I	7.389	1	0.000			
Lagrange multiplier	43.859	1	0.000			
Robust Lagrange multiplier	2.905	1	0.088			
Spatial lag:						
Lagrange multiplier	67.642	1	0.000			
Robust Lagrange multiplier	26.689	1	0.000			

Gráfico III.2: Distribución de los residuos del modelo [5.2]

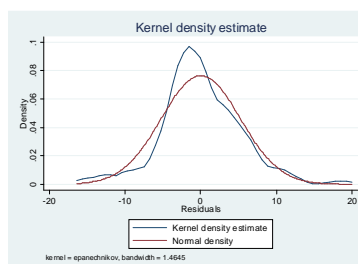


Tabla III.2: Modelo de retardo espacial [5.5] estimado por MV
Variable dependiente: PTPUB

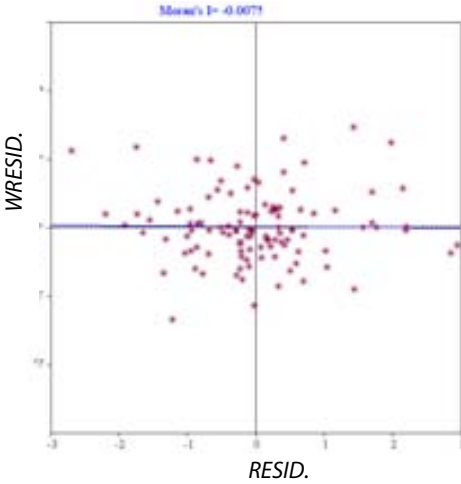
Estimación del modelo						
Spatial lag model			Number of obs	=	110	
Log likelihood = -299.25684			Variance ratio	=	0.831	
			Squared corr.	=	0.861	
			Sigma	=	3.51	
PTPUB	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
PTPUB						
ln_DEN	1.761819	.3408042	5.17	0.000	1.093855	2.429783
ln_MEZC	-.0792166	.4040734	-0.20	0.845	-.8711859	.7127527
CONC	-.011006	.018772	-0.59	0.558	-.0477985	.0257865
RENTA	-.157658	.2188309	-0.72	0.471	-.5865586	.2712426
VPOB	-.0321631	.0257915	-1.25	0.212	-.0827135	.0183873
TREN	4.592369	.8905812	5.16	0.000	2.846862	6.337876
_cons	-4.275997	2.685157	-1.59	0.111	-9.538809	.9868149
rho	.6008208	.0536436	11.20	0.000	.4956812	.7059604
Wald test of rho=0:			chi2(1) = 125.445 (0.000)			
Likelihood ratio test of rho=0:			chi2(1) = 76.309 (0.000)			
Lagrange multiplier test of rho=0:			chi2(1) = 67.642 (0.000)			
Acceptable range for rho: -1.394 < rho < 1.000						
Diagnóstico de la regresión:						
Multicolinealidad:	Factor de inflación de la varianza (VIF) promedio:		1,50			
Heterocedasticidad: H₀: homocedast. Test Breusch-Pagan	Estadístico		Probabilidad			
	22,9632		0,0008			
Diagnóstico de dependencia espacial:						
 <p>Moran's I = -0.0075</p> <p>WRESID.</p> <p>RESID.</p> <p>I = -0,0075 p = 0,5230</p>						

Tabla III.3: Modelo del retardo espacial [5.5] estimado por MV (versión robusta)
Variable dependiente: PTPUB

Estimación del modelo						
Spatial lag model			Number of obs	=	110	
Log likelihood = -299.25684			Variance ratio	=	0.831	
			Squared corr.	=	0.861	
			Sigma	=	3.51	

	PTPUB	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]

PTPUB	ln_DEN	1.761819	.376498	4.68	0.000	1.023897 2.499742
	ln_MEZC	-.0792166	.3130384	-0.25	0.800	-.6927607 .5343275
	CONC	-.011006	.0190371	-0.58	0.563	-.048318 .026306
	RENTA	-.157658	.2881276	-0.55	0.584	-.7223778 .4070618
	VPOB	-.0321631	.0310454	-1.04	0.300	-.093011 .0286848
	TREN	4.592369	.9329938	4.92	0.000	2.763735 6.421003
	_cons	-4.275997	3.416091	-1.25	0.211	-10.97141 2.419418

	rho	.6008208	.0649407	9.25	0.000	.4735394 .7281022

Wald test of rho=0:				chi2(1) =	85.597 (0.000)	
Lagrange multiplier test of rho=0:				chi2(1) =	67.642 (0.000)	
Acceptable range for rho: -1.394 < rho < 1.000						

Anexo IV: Determinantes de la participación de los desplazamientos en bicicleta o a pie en la elección modal.

Gráfico IV.1: Mejor ajuste entre la variable dependiente *PPIEBIC* y cada una de las variables explicativas

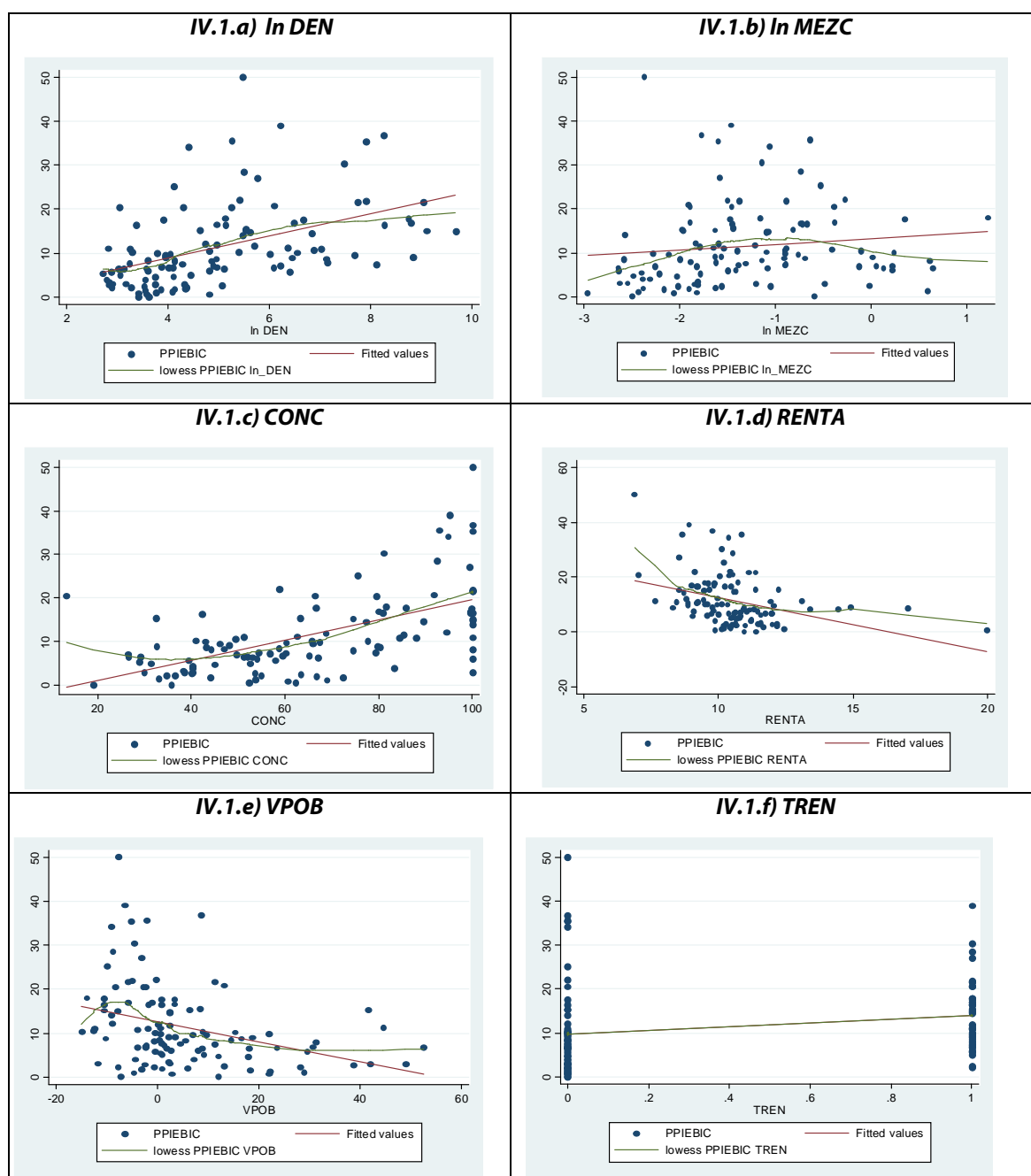


Tabla IV.1: Modelo [5.3] estimado por MCO
Variable dependiente: PPIEBIC

Estimación del modelo						
Source	SS	df	MS	Number of obs = 110		
Model	3231.86295	6	538.643825	F(6, 103) = 16.62		
Residual	3338.43276	103	32.4119686	Prob > F = 0.0000		
Total	6570.29571	109	60.2779423	R-squared = 0.4919		
				Adj R-squared = 0.4623		
				Root MSE = 5.6932		
PPIEBIC	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_DEN	1.183214	.4714071	2.51	0.014	.2482894	2.118139
ln_MEZC	.7851484	.647379	1.21	0.228	-.4987753	2.069072
CONC	.1346464	.0291256	4.62	0.000	.0768825	.1924102
RENTA	-.7945981	.3522163	-2.26	0.026	-1.493136	-.0960601
VPOB	-.1000673	.0418031	-2.39	0.018	-.182974	-.0171606
TREN	-1.29496	1.427875	-0.91	0.367	-4.126814	1.536893
_cons	5.35421	4.337636	1.23	0.220	-3.248468	13.95689
Diagnóstico de la regresión:						
Multicolinealidad:	Factor de inflación de la varianza (VIF) promedio:		1,50			
Normalidad de los errores: H ₀ : Normalidad de los errores Shapiro-Wilk W test	Estadístico		Probabilidad			
	0,9418		0,0001			
Heterocedasticidad: H₀: homocedast.	Estadístico		Probabilidad			
Test Breusch-Pagan White	19,77 42,47		0,0000 0,0220			
Diagnóstico de dependencia espacial:						
Test	Statistic	df	p-value			
Spatial error:						
Moran's I	5.432	1	0.000			
Lagrange multiplier	22.808	1	0.000			
Robust Lagrange multiplier	19.173	1	0.000			
Spatial lag:						
Lagrange multiplier	7.853	1	0.005			
Robust Lagrange multiplier	4.217	1	0.040			

Gráfico IV.2: Distribución de los residuos del modelo [5.3]

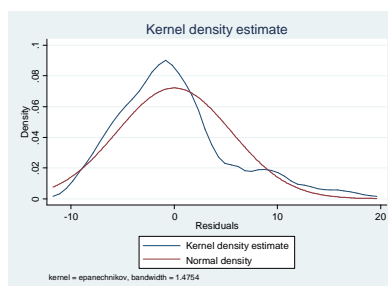


Tabla IV.2: Modelo del error espacial estimado por MV
Variable dependiente: PPIEBIC

Estimación del modelo						
Spatial error model			Number of obs =		110	
			Variance ratio =		0.723	
Log likelihood = -346.64917			Squared corr. =		0.397	
			Sigma =		5.18	
	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	

PPIEBIC						
ln_DEN	3.538661	.5845332	6.05	0.000	2.392997	4.684325
ln_MEZC	.549859	.6647357	0.83	0.408	-.752999	1.852717
CONC	.109031	.0276455	3.94	0.000	.0548469	.1632151
RENTA	-.6204909	.3428562	-1.81	0.070	-1.292477	.051495
VPOB	-.1154638	.0424755	-2.72	0.007	-.1987142	-.0322133
TREN	-2.312914	1.273385	-1.82	0.069	-4.808702	.1828736
_cons	-5.152439	5.185418	-0.99	0.320	-15.31567	5.010793
lambda	.7763915	.0740189	10.49	0.000	.6313171	.921466

