

19° CONGRESO CHILENO DE  
INGENIERÍA DE TRANSPORTE  
S A N T I A G O 2 0 1 9

# Disposición a usar la bicicleta: Un modelo logit ordinal con variables latentes

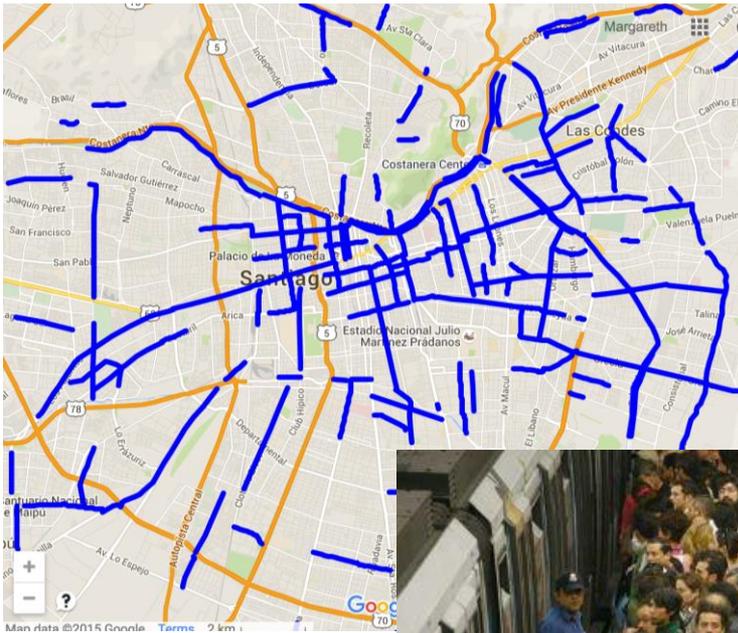
**Margareth Gutiérrez Torres**  
**Ricardo Hurtubia**  
**Juan de Dios Ortúzar**



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE  
TRANSPORTE Y LOGÍSTICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



