



Abordando la Endogeneidad en Modelos Estratégicos de Elección Modal

Thomas E. Guerrero, C. Angelo Guevara, J. de D. Ortúzar y E. Cherchi

XIX Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte
7-9 de Octubre de 2019
Santiago, Chile

Contenido

- 1) Introducción
- 2) Metodología
- 3) Resultados
- 4) Conclusiones

Introducción

- El *Modelo Clásico de Transporte (MCT)* juega un papel importante en la planeación y formulación de políticas de transporte (Ortúzar y Willumsen, 2011).
- La *Elección de Modo (EM)*, una de las cinco etapas del MCT, es modelada a partir de *Modelos de Elección Discreta (MED)*.

Introducción

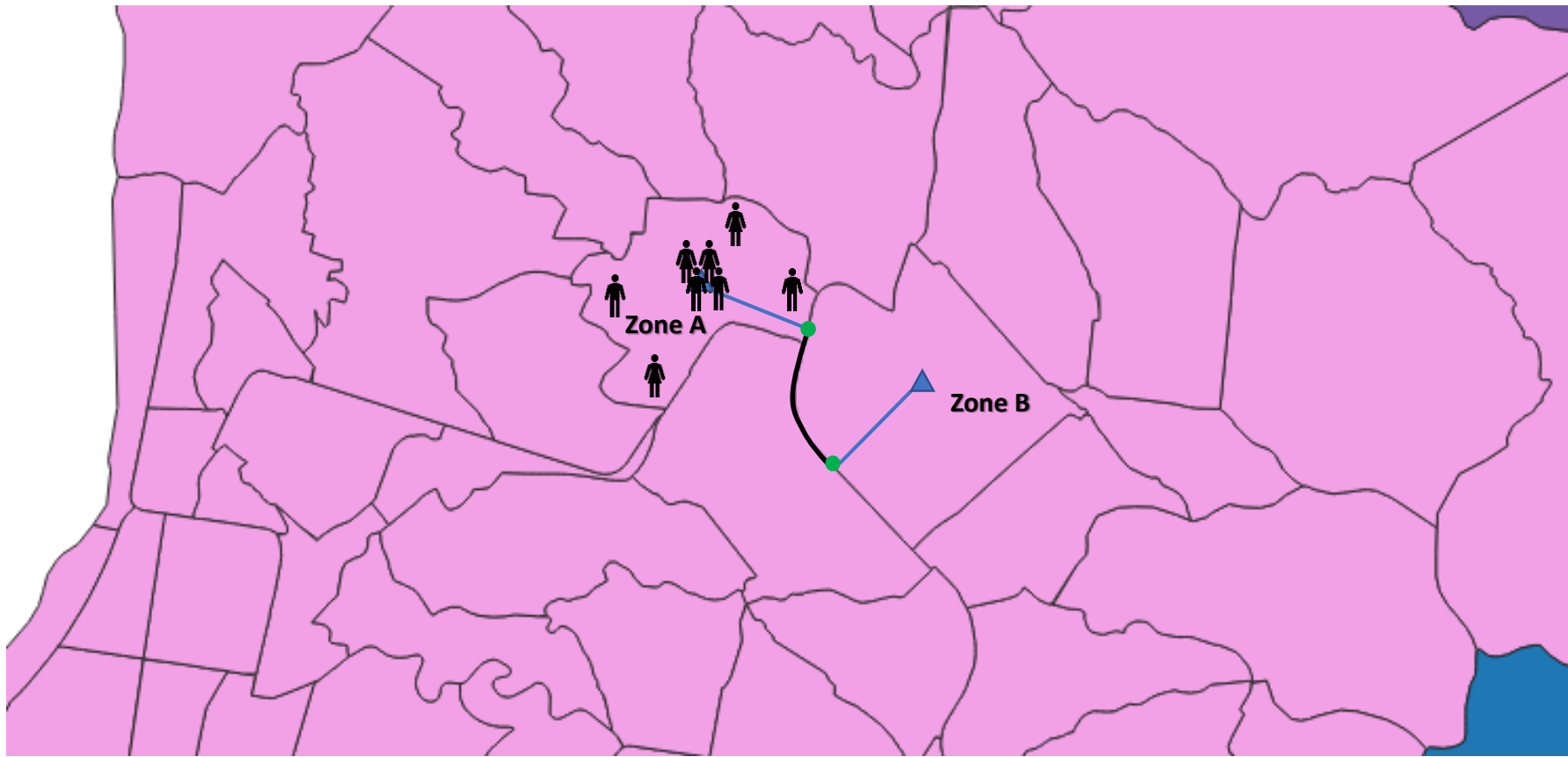
Endogeneidad es la correlación entre una, o más, variables explicativas y el término de error de un modelo econométrico.