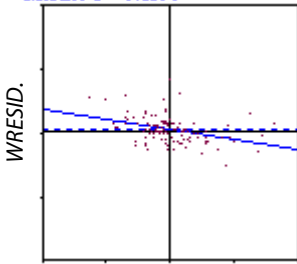
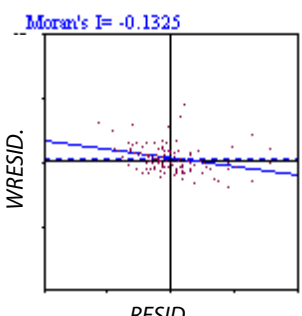
Wald test of lambda=0:			chi2(1) = 110.021 (0.000)			
Likelihood ratio test of lambda=0:			chi2(1) = 41.083 (0.000)			
Lagrange multiplier test of lambda=0:			chi2(1) = 26.564 (0.000)			
Acceptable range for lambda: -1.394 < lambda < 1.000						
Diagnóstico de la regresión:						
Multicolinealidad:	Factor de inflación de la varianza (VIF) promedio:		1,50			
Heterocedasticidad: H₀: homocedast.	Estadístico		Probabilidad			
Test Breusch-Pagan	13,4748		0,0361			
Diagnóstico de dependencia espacial:						
<p>Moran's I= -0.1598</p>  <p>RESID.</p> <p>p = 0,0040</p>						

Tabla IV.3: Modelo híbrido [5.6] estimado por MV
Variable dependiente: PPIEBIC

Estimación del modelo						
Spatial error model			Number of obs	=	110	
Log likelihood = -339.07956			Variance ratio	=	0.611	
			Squared corr.	=	0.604	
			Sigma	=	5.06	
	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	

PPIEBIC						
ln_DEN	3.222765	.5336829	6.04	0.000	2.176766	4.268764
ln_MEZC	.858504	.6924255	1.24	0.215	-.4986249	2.215633
CONC	.0970652	.0316225	3.07	0.002	.0350863	.1590441
RENTA	-.9704862	.3624066	-2.68	0.007	-1.68079	-.2601822
VPOB	-.0994622	.0456051	-2.18	0.029	-.1888465	-.0100779
TREN	-1.28921	1.437305	-0.90	0.370	-4.106275	1.527856
WLNDEN	-3.814595	1.129024	-3.38	0.001	-6.027441	-1.601749
WLNMEZC	.2862989	1.447972	0.20	0.843	-2.551675	3.124272
WCONC	.0279364	.0616043	0.45	0.650	-.0928058	.1486785
WRENTA	-1.869067	1.035838	-1.80	0.071	-3.899273	.1611387
WVPOB	.0327524	.1031062	0.32	0.751	-.1693321	.2348369
WTREN	4.741967	3.279832	1.45	0.148	-1.686386	11.17032
_cons	35.61725	13.76459	2.59	0.010	8.639152	62.59535

lambda	.5860452	.1167345	5.02	0.000	.3572498	.8148405

Wald test of lambda=0:			chi2(1)	=	25.204 (0.000)	
Likelihood ratio test of lambda=0:			chi2(1)	=	17.115 (0.000)	
Lagrange multiplier test of lambda=0:			chi2(1)	=	12.010 (0.001)	
Acceptable range for lambda: -1.394 < lambda < 1.000						
Diagnóstico de la regresión:						
Multicolinealidad:	Factor de inflación de la varianza (VIF) promedio:		2,34			
Heterocedasticidad: H₀: homocedast. Test Breusch-Pagan	Estadístico		Probabilidad			
	18,6936		0.0962			
Diagnóstico de dependencia espacial:						
<p>Moran's I= -0.1325</p>  <p>WRESID.</p> <p>RESID.</p> <p>I = -0,1325 p = 0,0220</p>						

Anexo V: Determinantes del tiempo de desplazamiento en transporte privado.

Gráfico V.1: Mejor ajuste entre la variable dependiente *TIEMPRIVC* y cada una de las variables explicativas

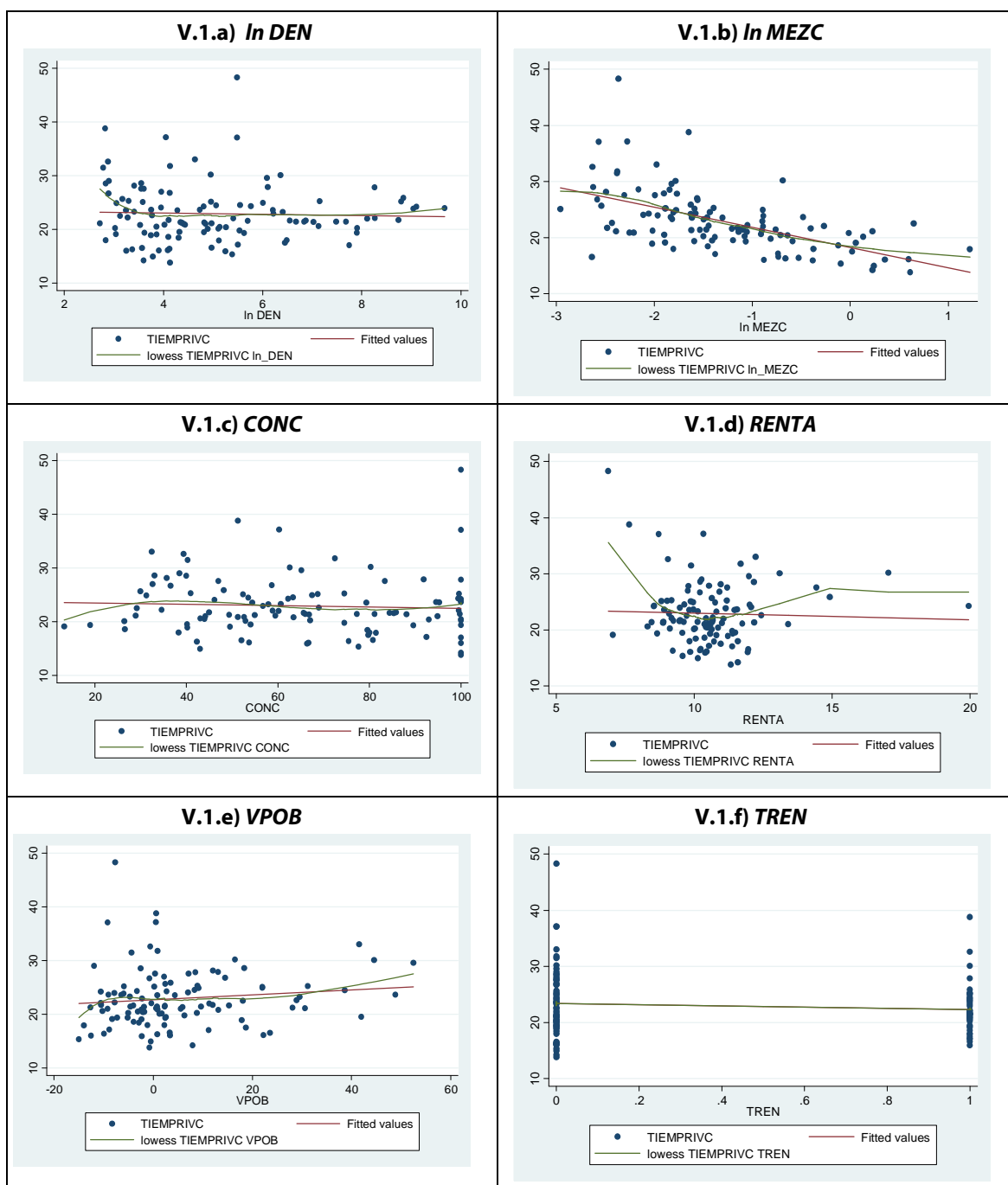


Tabla V.1: Modelo [5.7] estimado por MCO
Variable dependiente: TIEMPRIVC

Estimación del modelo						
Source	SS	df	MS	Number of obs = 110		
Model	1081.8651	6	180.310851	F(6, 103) = 10.23		
Residual	1814.85109	103	17.6199135	Prob > F = 0.0000		
Total	2896.71619	109	26.5753779	R-squared = 0.3735		
				Adj R-squared = 0.3370		
				Root MSE = 4.1976		
TIEMPRIVC	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_DEN	-.0508507	.3475724	-0.15	0.884	-.7401786	.6384772
ln_MEZC	-3.568607	.477318	-7.48	0.000	-4.515255	-2.621959
CONC	.0066872	.0214746	0.31	0.756	-.0359025	.049277
RENTA	-.1715991	.259692	-0.66	0.510	-.686637	.3434388
VPOB	.0331073	.0308218	1.07	0.285	-.0280205	.0942351
TREN	-.0802276	1.052784	-0.08	0.939	-2.168177	2.007722
_cons	19.77739	3.198176	6.18	0.000	13.43457	26.12022
Diagnóstico de la regresión:						
Multicolinealidad:	Factor de inflación de la varianza (VIF) promedio:		1,50			
Normalidad de los errores: H₀: Normalidad de los errores Shapiro-Wilk W test	Estadístico		Probabilidad			
	0,9329		0,0000			
Heterocedasticidad: H₀: homocedast.	Estadístico		Probabilidad			
Test Breusch-Pagan White	16,71 53,29		0,0000 0,0001			
Diagnóstico de dependencia espacial:						
Test	Statistic	df	p-value			
Spatial error:						
Moran's I	1.053	1	0.292			
Lagrange multiplier	0.416	1	0.519			
Robust Lagrange multiplier	16.223	1	0.000			
Spatial lag:						
Lagrange multiplier	9.284	1	0.002			
Robust Lagrange multiplier	25.092	1	0.000			

Gráfico V.2: Distribución de los residuos del modelo [5.7]

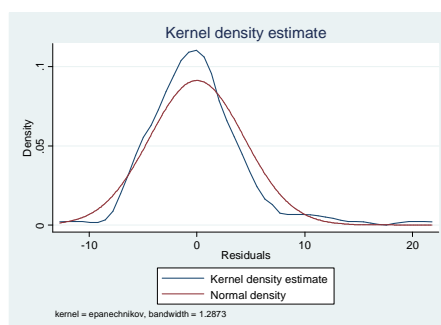


Tabla V.2: Modelo del retardo espacial estimado por MV
Variable dependiente: TIEMPRIVC

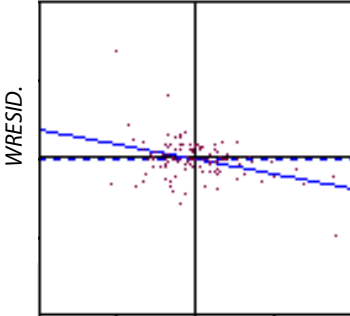
Estimación del modelo						
Spatial lag model			Number of obs	=	110	
Log likelihood = -305.52236			Variance ratio	=	0.407	
			Squared corr.	=	0.442	
			Sigma	=	3.84	
TIEMPRIVC	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
TIEMPRIVC						
ln_DEN	.056489	.3193031	0.18	0.860	-.5693336	.6823115
ln_MEZC	-2.957247	.4747589	-6.23	0.000	-3.887757	-2.026737
CONC	.013419	.0197312	0.68	0.496	-.0252533	.0520914
RENTA	-.0830315	.2388486	-0.35	0.728	-.5511662	.3851032
VPOB	.0173265	.0285769	0.61	0.544	-.0386833	.0733363
TREN	-.6539776	.9779662	-0.67	0.504	-2.570756	1.262801
_cons	10.85111	4.004514	2.71	0.007	3.002406	18.69981
rho	.3572671	.1095795	3.26	0.001	.1424953	.5720389
Wald test of rho=0:			chi2(1) =	10.630 (0.001)		
Likelihood ratio test of rho=0:			chi2(1) =	9.482 (0.002)		
Lagrange multiplier test of rho=0:			chi2(1) =	9.284 (0.002)		
Acceptable range for rho: -1.394 < rho < 1.000						
Diagnóstico de la regresión:						
Multicolinealidad:	Factor de inflación de la varianza (VIF) promedio:		1,5			
Heterocedasticidad: H₀: homocedast. Test Breusch-Pagan	Estadístico		Probabilidad			
	36,179		0,000			
Diagnóstico de dependencia espacial:						
<p>Moran's I = -0.1880</p>  <p>WRESID.</p> <p>RESID.</p> <p>I = -0,1880 p = 0,0010</p>						

Tabla V.3: Modelo híbrido [5.9] estimado por MV
Variable dependiente: TIEMPRIVC

Estimación del modelo						
Spatial error model			Number of obs	=	110	
			Variance ratio	=	0.588	
Log likelihood = -287.36188			Squared corr.	=	0.587	
			Sigma	=	3.30	