# ¿Cómo identificamos usuarios potenciales de bicicleta?



# Desarrollo de la Presentación

Contexto

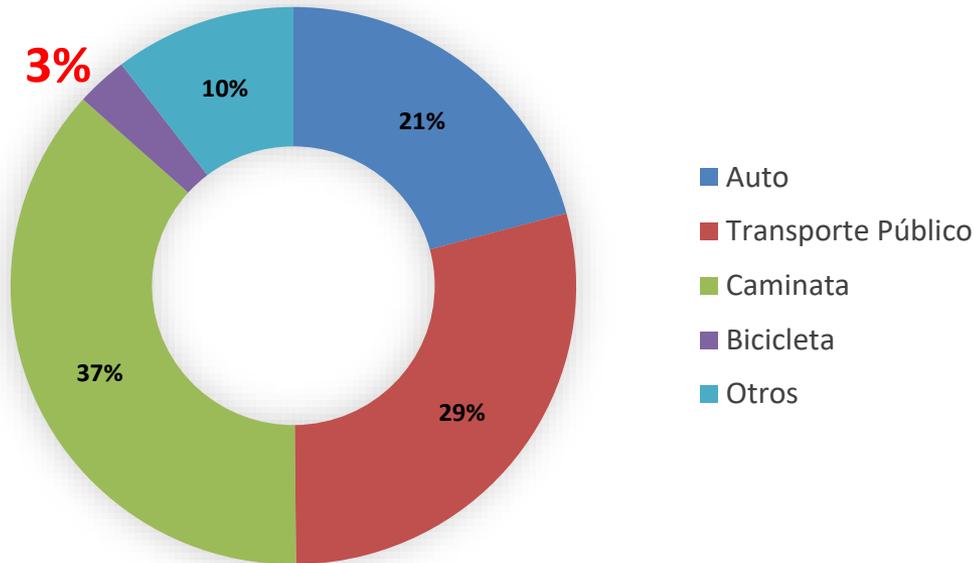
Desarrollo de la Investigación

Resultados y conclusiones

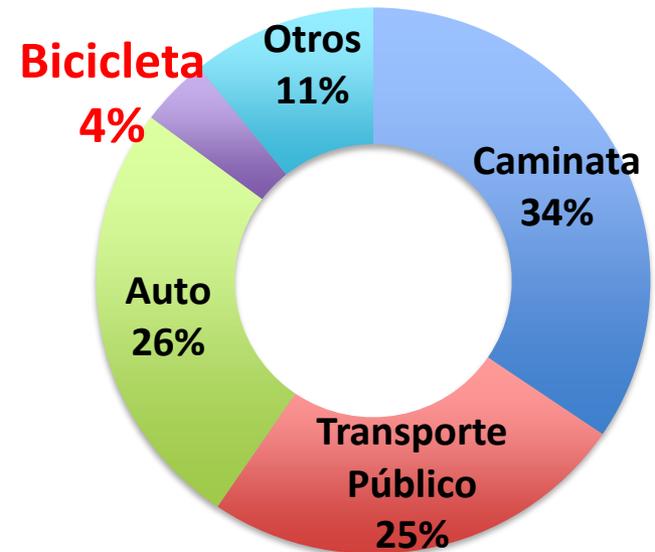
Trabajo Futuro

# Contexto

## Partición Modal Santiago (EOD, 2006)



## Partición Modal Santiago (EOD, 2012)

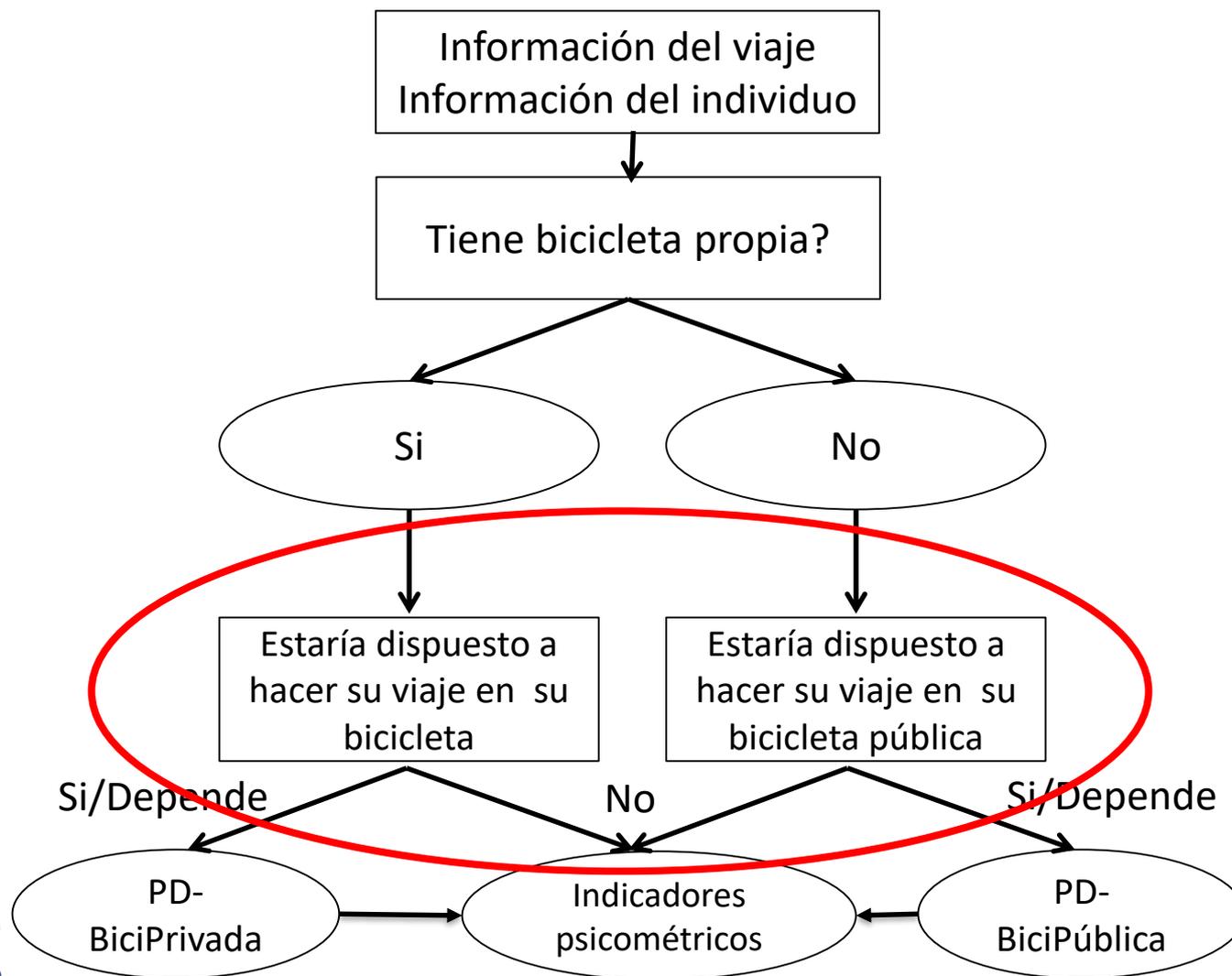


4% del total de viajes = 747,000 viajes, cerca de la cantidad de viajes en auto que usan autopistas en Santiago

# Población Objetivo

- Usuarios potenciales de bicicleta.
- ¿Estarían dispuestos a usar la bicicleta en su viaje diario?
- ¿Qué factores podrían influir en el cambio de modo (hábito)?