Como resultado, los parámetros estimados pueden ser inconsistentes (Guevara, 2015).

Introducción

- La *Endogeneidad* es una de las fallas más comunes en modelación econométrica.
- ¿Qué causa endogeneidad?
 - ✓ Errores de medición o especificación.

Introducción



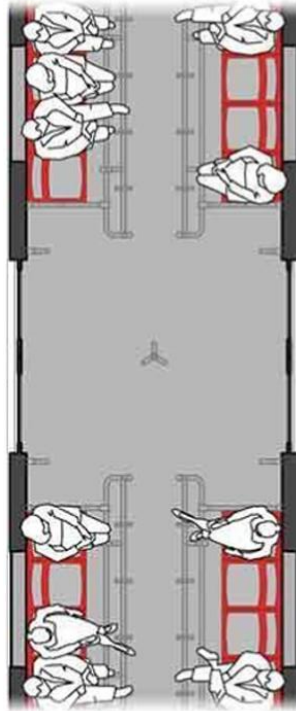
La *agregación* induce *errores de medición* que conducen - por ejemplo - a subestimar el parámetro del tiempo de viaje → su coeficiente tenderá a ser cero

Introducción

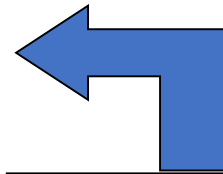
- La *Endogeneidad* es una de las fallas más comunes en modelación econométrica.
- ¿Qué causa endogeneidad?
 - ✓ Errores de medición o especificación.
 - ✓ Atributos omitidos

Introducción

Fuente: Tirachini *et al* (2017)