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	

TIEMPRIVC						
ln_DEN	.4231228	.3540392	1.20	0.232	-.2707813	1.117027
ln_MEZC	-2.383565	.4357333	-5.47	0.000	-3.237586	-1.529543
CONC	.0100455	.018624	0.54	0.590	-.0264568	.0465479
RENTA	.2006765	.2228997	0.90	0.368	-.2361989	.6375518
VPOB	.0080062	.0284833	0.28	0.779	-.04782	.0638324
TREN	-.2884478	.8435794	-0.34	0.732	-1.941833	1.364938
WLNDEN	-.9809739	.5818652	-1.69	0.092	-2.121409	.1594609
WLNMEZC	-4.433868	.7534269	-5.88	0.000	-5.910557	-2.957178
WCONC	-.0186908	.0332389	-0.56	0.574	-.0838379	.0464562
WRENTA	-.5217478	.5036658	-1.04	0.300	-1.508915	.465419
WVPOB	.0084334	.0501701	0.17	0.867	-.0898981	.1067649
WTREN	4.822494	1.657975	2.91	0.004	1.572922	8.072066
_cons	18.32795	5.701795	3.21	0.001	7.152636	29.50326

lambda	.0116744	.1454847	0.08	0.936	-.2734705	.2968193

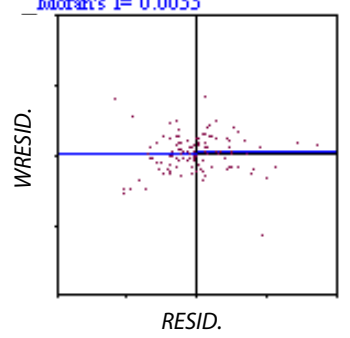
Wald test of lambda=0:			chi2(1) =	0.006	(0.936)	
Likelihood ratio test of lambda=0:			chi2(1) =	0.006	(0.936)	
Lagrange multiplier test of lambda=0:			chi2(1) =	0.006	(0.938)	
Acceptable range for lambda: -1.394 < lambda < 1.000						
Diagnóstico de la regresión:						
Multicolinealidad:	Factor de inflación de la varianza (VIF) promedio:		2,34			
Heterocedasticidad: H₀: homocedast. Test Breusch-Pagan	Estadístico		Probabilidad			
	61,5737		0,0000			
Diagnóstico de dependencia espacial:						
<p>Moran's I= 0.0055</p>  <p>WRESID.</p> <p>RESID.</p> <p>I = 0,0055 p = 0,3790</p>						

Tabla V.4: Modelo híbrido [5.9] estimado por MV (versión robusta)
Variable dependiente: TIEMPRIVC

Estimación robusta del modelo						
Spatial error model			Number of obs	=	110	
			Variance ratio	=	0.588	
Log likelihood = -287.36188			Squared corr.	=	0.587	
			Sigma	=	3.30	

	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	

TIEMPRIVC						
ln_DEN	.4231228	.2746477	1.54	0.123	-.1151768	.9614224
ln_MEZC	-2.383565	.4661846	-5.11	0.000	-3.29727	-1.46986
CONC	.0100455	.0175979	0.57	0.568	-.0244458	.0445368
RENTA	.2006765	.1752818	1.14	0.252	-.1428696	.5442225
VPOB	.0080062	.0333294	0.24	0.810	-.0573183	.0733306
TREN	-.2884478	.8542944	-0.34	0.736	-1.962834	1.385938
WLNDEN	-.9809739	.6540266	-1.50	0.134	-2.262842	.3008946
WLNMEZC	-4.433868	.9509457	-4.66	0.000	-6.297687	-2.570049
WCONC	-.0186908	.0474609	-0.39	0.694	-.1117125	.0743308
WRENTA	-.5217478	.5548366	-0.94	0.347	-1.609208	.565712
WVPOB	.0084334	.0501585	0.17	0.866	-.0898755	.1067424
WTREN	4.822494	1.913993	2.52	0.012	1.071138	8.573851
_cons	18.32795	7.163148	2.56	0.011	4.288436	32.36746

lambda	.0116744	.2007768	0.06	0.954	-.3818409	.4051897

Wald test of lambda=0:			chi2(1)	=	0.003 (0.954)	
Lagrange multiplier test of lambda=0:			chi2(1)	=	0.006 (0.938)	
Acceptable range for lambda: -1.394 < lambda < 1.000						

Anexo VI: Determinantes del tiempo de desplazamiento en transporte público

Gráfico VI.1: Mejor ajuste entre la variable dependiente *TIEMPUB* y cada una de las variables explicativas

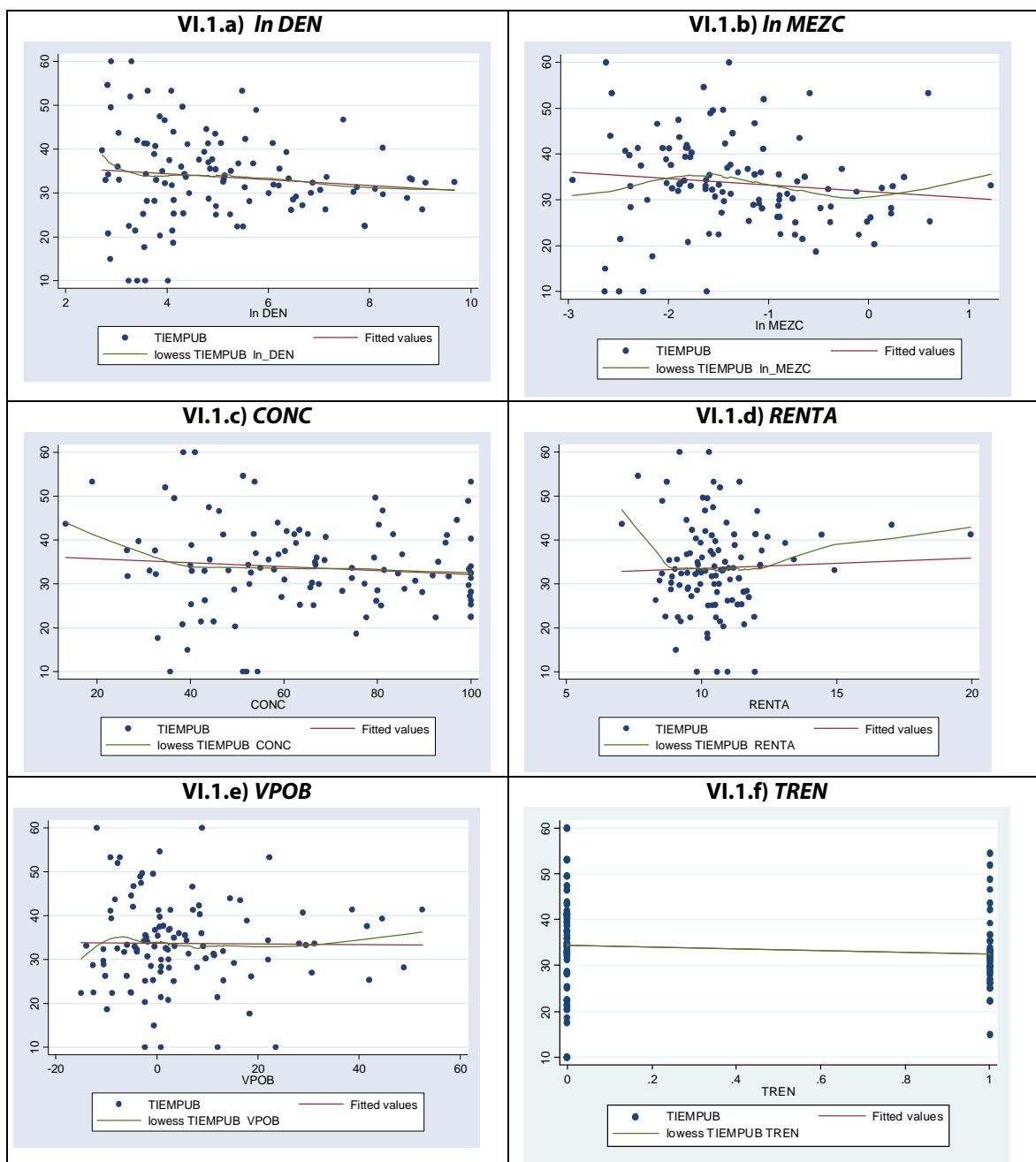


Tabla VI.1: Modelo [5.8] estimado por MCO
Variable dependiente: TIEMPUB

Estimación del modelo						
Source	SS	df	MS	Number of obs = 107		
Model	313.523896	6	52.2539826	F(6, 100) = 0.49		
Residual	10649.8351	100	106.498351	Prob > F = 0.8140		
Total	10963.359	106	103.427915	R-squared = 0.0286		
				Adj R-squared = -0.0297		
				Root MSE = 10.32		
TIEMPUB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_DEN	-.2453553	.8547131	-0.29	0.775	-1.941082	1.450371
ln_MEZC	-1.165622	1.235071	-0.94	0.348	-3.615967	1.284723
CONC	-.0301473	.0541351	-0.56	0.579	-.1375497	.0772551
RENTA	.2328999	.6581158	0.35	0.724	-1.072783	1.538583
VPOB	-.0341568	.076344	-0.45	0.656	-.185621	.1173075
TREN	-.561661	2.625515	-0.21	0.831	-5.770609	4.647287
_cons	33.21815	8.130263	4.09	0.000	17.08794	49.34836
Diagnóstico de la regresión:						
Multilinealidad:			Factor de inflación de la varianza (VIF) promedio:		1,49	
Normalidad de los errores: H ₀ : Normalidad de los errores Shapiro-Wilk W test			Estadístico		Probabilidad	
			0,9681		0,0112	
Heterocedasticidad: H₀: homocedast.			Estadístico		Probabilidad	
Test Breusch-Pagan			20,76		0,0000	
White			29,96		0,2691	
Diagnóstico de dependencia espacial:						
Test	Statistic	df	p-value			
Spatial error:						
Moran's I						
Lagrange multiplier	0.828	1	0.363			
Robust Lagrange multiplier	1.239	1	0.266			
Spatial lag:						
Lagrange multiplier	0.276	1	0.599			
Robust Lagrange multiplier	0.687	1	0.407			

Gráfico VI.2: Distribución de los residuos del modelo [5.8]

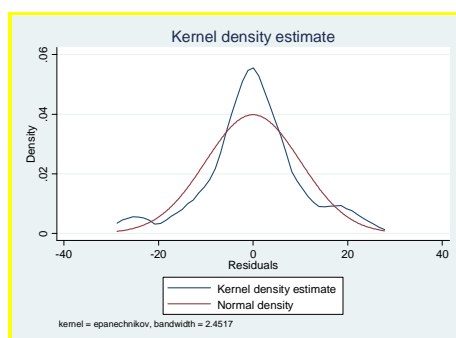


Tabla VI.2: Modelo [5.8] estimado por MCO (versión robusta)
Variable dependiente: TIEMPUB

Estimación robusta del modelo						
Linear regression			Number of obs = 107			
			F(6, 100) = 0.45			
			Prob > F = 0.8445			
			R-squared = 0.0286			
			Root MSE = 10.32			

TIEMPUB	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

ln_DEN	-.2453553	.7670049	-0.32	0.750	-1.767071	1.276361
ln_MEZC	-1.165622	1.398683	-0.83	0.407	-3.940569	1.609324
CONC	-.0301473	.0473017	-0.64	0.525	-.1239925	.0636979
RENTA	.2328999	.5299549	0.44	0.661	-.8185155	1.284315
VPOB	-.0341568	.0664946	-0.51	0.609	-.1660801	.0977666
TREN	-.561661	2.730179	-0.21	0.837	-5.978259	4.854937
_cons	33.21815	7.659372	4.34	0.000	18.02217	48.41412

Bibliografía

BIBLIOGRAFIA

- ADEME (2009). *Energy Efficiency Trends and Policies in the Transport Sector in the EU. Lessons from the ODYSSEE MURE project*. ADEME Editions, Intelligent Energy-Europe. Disponible en: <http://www.odyssee-indicators.org/publications/PDF/brochures/transport.pdf>
- ADKINS, L. C. Y R. CARTER HILL (2007). *Using Stata For Principles of Econometrics*. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc.
- AEMA / AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE (2001). *TERM2001 - Indicadores de seguimiento de la integración del transporte y el medio ambiente en la Unión Europea - Resume*. Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/es/publications/term2001-sum>
- AEMA / AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE (2006). *La expansión urbana descontrolada en Europa*. EEA Briefing 4/2006. Disponible en: http://www.eea.europa.eu/es/publications/briefing_2006_4
- ALLENDE, J. (2000). *Medio ambiente, ordenación del territorio y sostenibilidad*. Economía y empresa. Unión iberoamericana de municipalistas. Bilbao: Servicio editorial Universidad del País Vasco.
- ALTSHULER, A. (1999). The Ideo-Logics of Urban Land Use Politics. En Martha Derthick, ed., *Dilemmas of Scale in America's Federal Democracy*, Cambridge University Press, pp. 189-226.
- ANGERIZ, A., J.S.L. McCOMBIE Y M. ROBERTS (2006). Some new estimates of returns to scale for EU regional manufacturing: 1986-2002. Cambridge Centre for Economic and Public Policy Working Paper, Dept. of Land Economy, University of Cambridge. Disponible en: <http://www.landecon.cam.ac.uk/research/reuag/ccepp/publications/WP03-06.pdf>
- ANSELIN L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- ANSELIN, L. (1990). Spatial dependence and spatial structural instability in applied regression analysis, *Journal of Regional Science* 30, pp. 185-207.
- ANSELIN L. (1995). Local indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis*, 27, pp. 93-115. Disponible en: <http://www.dr.wisc.edu/people/faculty/curtis/documents/RS977/Anselin1995.pdf>
- ANSELIN L. (2003). *GeoDa 0.9.3 User's Guide*. Center for Spatially Integrated Social Science. Disponible en: <http://geodacenter.asu.edu/pdf/geoda093.pdf>.
- ANSELIN L. (2004). *GeoDa 0.9.5-1 Release Notes*. Center for Spatially Integrated Social Science. Disponible en: <http://geodacenter.asu.edu/pdf/geoda095i.pdf>
- ANSELIN L. (2005). *Exploring Spatial Data with GeoDa: A Workbook*. Center for Spatially Integrated Social Science. Disponible en: <http://geodacenter.asu.edu/system/files/geodaworkbook.pdf>
- ANSELIN L. (2006). Spatial econometrics. En Mills, T. and Patterson, K., editors. *Palgrave Handbook of Econometrics: vol. 1, Econometric Theory*. Palgrave Macmillan, Basingstoke. pp. 901-906.
- ANSELIN L. (2009). Thirty Years of Spatial Econometrics. School of Geographical Sciences, Arizona State University. Working Paper 2009-02. Disponible en: <http://geodacenter.asu.edu/node/677>
- ANSELIN, L., J. COHEN, D. COOK, W. GORR Y G. TITA (2000). Spatial analyses of Crime. Measurement and Analysis of Crime and Justice. *Criminal Justice 2000*, vol. 4, pp. 213-262. Washington, D.C.: National Institute of Justice. Disponible en: http://www.ncjrs.gov/criminal_justice2000/vol_4/04e.pdf
- ANSELIN, L. Y R. FLORAX (1995). Small sample properties of tests for spatial dependence in regression models: some further results. *New Directions in Spatial Econometrics*, pp. 21-74. Berlin: Ed. Springer.
- ANSELIN, L. Y S. REY (1991). Properties of tests for spatial dependence in linear regression models. *Geographical Analysis*, 23, pp.112-131.
- ANSELIN, L., A. BERA, R. FLORAX Y M.J. YOON (1996). Simple diagnostic for spatial dependence. *Regional Science and Urban Economics*, 26, pp. 77-104.

- ANSELIN, L., R. FLORAX Y S. REY EDS. (2004). *Advances in Spatial Econometrics. Methodology, Tools and Applications*. Berlin: Springer-Verlag.
- ANSELIN, L., I. SYABRI AND Y. KHO (2006). GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis. *Geographical Analysis*, 38 (1), pp. 5-22.
- ARESO, I. (2001). Bilbao ante el cambio de siglo. La metamorfosis de la metrópoli industrial. En las jornadas: El urbanismo como factor de desarrollo de las grandes ciudades. Sevilla, Abril.
- AYMONINO, C. (1993) *Orígenes y desarrollo de la ciudad moderna*. Barcelona: Ed. Gustavo Gili.
- BAHRENBERG, G. (1997). Zum Raumpfischismus in der jüngeren verkehrspolitischen Diskussion. En: Jüngst, P., Pfromm, K., Schulze-Göbel, H.-J. (eds.). *Urbs et Regio* 65/1997, pp. 345-371.
- BANISTER, D., S. WATSON Y C. WOOD (1997). Sustainable cities, transport, energy and urban form. *Environment and Planning B: Planning and Design* 24, pp. 125-143.
- BARROS, P. (¿) Historia de los inventos. *Revista Sucesos*, nº 12. Disponible en: <http://www.librosmaravillosos.com/inventos/>
- BENÉVOLO, L. (1994). *Orígenes del Urbanismo Moderno*. Madrid: Celeste Ediciones.
- BENTO, A.M., M. L. CROPPER, A. M. MOBARAK Y K. VINHA (2005). The Effects of Urban Spatial Structure on Travel Demand in the United States. *Review of Economics and Statistics*, vol. 87, nº 3.
- BERA, A. Y YOON, M.J. (1992). Simple Diagnostic Test for Spatial Dependence. Champaign: University of Illinois, Department of Economics (mimeo).
- BERRY, B. J. L. (1976). *Urbanization and Counterurbanization*. Beverly Hills, CA: Sage Publications.
- BM30 (1996). *Plan estratégico para la revitalización de Bilbao Metropolitano. Informe de progreso 1996*. Asociación Bilbao Metrópoli-30. Disponible en: www.bm30.es/plan
- BOARNETT, M.G. Y R. CRANE (2001). The Influence of Land Use on Travel Behavior: Specification and Estimation Strategies. *Transportation Research Part A*, 35, pp. 823-845.
- BOARNETT, M. G. Y S. SARMIENTO (1998). Can Land-Use Policy Really Affect Travel Behaviour? A Study of the Link Between Non-Work Travel and LandUse. *Urban Studies*, 35, pp.1155-1169.
- BOER, R., Y. ZHENG, A. OVERTON, G. K. RIDGEWAY, Y D. A. COHEN (2007). Neighborhood Design and Walking Trips in Ten U.S. Metropolitan Areas. *American Journal of Preventive Medicine* 32, nº 4, pp. 298-304.
- BREHENY, M.J. (1992). The contradictions of the compact city: a review. En Breheny, M.J. (ed.): *Sustainable Development and Urban Form*. European Research in Regional Science 2. London: Pion, pp. 138-159.
- BREHENY, M.J. (1995). Counterurbanisation and sustainable urban form. En Brotchie, J., Batty M. Blakely, E., Hall, P., Newton, P. (eds.): *Cities in Competition. Productive and Sustainable Cities for the 21st Century*. Melbourne: Longman, pp. 402-429.
- BROWNSTONE, D. (2008). *Key Relationships Between the Built Environment and VTM*. Dep. of Economics, Univ. of California, Irvine. Disponible en: <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/sr/sr298brownstone.pdf>
- BROWNSTONE, D. Y T. GOLOB (2009). The Impact of Residential Density on Vehicle Usage and Energy Consumption. *Forthcoming in the Journal of Urban Economics*. September 26. Disponible en: <http://www.economics.uci.edu/~dbrownst/JUESprawlV3final.pdf>
- BRUIN, J. (2006). *Newtest: command to compute new test*. UCLA: Academic Technology Services, Statistical Consulting Group. Disponible en: <http://www.ats.ucla.edu/stat/stata/ado/analysis>
- BUCHANAN, C. (1963). *Traffic in Towns: a study of the long term problems in urban areas*. London: HMSO.
- BURCHELL, R., A. DOWNS, B. MCCANN Y S. MUKHERJI (2005). *Sprawl Costs: Economic Impacts Of Unchecked Development*. Island Press.

- BURDALO, S. (1995). La ciudad como ámbito sostenible de convivencia. Una utopía posible. En *Historia de las ciudades en España. Revista Fomento*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, Julio-Agosto, vol. 433, pp. 188-209.
- BURRIDGE, P. (1980). On the Cliff-Ord test for spatial autocorrelation. *Journal of the Royal Statistical Society B*, 42, pp. 107-108.
- CAMAGNI, R., M.C. GIBELLI & P. RIGAMONTI (2002A). Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion. *Ecological Economics*. vol. 40, pp. 199-216.
- CAMAGNI, R., M.C. GIBELLI & P. RIGAMONTI (2002B). *I costi collettivi della città dispersa*. Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Gestionale. Milano: Alinea Editrice.
- CAO, X., P.L. MOKHTARIAN, Y S.L. HANDY (2005). The impacts of the built environment and residential self-selection on nonwork travel: A seemingly unrelated regression approach. Paper 06-1595 on the Transportation Research Board 85th Annual Meeting CD-ROM. Washington, DC.
- CAO, X., S.L. HANDY, Y P.L. MOKHTARIAN (2006A). The influences of the built environment and residential self-selection on pedestrian behavior: Evidence from Austin, TX. *Transportation*, 33 (1), pp. 1-20.
- CAO, X., P.L. MOKHTARIAN, Y S.L. HANDY (2006B). Neighborhood design and vehicle type choice: Evidence from Northern California. *Transportation Research Part D*, 13 (2), pp. 133-145.
- CAO, X., P.L. MOKHTARIAN Y S.L. HANDY (2008). *Examining the impacts of residential self-selection on travel behavior: methodologies and empirical findings*. UC Davis, Institute of Transportation Studies. Disponible en: <http://www.scholarship.org/uc/item/08x1k476>
- CAO, X., P. MOKHTARIAN, Y S. HANDY (2009). Examining the Impacts of Residential Self-Selection on Travel Behavior: A Focus on Empirical Findings. *Transport Reviews*, vol. 29, nº 3, pp. 359-395.
- CAPEL, H. (2002). *La morfología de las ciudades. I. Sociedad, cultura y paisaje urbano*. Barcelona: Colección La Estrella Polar 37. Ed. del Serbal, vol. I.
- CAPELLO, R. (2006). La Economía Regional tras cincuenta años: Desarrollos teóricos recientes y desafíos futuros. *Investigaciones Regionales*, 9, pp. 169-192.
- CARRASCAL, L.M. (2004). Path analysis. Dpto. Biodiversidad y Biología Evolutiva, Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid. Disponible en: <http://161.111.161.171/estadistica2004/pathanalysis.pdf>
- CASAS, M. (2006). Los modelos de ecuaciones estructurales y su aplicación en el Índice Europeo de Satisfacción del Cliente. Facultad de Económicas, Universidad San Pablo CEU, Jornadas ASEPUMA, Badajoz. Disponible en: <http://www.uv.es/asepuma/X/C29C.pdf>
- CASE, A., J. HINES Y H. ROSEN (1993). Budget Spillovers and Fiscal Policy Interdependence: Evidence from the States, *Journal of Public Economics*, 52(3), pp. 285-307.
- CCCB / CENTRE DE CULTURA CONTEMPORÀNIA DE BARCELONA (1999). *La ciutat sostenible*. Barcelona: Col·lecció Urbanitats, 9. Institut d'Edicions, Diputació de Barcelona.
- CEBOLLADA I FRONTERA, A. Y C. MIRALLES-GUASCH (2004). *Mobilitat i exclusió social: un nou repte per a les administracions locals*. Diputació Barcelona. Disponible en: <http://www.diba.es/pdfs/Sintesi9.pdf>
- CERVERO, R. (1988). Land-Use Mixing and Suburban Mobility. The University of California Transportation Center. *Transportation Quarterly*, vol.42, nº 3, Julio, pp. 429-446. Disponible en: www.uctc.net/scripts/countdown.pl?003.pdf
- CERVERO, R. (1989A). Jobs-housing balancing and regional mobility. *Journal of the American Planning Association*, 55, pp. 136-150.
- CERVERO, R. (1989B): *America's Suburban Centers: The Land Use-Transportation Link*. Boston: Unwin Hyman.
- CERVERO, R. (1991). Land Uses and Travel at Suburban Activity Centers. The University of California Transportation Center. *Transportation Quarterly*, vol.45, nº 4, Octubre, pp. 479-491. Disponible en: <http://www.uctc.net/scripts/countdown.pl?091.pdf>
- CERVERO, R. (1994). Transit-based housing in California: evidence on ridership impacts. *Transport Policy*, 1, pp.174-183.