15 minutos, sentado



Tomador de
decisiones



10 minutos, sentado

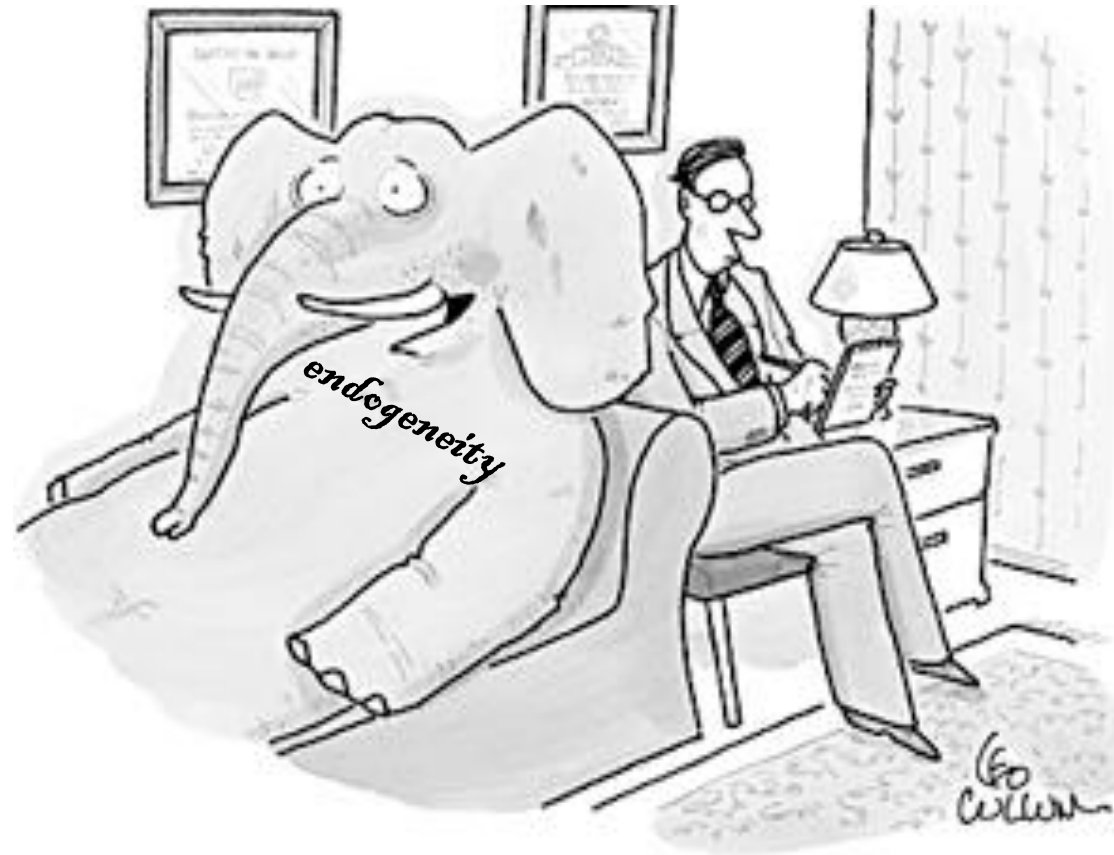
Modelador

La omisión de variables, como el nivel de hacinamiento, puede conducir a subestimar el impacto del tiempo de viaje → coeficiente positivo o no significativo

Introducción

- La *Endogeneidad* es una de las fallas más comunes en modelación econométrica.
- ¿Qué causa endogeneidad?
 - ✓ Errores de medición o especificación.
 - ✓ Atributos omitidos
 - ✓ Estimación simultánea, y otros efectos
- ¿Por qué es importante estudiar la endogeneidad?

Introducción



*"I'm right there in the room, and no
one even acknowledges me."*

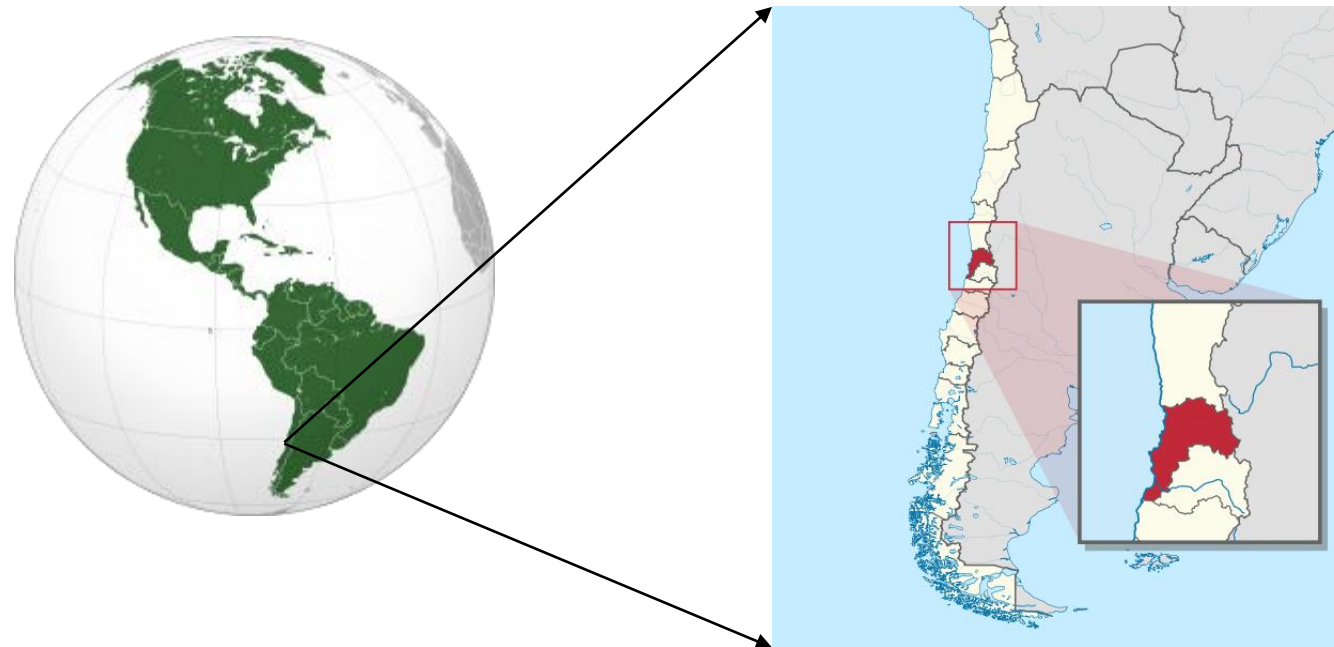
Introducción

Desafíos:

- Determinar si existe endogeneidad
- Encontrar “instrumentos” (variables instrumentales) válidos
- ¿Cómo cuantificar sus efectos?