- CERVERO, R. (1995). Planned Communities, Self-containment and Commuting: A Crossnational Perspective. *Urban Studies*, vol. 32, nº 7, pp. 1135-1161.
- CERVERO, R. (1996). Mixed land uses and commuting: evidence from the American Housing Survey. *Transportation Research A* 30, pp. 361-377.
- CERVERO R. Y K. KOCKELMAN (1997). Travel demand and the 3Ds: density, diversity and design. *Transportation Research D*, 2(3), pp. 199-219.
- CHASCO, C. (2003). *Econometría espacial aplicada a la predicción-extrapolación de datos microterritoriales*. Madrid: Dirección General de Economía y Planificación.
- CHASCO, C. (2006). Análisis estadístico de datos geográficos en geomarketing: el programa GeoDa. *Revista Distribución y Consumo*, Marzo-Abril 2006, pp. 34-45. Disponible en: http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_DYC%2FDYC_2006_86_34_45.pdf
- CHILDE, V. G. (1950). The Urban Revolution. *Town Planning Review*, 21, pp. 3-17.
- CHEN, C., H. GONG, Y R. PAASWELL (2008). Role of the Built Environment on Mode Choice Decisions: Additional Evidence on the Impact of Density. *Transportation*, vol. 35, pp. 285-299.
- CHOAY, F. (2004). El reino de los urbano y la muerte de la ciudad. En Martín Ramos, A. (ed.), *Lo urbano en 20 autores contemporáneos*. Edicions UPC. Barcelona.
- CICCP / COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS (2008). *Libro Verde del Urbanismo y la Movilidad*. Madrid: Comisión de Transportes.
- CLIFF, A Y J. ORD (1972). Testing for spatial autocorrelation among regression residuals. *Geographical Analysis*, vol. 4, pp. 267-284.
- COTRABI / CONSORCIO DE TRANSPORTES DE BIZKAIA (1999). *Estudio de la movilidad en Bizkaia*. Bilbao.
- COTRABI / CONSORCIO DE TRANSPORTES DE BIZKAIA (2001). *Valoración del transporte público en Bizkaia: de dónde partimos en el proceso hacia la reordenación y coordinación del transporte público en el territorio histórico*. IKERFEL. Disponible en: http://www.garraio.biz/pdfs/31mayo_2001.pdf
- COTRABI / CONSORCIO DE TRANSPORTES DE BIZKAIA (2002). *Informe del Transporte Público en Bizkaia 2001*. Bilbao.
- COTRABI / CONSORCIO DE TRANSPORTES DE BIZKAIA (2008). *Informe del Transporte Público en Bizkaia 2007*. Bilbao.
- COTRABI / CONSORCIO DE TRANSPORTES DE BIZKAIA (2009). *Informe del Transporte Público en Bizkaia 2008*. Bilbao.
- DE TERÁN, F. (1999). *Historia del urbanismo en España III. Siglos XIX y XX*. Madrid: Cátedra.
- DEL ALAMO, M. (1995). Primeros núcleos urbanos de la península. Civilización a la fuerza. *Historia de las ciudades en España. Revista Fomento*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, Julio-Agosto, vol. 433, pp. 42-59.
- DFB / DIPUTACION FORAL DE BIZKAIA (2001). *Evolución del tráfico en las carreteras de Bizkaia*.
- DÍAZ, S.E. Y J.M. DE UREÑA (2007). *Incidencia de las infraestructuras de transporte en el territorio. Metodologías empleadas*.
- DIELEMAN, F. M., M. DIJST Y G. BURGHOUWT (2002). Urban Form and Travel Behaviour: Micro-Level Household Attributes and Residential Context. *Urban Studies*, 39, pp. 507-527.
- DMAOT / DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO (1997). *Directrices de Ordenación del Territorio*. Gobierno Vasco. Disponible en: http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-565/es/contenidos/informacion/dots/es_1165/indice_c.html
- DMAOT / DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO (2006). *Claves del estado del medio ambiente de la CAPV: anclando el PMA 2007-2010 en el diagnóstico del estado ambiental del país*. Programa de Acción PMA 2007-2010. Gobierno Vasco. Disponible en: http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r495832/es/contenidos/planes/eavds_pma/es_9688/adjuntos/claves_estado-MA_v0.pdf

- DMAOT / DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO (2009A). *Cuestiones de enfoque*. Re-estudio de las DOT - EUSKALHIRIA_NET. Disponible en: http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49565/es/contenidos/informacion/dots_reestudio/es_1165/adjuntos/2009/cuestionesdeenfoque.pdf
- DMAOT / DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO (2009B). *Monografías temáticas: el medio físico*. Re-estudio de las DOT - EUSKALHIRIA_NET. Disponible en: http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49565/es/contenidos/informacion/dots_reestudio/es_1165/adjuntos/2008/medio_fisico.pdf
- DTOP / DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS (2002A). *Transporte y medio ambiente en la CAPV*. Gobierno Vasco. Sistema de Información del Transporte (SIT). Consulta de Indicadores. Disponible en: <http://www1.euskadi.net/sistrans/lista.apl?idioma=c&tema=8>
- DTOP / DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS (2002B). *Plan director del transporte sostenible. La política común de transportes en Euskadi 2002-2012*. Donostia: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Disponible en Web: http://209.85.229.132/search?q=cache:9ENh_xOaw3gJ:www.etsrfv.es/web_ets/docs/Plan_Director_Transp_1.pdf+Plan+director+del+transporte+sostenible.+La+pol%C3%ADtica+com%C3%BAn+de+transportes+en+Euskadi+2002-2012&cd=1&hl=eu&ct=clnk&gl=es&client=firefox-a
- DTOP / DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS (2003). *Estudio de la movilidad en la CAPV*. Gobierno Vasco. Disponible en: https://www6.euskadi.net/r41-430/es/contenidos/informacion/4793/es_4108/es_15779.html
- DUHAYON, J. J., A. PAGES Y F. PROCHASSON (2002). *La densité: concept, exemples et mesures. Éclairages sur le concept de densité et sur les différents usages de ses mesures*. Lyon: CERTU, julio. Disponible en: <http://cataloguecd.u.documentation.equipement.gouv.fr/documents/Cdu/0095/Cdu0095218/CETTEXCE000767.pdf>
- DUNPHY, R.T., y K. FISHER (1996). Transportation, congestion, and density: new insights. *Transportation Research Record* 1552, pp. 89-96.
- DUVMA / DEPARTAMENTO DE URBANISMO, VIVIENDA Y MEDIO AMBIENTE (1994). *Banco de datos territoriales. Suelo residencial y de actividades económicas de la C.A.P.V.* Gobierno Vasco.
- DUVMA / DEPARTAMENTO DE URBANISMO, VIVIENDA Y MEDIO AMBIENTE (2003). *Banco de datos territoriales. Suelo residencial y de actividades económicas de la C.A.P.V.* Gobierno Vasco.
- DUVMA / DEPARTAMENTO DE URBANISMO, VIVIENDA Y MEDIO AMBIENTE (2003). *Plan Territorial Parcial del Bilbao Metropolitano. Memoria. Documento aprobación inicial*. Febrero.
- DUVMA / DEPARTAMENTO DE URBANISMO, VIVIENDA Y MEDIO AMBIENTE (2004). *Evolución en las carreteras de Bizkaia*. Departamento de Obras Públicas y Transporte. Dirección General de Carreteras.
- DVOPT / DEPARTAMENTO DE VIVIENDA, OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE (2007). *Estudio de la movilidad en la CAPV*. Gobierno Vasco. Disponible en: http://www.garraioak.ejgv.euskadi.net/r41-430/es/contenidos/informacion/estudio_movilidad_2007/es_def/estudio_movilidad_2007.html
- EC / EUROPEAN COMMISSION (1990). *Libro verde sobre el medio ambiente urbano: Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento*. COM(90) 218.
- EC / EUROPEAN COMMISSION (2000). *Transport demand and behavioural change*. Commission Expert Group on Transport and Environment, Working Group III. Brussels. Disponible en: <http://europa.eu.int/comm/environment/trans/reportwg3.pdf>
- EC / EUROPEAN COMMISSION (2003). *Europa en la encrucijada. La necesidad de un transporte sostenible*. Serie: Europa en movimiento. Luxemburgo: Oficina de publicaciones oficiales de las Comunidades Europeas. Disponible en: <http://ec.europa.eu/publications/booklets/move/39/es.pdf>
- EC / EUROPEAN COMMISSION (2004). *Creating a world of sustainable cities: Research for sustainable urban development and land use*. UN-HABITAT and EU. Community research, EUR 21157. Disponible en: http://ec.europa.eu/research/environment/pdf/eu_onu_hab_en.pdf
- EC / EUROPEAN COMMISSION (2007A). *Preparation of a green paper on urban transport: report on urban transport in Europe. Final version*. Directorate-General for Energy and Transport. Disponible en: http://ec.europa.eu/transport/urban_studies/doc/2007_urban_transport_europe.pdf

- EC / EUROPEAN COMMISSION (2007B). *Libro verde. Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana*. Bruselas. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0551:FIN:ES:PDF>
- EC / EUROPEAN COMMISSION (2008). *Green Paper on Urban Mobility. Stakeholder Consultation Report*. Disponible en: http://ec.europa.eu/transport/urban/studies/doc/2008_green_paper_urban_mobility_stakeholder_consultation_report.pdf
- EC / EUROPEAN COMMISSION (2009A). *EU energy and transport in figures*. Directorate-General for Energy and Transport. Statistical pocketbook. Disponible en: http://ec.europa.eu/transport/publications/statistics/doc/2009_energy_transport_figures.pdf
- EC / EUROPEAN COMMISSION (2009B). *Plan de Acción de Movilidad Urbana*. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0490:FIN:ES:HTML>
- EC / EUROPEAN COMMISSION (2010). *EU energy and transport in figures*. Directorate-General for Energy and Transport. Statistical pocketbook. Disponible en: http://ec.europa.eu/energy/publications/statistics/statistics_en.htm
- ECORIS (2008). *Stakeholder Consultation Report. Green Paper on Urban Mobility*. Informe realizado para la Comisión Europea. Rotterdam. Disponible en: http://ec.europa.eu/transport/urban/studies/doc/2008_green_paper_urban_mobility_stakeholder_consultation_report.pdf
- EEA / EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (1998). *Europe's Environment: The Second Assessment. State of the environment report n° 2*. Copenhague. Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/publications/92-828-3351-8>
- EEA / EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2003). *Europe's Environment: The Third Assessment. State of the environment report n° 3/2003*. Copenhague. Disponible en: http://www.eea.europa.eu/publications/environmental_assessment_report_2003_10
- EEA / EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2005). *The European Environment. State and Outlook 2005. State of the environment report n° 1/2005*. Copenhague. Disponible en: http://www.eea.europa.eu/publications/state_of_environment_report_2005_1
- EEA / EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2006). *The urban sprawl in Europe – The ignored challenge*. EEA report n° 10/2006. Copenhague. Disponible en: http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_10
- EGMONT P., P. NIJKAMP Y G. VINDIGNI (2003). Analyse comparative des performances des systèmes de transports collectifs urbains en Europe. *Revue internationale des sciences sociales* 2003/2, n° 176, pp. 261-275.
- EMQ (2006). *Encuesta de Movilidad Cotidiana 2006. Descripción de los principales conceptos y variables*. Area de Barcelona. Departamento de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalitat de Cataluña (DPTOP) y Autoridad del Transporte Metropolitano (ATM). Disponible en: <http://www.iernb.uab.es/htm/mobilitat/esp/emq-06-descripcio.asp>
- ERQUICIA OLACIREGUI, J.M. (2003). *Del planeamiento urbanístico a la ordenación del territorio. La necesidad de un cambio de escala. El caso de la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Gobierno Vasco.
- EUROSTAT (2009). *Panorama of Transport*. Statistical books. Luxembourg: European Commission. Disponible en: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-DA-09-001/EN/KS-DA-09-001-EN.PDF
- EWING, R. (1995). Beyond Density, Mode Choice, and Single-Purpose Trips. *Transportation Quarterly*, vol. 49, pp. 15–24.
- EWING, R., M. DEANNA Y S. LI (1996). Land Use Impacts on Trip Generation Rates. *Transportation Research Record*, vol. 1518, pp. 1–7.
- EWING R., R. PENDALL Y D. CHEN (2002). *Mesuring Sprawl and Its Impacts*. Smart Growth America, Washington. Disponible en: <http://smartgrowthamerica.org/sprawindex/MesuringSprawl.PD>
- EWING, R. Y R. CERVERO (2002). Travel and the Built Environment: A Synthesis. *Transportation Research Record* 1780, TRB, pp. 87-114. Disponible en: <http://www.ce.berkeley.edu/~yuli/ce259/reader/Ewing%20and%20Cervero%20TOD.pdf>