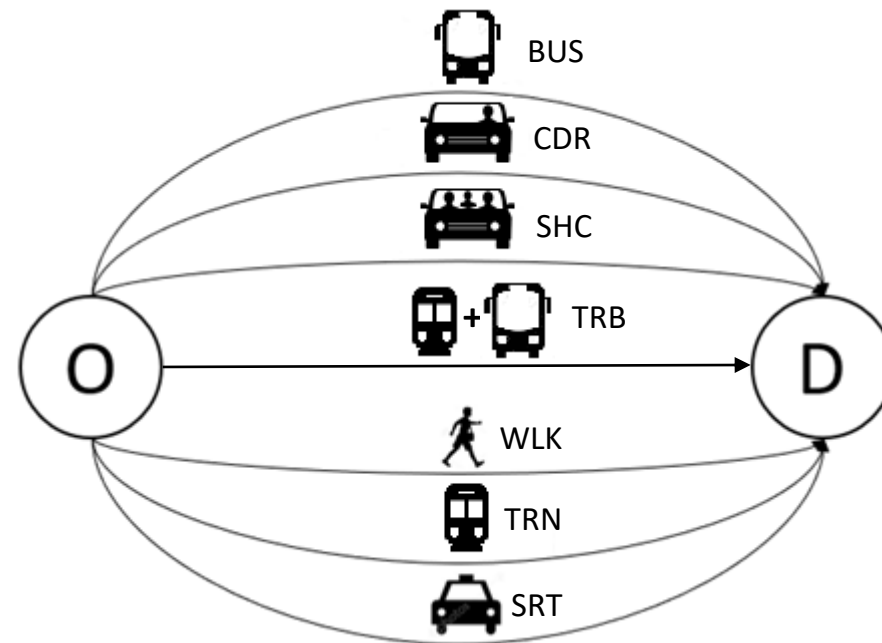
Metodología

- Recolección de datos:
 - ✓ Encuesta Origen-Destino del Gran Valparaíso (Chile).



Metodología

- Recolección de datos:
 - ✓ Encuesta Origen-Destino del Gran Valparaíso (Chile).
 - ✓ Siete modos de transporte



BUS (Bus)

CDR (Auto Chofer)

SHC (Auto acompañante)

TRB (Tren + Bus)

WLK (Caminata)

TRN (Tren)

SRT (Taxi colectivo)

Metodología

- Recolección de datos:
 - ✓ Encuesta Origen-Destino del Gran Valparaíso (Chile).
 - ✓ Siete modos de transporte
- *Funciones de Control* (FC - Heckman, 1978) y *Variables Instrumentales* (VI o instrumentos).

Metodología

- **FC** son los residuos de una regresión lineal de la variable endógena sobre la(s) variable(s) exógena(s).

$$U_{in} = ASC_i + \beta_t t_{in} + \beta_c c_{in} + \varepsilon_{in}$$

Etapas 1: Obtener los residuos mediante una regresión lineal (OLS)

$$t_{in} = \alpha + \gamma_z Z_{in} + \delta_{in}$$

└──────────→ **VI o instrumento** (Hausman, 1978).

Z_{in} debe estar correlacionada con t_{in} (condición de fortaleza), pero

Z_{in} no correlacionada con el término de error ε_{in} (condición de exogeneidad)

Metodología

- **FC** son los residuos de la regresión lineal de la variable endógena sobre la(s) variable(s) exógena(s).

$$U_{in} = ASC_i + \beta_t t_{in} + \beta_c c_{in} + \varepsilon_{in}$$

Etapas 2: Estimar el modelo de elección considerando $\hat{\delta}_{in}$

$$U_{in} = ASC_i + \beta_t t_{in} + \beta_c c_{in} + \beta_{\hat{\delta}} \hat{\delta}_{in} + \tilde{\varepsilon}_{in}$$

Si $\beta_{\hat{\delta}}$ es significativamente distinto de cero, existe evidencia de la presencia de endogeneidad (Rivers y Vuong, 1988).