- EWING, R., R. BROWNSON Y D. BERRIGAN (2006). Relationship between Urban Sprawl and Weight of U.S. Youth. *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 31, Issue 6, pp. 464-474.
- EWING, R., K. BARTHOLOMEW, S. WINKELMAN, J. WALTERS Y D. CHEN (2007). *Growing Cooler: The Evidence on Urban Development and Climate Change*. Urban Land Institute. Disponible en: http://postcarboncities.net/files/SGA_GrowingCooler9-18-07small.pdf
- FEHRS Y PEERS ASSOCIATES (1992). *Metropolitan Transportation Commission Bay Area Trip Rate Survey Analysis*. Oakland, CA: Metropolitan Transportation Commission.
- FISHMAN, R. (1987). *Bourgeois Utopias. The Rise and Fall of Suburbia*. New York: Basic Books.
- FLORAX, R. Y H. FOLMER (1992). Specification and estimation of spatial linear regression models. *Regional Science and Urban Economics* 22, pp. 405-432.
- FLORAX, R. Y H. FOLMER (1994). The relevance of hendry's econometric methodology in linear spatial process modeling: experimental simulation results for ML and IV estimators. Regional Research Institute Research Paper. West Virginia University, Morgantown.
- FLORAX, R. Y S. REY (1995). The impacts of misspecified spatial interaction in linear regression models. *New Directions in Spatial Econometrics*, pp. 111-134. Berlin: Ed. Springer.
- FRANK, L. Y G. PIVO (1995). Impacts of Mixed Use and Density on Utilization of Three Modes of Travel: SOV, Transit and Walking. *Transportation Research Record* 1466, TRB, pp. 44-55. Disponible en: <http://www.u.arizona.edu/~gpivo/Frank%20and%20Pivo.pdf>
- FRANK, L. AND COMPANY, INC., M. BRADLEY Y K. LAWTON ASSOCIATES (2005). *Travel Behaviour, Emissions & Land Use Correlation Analysis In The Central Puget Sound*. Washington State Department of Transportation, US Department of Transportation and the Federal Highway Administration. Disponible en: <http://www.wsdot.wa.gov/research/reports/fullreports/625.1.pdf>
- FRANK, L., M. BRADLEY, S. KAVAGE, J. CHAPMAN Y T. K. LAWTON (2008). Urban Form, Travel Time, and Cost Relationships With Tour Complexity and Mode Choice. *Transportation* vol. 35, nº 1, pp. 37-54. Disponible en web: <http://www.springerlink.com/content/9228326786t53047>
- FRANCESCUTI, P. (1995). Los males de una expansión urbanística incontrolada: Enfermas con remedio. En *Historia de las ciudades en España. Revista Fomento*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, Julio-Agosto, vol. 433, pp. 176-184.
- FRIEDMAN, B., S.P. GORDON Y J. B. PEERS (1994). The effect of neo-traditional neighbourhood design on travel characteristics. *Transportation Research Record* 1400, pp. 63-70.
- FONT, A. (2007). Región urbana de Barcelona: de la ciudad compacta a los territorios metropolitanos. En Indovina (coord.), *La ciudad de baja densidad. Lógicas, gestión y contención*, pp. 27-49. Diputació de Barcelona.
- FOUCHIER, V. (1998). *Les densités urbaines et le développement durable: le cas de l'île-de-France et des villes nouvelles*. Paris: Edition du Sgvn.
- FOUCHIER, V. (2000). Intervenir sur les densités urbaines pour limiter l'usage de l'automobile. Séminaire de prospective urbaine. Lyon: CERTU, pp. 40-61.
- GALDOS, R. Y E. RUIZ URRESTARAZU (2001). Las migraciones interiores en la C.A. del País Vasco a finales del siglo XX. *Lurralde, investigación y espacio*, nº 24, pp. 295-304.
- GALSTER, G., R. HANSON, H. WOLMAN, S. COLEMAN Y J. FREIHAGE (2001). Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept. *Housing Policy Debate*, 12(4), pp. 681-717. Disponible en: <http://www.mi.vt.edu/Research/PDFs/galster.pdf>
- GARCÍA PALOMARES, J. C. (2008). Los desplazamientos al trabajo en la Comunidad de Madrid. Ediciones GPS. Madrid.
- GARSON, D. (2008). Path analysis. Statnotes, from North Carolina State University. Disponible en: <http://faculty.chass.ncsu.edu/garson/PA765/path.htm>

- GARSON, D. (2009). Structural Equation Modeling. Statnotes, from North Carolina State University. Disponible en: <http://faculty.chass.ncsu.edu/garson/PA765/structur.htm>
- GAYSSOT J.C. (1999). Urban transport and sustainable cities. *Villes en développement*, Bulletin de la coopération française pour le développement urbain, l'habitat et l'aménagement Urbain, nº 44, jun. Disponible en: http://www.isted.com/periodiques/villes-developpement/bulletin_pdf/bull44a.pdf
- GEARY, R. (1954). The contiguity ratio and statistical mapping. *The Incorporated Statistician*, nº 5, pp. 115-145.
- GETIS, A. Y J. ORD (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis*, 24:3, pp. 189-206.
- GIBELLI, M. C. (2007). Los costes económicos y sociales de la ciudad de baja densidad. En Indovina (coord.), *La ciudad de baja densidad. Lógicas, gestión y contención*, pp. 277-306. Diputació de Barcelona.
- GIZLOGA/ GIPUZKOAKO GERRAIOA ETA LOGISTIKA GARATZEKO HERRITARREN ETA ENPRESEN FOROA (2008). *Planes de movilidad laboral: metodología de análisis y mejora*. Diputación Foral de Gipuzkoa. 2008. Disponible en: <http://www.erabat.net/bidasoa%5Cinformes%5CTRANSPORTE%5CPlan%20Mov%20Laboral.pdf>
- GORDON P. Y H.W. RICHARDSON (1997). Are Compact Cities a Desirable Planning Goal?. *Journal of American Planning Asociation*, vol. 63, nº1, pp. 95-106. Disponible en: <http://www.meer.net/users/money/resume/Portfolio/rt20/bibliography/Gordon&Richardson1997.pdf>
- GORDON P. Y H.W. RICHARDSON (2000). Critiquing Sprawl's Critics. *Cato Institute Policy Analysis* nº 365, January 24, pp. 2-18. Disponible en: <http://www.cato.org/pubs/pas/pa365.pdf>
- GOVERNA, F. (2007). Las infraestructuras de transporte concebidas como obras territoriales. Exigencias y estrategias de territorialización. Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona, IERM. Papers 44, abril. Disponible en: <http://www.ierm.uab.es/htm/descargaBinaria.asp?idRevArt=206>
- GRAVAGNUOLO, B. (1998). *Historia del urbanismo en Europa, 1750-1960*. Madrid: Akal Arquitectura.
- GRIFFITH D.A. (2003). *Spatial Autocorrelation and Spatial Filtering. Gaining Understanding Through Theory and Scientific Visualization*. Berlin: Springer.
- GRIFFITH, D.A. Y D.W. WONG (2007). Modelling population density across major US cities: a polycentric spatial regression approach. *Journal of Geographical Systems*, vol. 9(1), pp. 53-75. Disponible en: <http://www.springerlink.com/link.asp?id=103079>
- GROUP TRANSPORT 2000 PLUS (1990). *Transport in a fast changing Europe*. Brussels: Commission of the European Communities.
- GUERRERO, M.J. Y A. MONZÓN (2003). *Cuenta económica y socio-ambiental del transporte de viajeros en la Comunidad de Madrid*. Madrid: Consorcio Regional de Transportes.
- GUJARATI, D. (1994). *Econometría*. México: McGraw-Hill.
- HANDY, S. (1995). Understanding the link between urban form and travel behavior. Paper presented at the 74th Annual Meeting of the Transportation Research Board.
- HANDY, S. (1996). Methodologies for exploring the link between urban form and travel behavior. *Transportation Research D* 1, pp.151-165.
- HANDY, S. (2006). *Critical Assessment of the Literature on the Relationships among Transportation, Land Use and Physical Activity*. Transportation Research Board and Institute of Medicine Committee on Physical Activity, Health, Transportation and Land Use, Washington, D.C. Disponible en: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/downloads/sr282papers/sr282Handy.pdf>
- HALL, P. (1996). *Ciudades del mañana. Historia del urbanismo en el siglo XX*. Barcelona: Ediciones del Serbal, Colección La Estrella Polar.
- HENRY, G. (2007). Análisis de costes de la baja densidad. Una lectura desde la sostenibilidad. En Indovina (coord.), *La ciudad de baja densidad. Lógicas, gestión y contención*. Diputació de Barcelona.
- HERRERA, F. (1998). *El sistema de ciudades en Europa y España. Desarrollo urbano y estrategia de política territorial*. Madrid: Ed. Alfa Delta.

- HOLZ-RAU, C. (1997). Siedlungsstruktur und Verkehr. *Materialien zur Raumentwicklung* Heft 84. Bonn: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung.
- HOLZ-RAU, C. Y E. KUTTER (1995). Verkehrsvermeidung. Siedungsstrukturelle und organisatorische Konzepte. *Materialien zur Raumentwicklung* Heft 73. Bonn: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung.
- HOLTZCLAW, J. W. (1991). *Explaining Urban Density and Transit Impacts on Auto Use*. San Francisco: Sierra Club.
- HOLTZCLAW, J.W. (1994). *Using residential Patterns and Transit to Decrease Auto Dependence and Costs*. National Resources Defense Council, San Francisco. Disponible en: <http://www.smartgrowth.org/library/cheers.html>
- HOLTZCLAW, J., R. CLEAR, H. DITTMAR, D. GOLDSTEIN, D. Y P. HAAS. (2002). Location Efficiency: Neighborhood and Socio-Economic Characteristics Determine Auto Ownership and Use?. *Transportation Planning and Technology*, vol.25, March, pp. 1-27.
- IHOBE (2005A). *Estado del medio ambiente en la CAPV 2004*. Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Gobierno Vasco. Disponible en: http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-5212/es/contenidos/publicaciones/diagnostico_2004/es_9154/indice.html
- IHOBE (2005B). *Huella Ecológica de la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Serie Programa Marco Ambiental, nº 43, ene. Disponible en: http://www.euskadi.net/r33-2288/es/contenidos/publicaciones/huella_ecologica/es_11522/indice.html
- IHOBE (2005c). *Manual para la redacción de planeamientos urbanísticos con criterios de sostenibilidad*. Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Gobierno Vasco. Disponible en: <http://portalclientes.lks.es/lks/imagenes/pdfs/Planeamiento%20Sostenible.pdf>
- IHOBE (2008). *Anuario ambiental 08. Evolución y evaluación del medio ambiente en la CAPV*. Disponible en: http://www.eustat.es/elementos/ele0005100/ti_Anuario_Ambiental_2008/inf0005193_c.pdf
- IHOBE (2009). *El Estado del Medio Ambiente en la CAPV 2009*. Disponible en: http://www.ihobe.net/Pags/AP/AP_publicaciones/index.asp?cod=22D00942-87EA-4D23-BF89874E182F271F&hGrupo=PUB&hAño=2009&hTitulo=014%20
- IHOBE (2010). *Perfil ambiental de Euskadi 2009*. Disponible en: http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/contenidos/libro/perfil_ambiental/es_doc/adjuntos/2009.pdf
- IHOBE (2011). *Diagnóstico de situación para una Euskadi sostenible en 2020*. Ecoeuskadi 2020. Disponible en: http://www.ecoeuskadi2020.net/pdf/es/Diagnostico_de_situacion_EcoEuskadi_2020_mayo.pdf
- INDOVINA, F. (2007). Antes de la ciudad difusa. En Indovina (coord.), *La ciudad de baja densidad. Lógicas, gestión y contención*. Diputació de Barcelona.
- IZQUIERDO, R. (1995). Tipologías urbanas de oriente y occidente. La traza como espejo del alma. En *Historia de las ciudades en España. Revista Fomento*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, Julio-Agosto, vol. 433, pp. 6-14.
- JEANTY, P.W. (2010A). spmlreg: Stata module to estimate the spatial lag, the spatial error, the spatial durbin, and the general spatial models. Disponible en: <http://econpapers.repec.org/software/bocbocode/s457135.htm>
- Jeanty, P.W. (2010b). spwmatrix: Stata module to create, import, and export spatial weight. Disponible en: <http://ideas.repec.org/c/boc/bocode/s457111.html>.
- KAGERMEIER, A. (1997). *Siedlungsstruktur und Verkehrsmobilität. Eine empirische Untersuchung am Beispiel von Südbayern*. Dortmund: Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur.
- KAUFMANN, V. Y C. JEMELIN (2003). Articulation entre urbanisme et transports: quelles marges de manœuvre ?. *Revue internationale des sciences sociales* 2003/2. nº 176, pp. 329-340. Disponible en: http://www.cairn.info/article.php?ID_REVUE=RISS&ID_NUMPUBLIE=RISS_176&ID_ARTICLE=RISS_176_0329
- KENWORTHY, J. Y F. LAUBE (2001). *The Millennium Cities Database for Sustainable Transport*. Brussels: ISTP, Murdoch University, Perth and UITP.

- KITAMURA, R., MOKHTARIAN, P.L., Y LAIDET, L. (1997). A microanalysis of land use and travel in five neighborhoods in the San Francisco Bay area. *Transportation*, 24, pp. 125-158.
- KOCKELMAN, K. M. (1997). Travel Behavior as a Function of Accessibility, Land Use Mixing, and Land Use Balance: Evidence from the San Francisco Bay Area. *Transportation Research Record* 1607, TRB, pp. 117-125.
- KRIZEK, K.J. (2003). Residential Relocation and Changes in Urban Travel. Does Neighborhood-Scale Urban Form Matter?. *Journal of the American Planning Association*, 69, pp. 265-281.
- LAUTSO, K. (COORD.) (2004). *Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability. Final report*. Project PROPOLIS, E.C. Disponible en: http://www1.wspgroup.fi/lt/propolis/PROPOLIS_Final_100204.pdf
- LEVY, J. (2004). Modèle de mobilité, modèle d'urbanité. *Le sens du mouvement*. Paris: Belin. pp. 157-169. Disponible en: <http://www.icampus.ucl.ac.be/claroline/backends/download.php?url=L01vZGVsZXNfZGVfbW9iaWxpdlFTGV2eV9y6WbpcmVuY2VfY291cnMxLnBkZg%3D%3D&cidRese t=true&cidReq=AUCE2960>
- LITMAN, T. (2009). *Evaluating Transportation Land Use Impacts. Considering the Impacts, Benefits and Costs of Different Land Use Development Patterns*. Victoria Transport Policy Institute. Septiembre. Disponible en: <http://www.vtpi.org/landuse.pdf>
- LITMAN, T. Y R. STEELE (2009). *Land Use Impacts on Transport. How Land Use Factors Affect Travel Behavior*. Victoria Transport Policy Institute. Agosto. Disponible en: <http://www.vtpi.org/landtravel.pdf>
- LOPEZ DE ABERASTURI, A. (2009). Procesos históricos comparados de la transformación y gestión del territorio: evolución de los problemas y modelos de intervención territorial. Material docente. Curso de Ordenación y Gestión del Territorio. UPV-EHU y Fundación ASMOZ.
- LÓPEZ DE LUCIO, R. (1993). *Ciudad y urbanismo a finales del siglo XX*. Server de Publicacions. Universitat de València.
- LOUTZENHEISER, D.R. (1997). Pedestrian access to transit - a model of walk trips and their design and urban form determinants around BART Stations. Paper presented at the 76th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, January.
- LUGARES ARESTI, J. I. (2002). Cambio ambiental reciente en el territorio de Bizkaia. *Lurralde, investigación y espacio*, nº 25, pp. 141-161.
- LLERAS, C. (2005). *Path Analysis*. Pennsylvania State University. Encyclopedia of Social Measurement, vol. 3. Elsevier. Disponible en: http://www.hcd.uiuc.edu/facultylleras/publications/Path_Analysis.pdf.
- MARTÍN, E.F. (1995). De la revolución industrial a la guerra civil. En la antesala de las metrópolis. En *Historia de las ciudades en España. Revista Fomento*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, Julio-Agosto, vol. 433, pp. 142-153.
- MARTÍN RAMOS, A. (2004). *Lo urbano en 20 autores contemporáneos*. Barcelona: Ediciones UPC.
- MARTÍNEZ, C. (¿?) Ciudades medievales europeas. Carpeta didáctica profesores. Ciudades europeas 4/6. Disponible en: <http://www.liceus.com/cgi-bin/gba/6013.asp>
- MARWICK P. Y MITCHELL (1975). *An Econometric Analysis of Public Transportation Planning Norms*. Washington DC. US Department of Transportation.
- MCNALLY, M.G. Y A. KULKARNI (1997). An assessment of the land use transportation system and travel behavior. Paper presented at the 76th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- MESENGER, T. Y R. EWING (1996). Transit-oriented development in the Sun Belt. *Transportation Research Record* 1552, 145-153.
- MEURS, H. Y R. HAAIJER (2001). Spatial Structure and Mobility. *Transportation Research D.*, pp. 426-466.

- MEYER, H. (1972). *El arquitecto en la lucha de clases y otros escritos*. Colección arquitectura y crítica. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- MF/ MINISTERIO DE FOMENTO (2009). *Estrategia española de movilidad sostenible*. Ministerio de Fomento, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Disponible en: <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/149186F70EDB499193DDCFB76DD85CD1/46435/EstrategiaMovilidadSostenible.pdf>
- MILLER, E.J. Y A. IBRAHIM (1998). Urban form and vehicular travel: some empirical findings. Paper presented at the 77th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- MIRALLES-GUASCH, C. Y A.F. TULLA-PUJOL (2000). Mobilitat sostenible: innovacions conceptuals i estat de la qüestió. *Elements de debat territorial*, nº 10, feb. Disponible en: www.diba.es/xbmq/fitxers/10elements.pdf.
- MIRALLES-GUASCH, C. (2002). *Ciudad y transporte. El binomio imperfecto*. Barcelona: Ed. Ariel.
- MIRALLES-GUASCH, C. Y A. CEBOLLADA Y FRONTERA (2003). Movilidad y transporte. Opciones políticas para la ciudad. Documento de trabajo 25/2003. Fundación Alternativas. Disponible en: http://mobilitat.uab.es/Arxius_comuns/Publicacions/2003-Alternativas_MovyTr_gemott.pdf
- MMA / MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2007). *Libro verde de medio ambiente urbano. Tomo I*. Madrid.
- MÖLLER, J. (2009). Regional Variations in the Price of Building Land: A Spatial Econometrics Approach for West Germany. *Annals of Regional Science*, vol. 43 (1), pp. 113-32. Disponible en: <http://www.springerlink.com/link.asp?id=100498>
- MONCLÚS, F. J. (1998) *La ciudad dispersa. Suburbanización y nuevas periferias*. Barcelona: CCCB, 1998. Disponible en: http://www.xcosta.arg.br/atlas/debate/ciudadispersa_intro.htm
- MONZÓN, A., R. CASCAJO, P. JORDÁ, P. Y I. ROJO (2008). Ponencias de la III Jornada Técnica del Observatorio de la Movilidad Metropolitana. El Papel de las Autoridades de Transporte en la Gestión de la Demanda de Transporte. Sevilla, junio de 2006. Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Fomento.
- MONZÓN DE CÁCERES, A. (2006). "El debate de la internalización de los costes externos de la movilidad". En: Congreso Nacional del Medio Ambiente. Cumbre del desarrollo sostenible, (Madrid 27 nov. – 1 dic. de 2006). Disponible en: http://www.conama8.org/modulodocumentos/documentos/MRs/MR13/MR13_doc_AndresMonzon.pdf
- MORÁN, P. (1948). The interpretation of statistical maps. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 1948, nº 10, pp 243-251.
- MORÁN, P. (1950). A Test for Serial Independence of Residual. *Biometrika*, 37, pp. 178-181. Disponible en: <http://biomet.oxfordjournals.org/cgi/reprint/37/1-2/178>
- MORENO R. Y E. VAYÁ (2000). *Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales: la econometría espacial*. UB 44 manuals. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- MORENO R. Y E. VAYÁ (2004). "Econometría espacial: nuevas técnicas para el análisis regional. Una aplicación a las regiones europeas". *Investigaciones Regionales*. 1, pp. 83-106. Disponible en Web: http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2124411&orden=70943
- MORRIS, A. E. J. (1984). *Historia de la forma urbana. Desde sus orígenes hasta la Revolución Industrial*. Col. Arquitectura/Perspectivas. Barcelona: Ed. Gustavo Gili.
- MUMFORD, L. (1956). The Natural History of Urbanization. En William L. Thomas, jr (Ed.), *Man's Role in the Changing the Face of the Earth*. Chicago & London: University of Chicago Press.
- MUÑOZ, I. Y A. GALINDO (2005). Urban form and the ecological footprint of commuting: The case of Barcelona. *Ecological Economics*, 55, pp. 499– 514.
- MUÑOZ, I., D. CALATAYUD Y M.A. GARCÍA (2007). Sprawl. Causas y efectos de la dispersión urbana. En Indovina (coord.), *La ciudad de baja densidad. Lógicas, gestión y contención*, pp. 307-347. Diputació de Barcelona.

- MUÑOZ, F. (2006). La producció residencial de baixa densitat. *Elements de debat territorial*, 21.
- MUÑOZ, F. (2007). La producción residencial de baja densidad en la provincia de Barcelona (1985-2001). En Indovina (coord.), *La ciudad de baja densidad. Lógicas, gestión y contención*, pp. 51-83. Diputació de Barcelona.
- MUR, J. (1990). *Correlación espacial: un estudio de Monte Carlo*. Tesis Doctoral, Departamento de Análisis Económico. Universidad de Zaragoza.
- MUR, J. (1992). Contrastes de autocorrelación espacial: un estudio de Monte Carlo. *Estadística española*. vol. 34, nº 130, pp. 285 a 307.
- MUR, J. (1999). Heterocedasticidad y autocorrelación espacial: una propuesta de identificación de series espaciales. *Estadística española*, vol. 41, nº 144, pp. 79 a 104.
- NAESS, P., P.G. RØE, Y S. LARSEN (1995). Travelling distances, modal split and transportation energy in thirty residential areas in Oslo. *Journal of Environmental Planning and Management* 38, pp. 349-370.
- NEWMAN P. Y J. KENWORTHY (1989). *Cities and Automobile Dependence: An International Sourcebook*. Aldershot, Inglaterra: Gower Publishing.
- NEWMAN P. Y J. KENWORTHY (1999). *Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence*. Washington, DC: Island Press.
- NEWMAN P. Y J. KENWORTHY (2006). Urban Design to Reduce Automobile Dependence. *Opolis: An International Journal of Suburban and Metropolitan Studies*: vol. 2, nº 1, Article 3. Disponible en: <http://repositories.cdlib.org/cssd/opolis/vol2/iss1/art3>
- OCIO, I. (2006). Aproximación a la realidad socio-económica de las comarcas de Bizkaia. En *Aproximación a la realidad socio-económica de las comarcas de Euskal Herria*. Ipar-Hegoa ikasketa sindikaletarako fundazioa. Gaindegia, Berria. Disponible en: <http://www.gaindegia.org/es/node/361>
- OFFNER, J.M. (1993). Les effets structurants du transport: mythe politique, mystification scientifique. *L'Espace géographique*, nº3, pp. 233- 242. Université Paris XII, CNRS. Disponible en: <http://www.sciences-po-urbanisme.fr/IMG/pdf/article-offner-espace-geo.pdf>
- ORD, J. Y A. GETIS (1995). Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application. *Geographical Analysis*, 27 (4), pp. 286-306.
- OTEUS/ OBSERVATORIO DEL TRANSPORTE DE EUSKADI (2010). *Panorámica del transporte en Euskadi 2008*. Departamento de Vivienda, Obras Públicas y Transporte, Gobierno Vasco. Disponible en: http://www.garraioak.ejgv.euskadi.net/r413441/es/contenidos/informe_estudio/panoramica_2008/es_def/adjuntos/Panoramica_2008_%20cas_Ab2010.pdf
- PAELINK, J., J. MUR Y J. TRIVIEZ (2004). Econometría Espacial: más luces que sombras. *Estudios de Economía Aplicada*. vol. 22(3), pp. 383-405. Diciembre.
- PAAS T., A. KUUSK, F. SCHLITTE Y A. VORK (2007). Econometric analysis or income convergence in selected EU countries and their NUTS 3 level regions. University of Tartu - Faculty of Economics and Business Administration Working Paper Series, nº 60. Disponible en: <http://ideas.repec.org/p/mtk/febawb/60.html>
- PARSONS B., QUADE Y DOUGLAS INC. (1996A): *Influence of Land Use Mix and Neighborhood Design on Transit Demand*. Report for Transit Cooperative Research Program. Washington, DC: Transportation Research Board.
- PARSONS B., QUADE Y DOUGLAS INC. (1996B). *Transit and Urban Form: Mode of Access and Catchment Areas of Rail Transit*. Report. TCRP Project H-1 for Transit Cooperative Research Program. Washington, DC: Transportation Research Board.
- PISATI, M. (2001). Tools for spatial data analysis. *Stata Technical Bulletin*. March. STB-60. pp. 21-37. Disponible en: <http://www.stata.com/products/stb/journals/stb60.html>
- POLZIN, S.E. (2004). *The Relationship between Land Use, Urban Form and Vehicle Miles of Travel: The State of Knowledge and Implications for Transportation Planning*. Policy White Paper. Center for Urban Transportation Research. University of South Florida, march. Disponible en: <http://www.cutr.usf.edu/pubs/Trans-LU%20White%20Paper%20Final.pdf>