Resultados: Determinar si existe endogeneidad

	Variable	Modelo endógeno			Modelo corregido		
		Valor	Std err	t-test	Valor	Std err	t-test
ASC período AM1	ASC _{Auto chofer1}	-0.425	0.329	-1.29	-0.247	0.253	-0.98
	ASC _{Auto acompañante1}	-2.980	0.354	-8.43	-3.199	0.270	-11.84
	ASC _{Bus1}	-1.140	0.341	-3.35	-1.035	0.220	-4.71
	ASC _{Tren1}	-2.780	0.682	-4.07	0.839	0.954	0.88
	ASC _{Taxi compartido1}	-2.180	0.356	-6.12	-1.705	0.244	-6.98
	ASC _{Caminata1}	0	-	-	0	-	-
ASC período AM2	ASC _{Tren+Bus1}	-4.930	0.572	-8.62	-3.150	0.557	-5.65
	ASC _{Auto chofer2}	0.826	0.322	2.56	1.002	0.237	4.22
	ASC _{Auto acompañante2}	-1.670	0.328	-5.09	-1.878	0.253	-7.42
	ASC _{Bus2}	-0.659	0.343	-1.92	-0.539	0.222	-2.43
	ASC _{Tren2}	-1.580	0.47	-3.37	2.014	0.911	2.21
	ASC _{Taxi compartido2}	-1.590	0.345	-4.60	-1.110	0.228	-4.87
Costo/Ingreso	ASC _{Caminata2}	1.200	0.168	7.15	1.190	0.157	7.58
	ASC _{Tren+Bus2}	-4.030	0.460	-8.74	-2.237	0.532	-4.21
Tiempo generalizado	β_{COSINC}	-0.015	0.003	-5.10	-0.026	0.007	-3.97
	β_{GT} (Autochofer y Auto acompañante)	-0.031	0.0075	-4.14	-0.0308	0.008	-3.61
	β_{GT} (Caminata)	-0.113	0.011	-10.35	-0.115	0.009	-13.36
	β_{GT} (Bus, Tren, Taxi compartido y Tren+Bus)	-0.0075	0.002	-4.44	-0.0097	0.002	-5.69
Variables mudas	β_{D1} (Taxi compartido1)	-1.560	0.475	-3.28	-1.952	0.480	-4.07
	β_{D2} (Tren y Tren+Bus1)	2.000	0.645	3.10	-1.568	1.017	-1.54
	β_{D3} (Taxi compartido2)	-1.830	0.376	-4.87	-2.241	0.392	-5.71
	β_{D4} (Tren y Tren+Bus2)	1.660	0.382	4.34	-1.888	0.957	-1.97
	$\hat{\beta}_{\text{COSINC}}$	-	-	-	0.014	0.007	1.93
	$\hat{\beta}_{\text{GT}}$	-	-	-	0.002	0.001	3.41
N		2417			2417		
Log-likelihood		-3266.323			-3258.790		

Mudas: Toman el valor 1 si el viaje es superior a 10 kms.

$$LR = -2 * (-3266.323 + 3258.79) = 15.07$$

Como $LR > \chi^2_2$ ($15.07 > 5.99$) la hipótesis nula es rechazada y se concluye que el modelo corregido es superior

⇒ Residuos de la FC

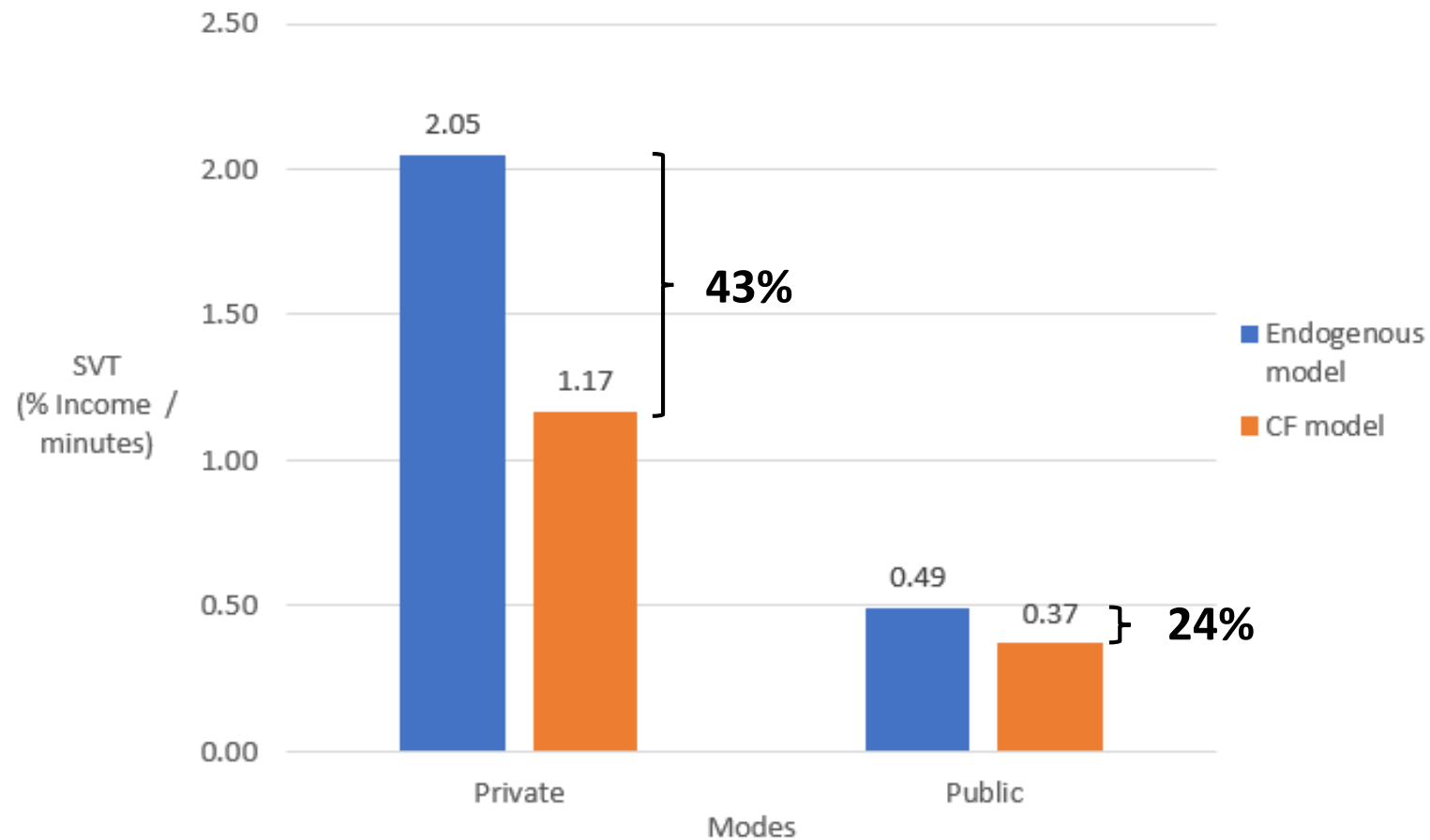
Resultados: Encontrar instrumentos válidos

- Promedio de los *tiempos de viaje* de otros pares O-D que tengan longitud similar entre el origen y el destino.
- Promedio de los *costos de viaje* de otros pares O-D que tengan longitud similar entre el origen y el destino.
- Distancia medida sobre la red, entre el origen y el destino para cada modo.

Se aplicó el test de sobre-identificación para probar la exogeneidad de los instrumentos (Guevara, 2018).