- POUYANNE, G. (2004A). Des avantages comparatifs de la ville compacte à l'interaction forme urbaine-mobilité. Methodologie et premiers résultats. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, nº 45, pp. 48-82. Disponible en: <http://beagle.u-bordeaux4.fr/gretha/index.html/POUYANNE-Guillaume.html>
- POUYANNE, G. (2004B). The motives of mobility: an infra-urban level analysis. The case of Bordeaux, France. *Cahiers du GRES*, nº 2004-09. Mayo. Disponible en: <http://cahiersdugres.u-bordeaux4.fr/2004/2004-09.pdf>
- POUYANNE, G. (2005). *Land use mix and daily mobility. The case of Bordeaux*. Cahiers du GRES 2005-08, Groupement de Recherches Economiques et Sociales. Disponible en: <http://ideas.repec.org/p/grs/wpegrs/2005-08.html>
- POUYANNE, G. (2008). Diversité des usages du sol et mobilité quotidienne: Une application à l'aire urbaine de Bordeaux. *Cahiers du GRES*, nº 2005-08. Mayo. Disponible en: <http://ideas.repec.org/p/grs/wpegrs/2005-08.html>
- PTCP (2001). Provincia di Bologna. Piano territoriale di coordinamento provinciale. Quadro conoscitivo. Relazione descrittiva. Conferencia di pianificazione. Disponible en: <http://www.planum.net/ptcpbologna/indexContent.html>
- PTP / ASSOCIACIÓ PER A LA PROMOCIÓ DEL TRANSPORT PÚBLIC (2002). ¿Quo vadis, movilidad?. *Mobilitat sostenible i segura*. Monográfico 2. Barcelona: Septiembre.
- PUSHKAREV, B. Y J. ZUPAN (1977). *Public Transportation and Land Use Policy*. Indiana University Press.
- REES, W. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, vol. 4, nº 2, pp. 121-130. Disponible en: <http://eau.sagepub.com/cgi/reprint/4/2/121>
- RÉRAT, P. (2005). Étalement, fragmentation, mobilité. Analyse des tendances de l'urbanisation dans la région de Neuchâtel. *URBIA: Les Cahiers du développement urbain durable*, nº 1, pp. 41-55.
- RHIND D. Y R. HUDSON (1980). *Land use*. Londres: Ed. Methuen.
- RIZVI, U. Z. (2005). History of City. *Encyclopedia of Anthropology*. SAGE Publications. Disponible en: http://www.sage-ereference.com/anthropology/Article_n172.html
- ROBERTS, M. (2006). *Seek and you will (not) find: model specification and search in the presence of two-directional spatial autocorrelation*. Centre for Economic and Public Policy, University of Cambridge. Disponible en: http://www1.american.edu/cas/econ/Brown%20Bag%20Papers/Spec_search_ROBERTS_Oct06.pdf
- RODRIGUE, J. P., C. COMTOIS Y B. SLACK (2009). *The Geography of Transport Systems*. Second edition. New York: Routledge. Disponible en: <http://people.hofstra.edu/geotrans/index.html>
- RODRIGUEZ, J. I. (1995). Origen de las ciudades. Raíces profundas. *Historia de las ciudades en España. Revista Fomento*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, Julio-Agosto, vol. 433, pp. 18-22.
- RODRIGUEZ, A. Y M.S. ESTEBAN (2008). Políticas y estrategias del desarrollo económico territorial. Material docente. Curso de Ordenación y Gestión del Territorio. Fundación ASMOZ- UPV/EHU.
- SALATINO, M. (2004). Dispersione urbana e costi collettivi del trasporto privato nelle regioni italiane. XXV Conferenza Italiana di Scienze Regionali. Disponible en: http://www.inter-net.it/aisre/minisito_2006/cd_aisre/Paper/Salatino1.pdf
- SALATINO, M. (2006). La dispersione urbana: effetti sul sistema trasporti-territorio. XXVII Conferenza Italiana di Scienze Regionali. Disponible en: http://www.inter-net.it/aisre/minisito_2006/cd_aisre/contributi.html
- SALINGAROS, A. (2007). La ciudad compacta sustituye a la dispersión. En Indovina (coord.), *La ciudad de baja densidad. Lógicas, gestión y contención*, pp. 481-498. Diputació de Barcelona.
- SANZ, A. (2005). El viaje de las palabras. En *Informe de Valladolid. El derecho a la movilidad*. Universidad de Valladolid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid, pp. 97-93. Disponible en: <http://www.ciudad-derechos.org/espanol/pdf/informed.pdf>

- SANZ, A. Y A. ESTEBAN (1996). *Hacia la reconversión ecológica del transporte en España*. Bilbao: Bakeaz. Centro de Documentación y Estudios para la Paz. Disponible en: <http://ficheros.bakeaz.org/Catarata-11.pdf>
- SANZ, J. (1995). Morfología urbana. La composición de lugar. *Historia de las ciudades en España. Revista Fomento*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, Julio-Agosto, vol. 433, pp. 26-37.
- SCHIMEK, P. (1996). Household motor vehicle ownership and use: how much does residential density matter? *Transportation Research Record* 1552, pp.120-125.
- SECCHI, B. (2004). Ciudad moderna, ciudad contemporánea y sus futuros. En : Martín Ramos, A. (coord.), *Lo urbano en 20 autores contemporáneos*, pp. 145-158.
- SJÖBERG, G. (1967): Origen y evolución de las ciudades. En *La ciudad*, Alianza Editorial, Madrid.
- SILVA, C. Y I. SCHIATTINO (2008). Modelos de Ecuaciones Estructurales: ¿Qué es eso?. *Ciencia & Trabajo*, Año 10, nº 29, jul-sept., pp.106-110. Disponible en: <http://www.cienciaytrabajo.cl/pdfs/29/pagina%20106.pdf>
- SMITH, W. (1984). Mass transit for high-rise, high-density living. *Journal of Transportation Engineering*, 110, pp. 521-535.
- SPENCE, N. Y M. FROST (1995). Work travel responses to changing workplaces and changing residences. In: Brotchie, J., Batty, M. Blakely, E., Hall, P., Newton, P. (eds.): *Cities in Competition*. Productive and Sustainable Cities for the 21st Century. Melbourne: Longman, pp. 359-381.
- SURIÑACH, J. (2006). Reseña de *Contributions in Spatial Econometrics* de F.J. Trivez/ J. Mur/ A. Angulo/ M. Ben Kaabia y B. Catalan. *Investigaciones Regionales*, nº 008. pp. 209-229.
- TCRP/ TRANSIT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM (2002). *Cost of Sprawl-2000*. Washington, D.C: Transportation Research Board, National Research Council. Report 74. Disponible en: http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/tcrp/tcrp_rpt_74-a.pdf
- TORAL, M. A. (2001). *El factor espacial en la convergencia de las regiones de la Unión Europea: 1980-1996*. Tesis doctoral. Universidad Pontificia Comillas de Madrid. Disponible en: <http://www.eumed.net/tesis/ata>.
- TORRES, R. (2006). La contraurbanización en la Comunidad Autónoma del País Vasco. *Lurralde, investigación y espacio*, nº 29. Disponible en: <http://www.ingeba.euskalnet.net/lurralde/lurranet/lur29/29torre/29torre.htm>
- TRANSYT / CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL TRANSPORTE (2004). *Observatorio de la movilidad metropolitana. Julio 2004*. Universidad Politécnica de Madrid. Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: http://www.transyt.upm.es/files/investigacion/proyectos/observatorio_movilidad/primer_informe_omm.pdf
- TRANSYT / CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL TRANSPORTE (2005). *Observatorio de la movilidad metropolitana. Octubre 2005*. Universidad Politécnica de Madrid. Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: http://www.transyt.upm.es/files/investigacion/proyectos/observatorio_movilidad/segundo_informe_omm.pdf
- TRAVISI, C., R. CAMAGNI Y P. NIJKAMP (2006). Análisis of Environmental Costs of Mobility due to Urban Sprawl – A modelling study on Italian Cities. Tinbergen Institute Discussion Paper, nº 06-042/3. Disponible en: <http://ideas.repec.org/p/dgr/uvatin/20060042.html>
- TRB/ TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (2009). *Driving and the Built Environment : The Effects of Compact Development on Motorized Travel, Energy Use, and CO2 Emissions – Special Report 298*. National Academy of Sciences, Washington, DC. Disponible en: <http://www.nap.edu/catalog/12747.html>
- VANCE, C., Y R. HEDEL (2007). The Impact of Urban Form on Automobile Travel. *Transportation*, vol. 34, pp. 575–588.
- VAYÁ, E. Y R. MORENO (2000). La utilidad de la Econometría Espacial en el Ambito de la Ciencia Regional. FEDEA- Documento de trabajo 2000-13.
- VAYÁ E. Y J. SURIÑACH (1996). Contrastes de autocorrelación espacial: Una aplicación al ámbito de las provincias españolas, X Reunión Asepelt España, Albacete 20-21, Junio 1996.

- VAYÁ, E., E. LÓPEZ-BAZO Y M. ARTÍS (1998). Growth, convergente and (why not?) regional externalities. Working Paper núm. E98/31, Divisió II, Universidad de Barcelona.
- WACKERNAGEL, M Y W. REES (2001). *Nuestra huella ecológica: reduciendo el impacto humano sobre la Tierra*. Santiago de Chile: Editorial LOM. 1ª edición.
- WBCSD / WORLD BUSSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (2001). *Mobility 2001. World mobility at the end of the twentieth century and its sustainability*. Instituto de Tecnología de Massachussets. Disponible en: <http://www.wbcd.org/plugins/DocSearch/details.asp?type=DocDet&ObjectId=MTq1>
- WBCSD / WORLD BUSSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (2002). *The Sustainable Mobility Project*. July 2002, Progress report. Disponible en: http://www.wbcd.org/DocRoot/c9017QagRwv0QWQvRljH/20020724_mobility.pdf
- WEGENER, M. Y F. FÜRST (1999). *Land-Use Transport Interaction: State of the Art*. Project TRANSLAD. European Commission. Disponible en: <http://129.3.20.41/eps/urb/papers/0409/0409005.pdf>
- WELLS, N.M. Y Y. YANG (2008). Neighborhood Design and Walking. A Quasi-Experimental Longitudinal Study. *American Journal of Preventive Medicine*, 34(4), pp. 313–319.
- WINTER, J. Y S. FARTHING (1997). Coordinating facility provision and new housing development: impacts on car and local facility use. In: Farthing, S. (ed.): *Evaluating Local Environmental Policy*. Aldershot: Avebury, pp.159-179.
- WOOLDRIDGE, J. M. (2002). *Introductory Econometrics: a modern approach*. South-Western. Cincinatti.
- ZIELINSKI, E. (2006). New Mobility: The Next Generation of Sustainable Urban Transportation. Washington DC: *National Academy of Engineering*, vol. 36, nº 4. Disponible en: <http://www.nae.edu/nae/weblinks/MKEZ-6WHPJK?OpenDocument>