Resultados: Cuantificar los efectos de la endogeneidad

- Valor Subjetivo del Tiempo (VST)



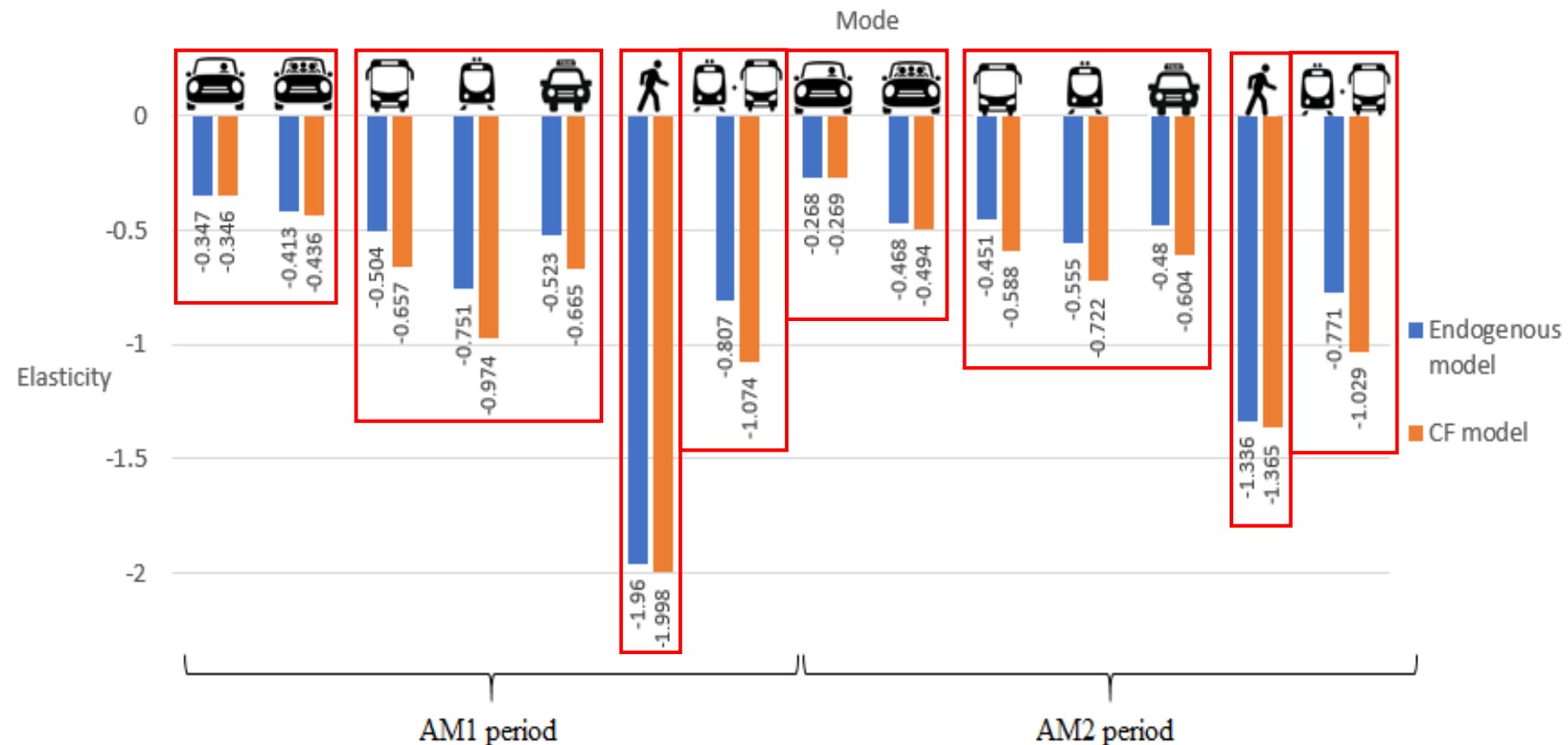
Modos privados



Modos públicos

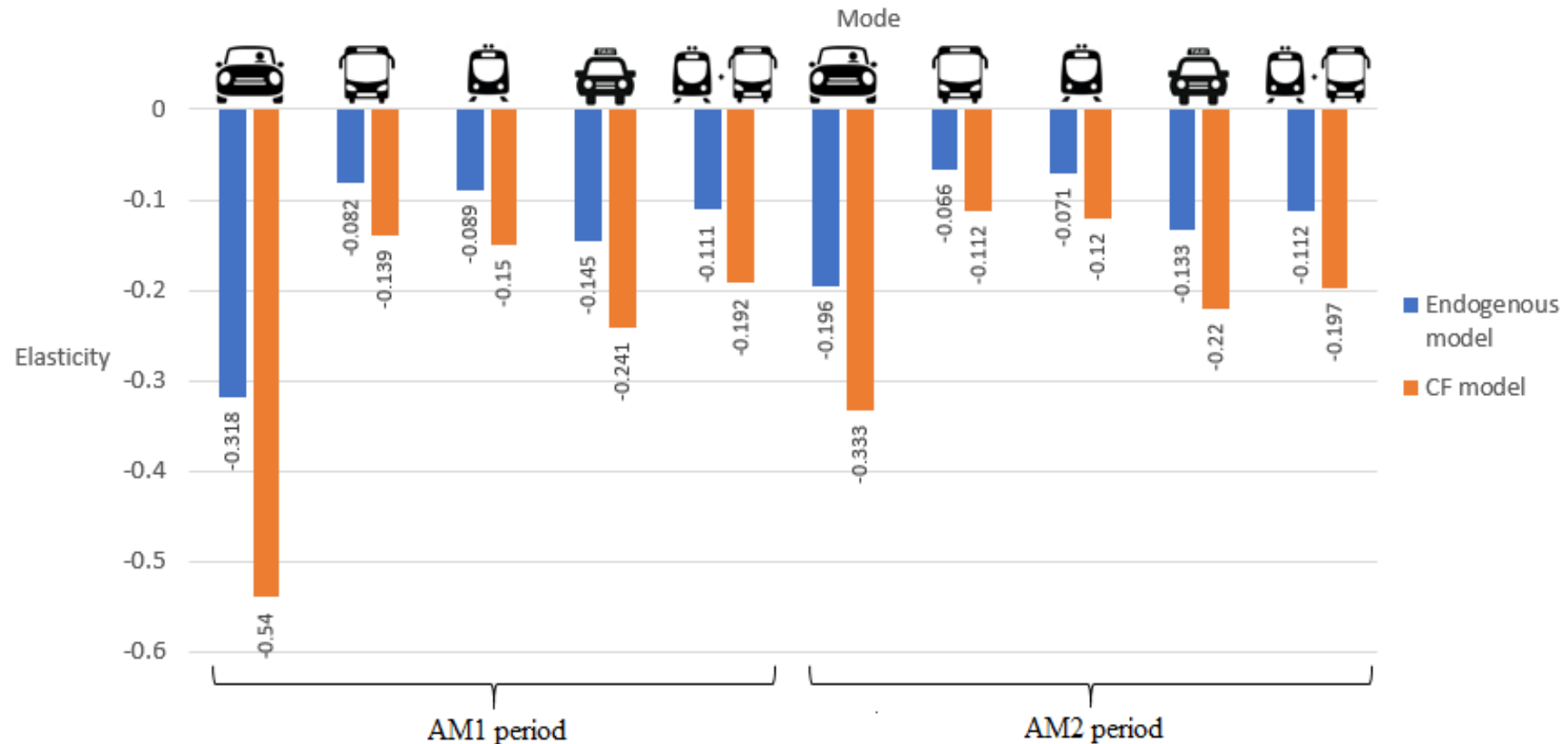
Resultados: Cuantificar los efectos de la endogeneidad

- Elasticidades (Tiempo Generalizado)



Resultados: Cuantificar los efectos de la endogeneidad

- Elasticidades (Costo)



Conclusiones

- Existe endogeneidad en modelos de elección modal estimados a nivel estratégico
- Se encontraron VI válidas para corregir la endogeneidad en este contexto de modelación
- Se cuantificaron los efectos de estimar los parámetros sesgados:
 - ✓ VST sobreestimado (43% y 24%)
 - ✓ Elasticidades subestimadas (30% para TG y 65% para C)

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a:

SECTRA y, en particular, a Alan Thomas por suministrar datos reales.

CONICYT, FONDECYT 1191104 y al Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería (CONICYT - PIA - FB0816), por financiar la investigación.

También agradecemos el apoyo del Centro BRT+ (www.brt.cl), financiado por la Volvo Research and Educational Foundations y al Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística (Pontificia Universidad Católica de Chile).