# Encuesta de Preferencias Declaradas (PD)



# Indicadores Psicométricos

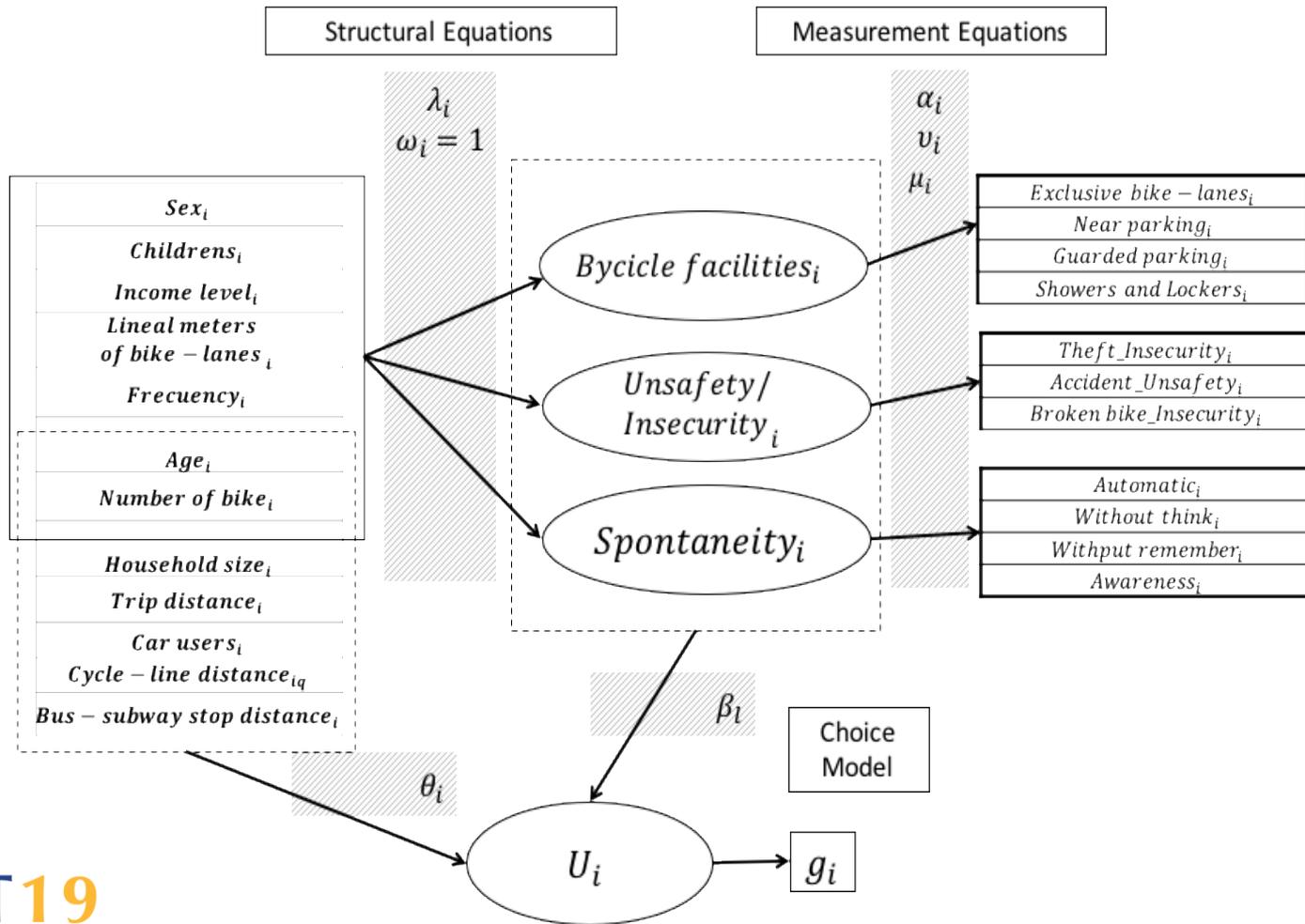
- Actitudes.
- Percepciones (incentivos/ barreras).
- Hábito – subescala Índice de Hábito Auto-Informado (Verplanken y Orbell, 2003).
- Escala Likert de 5 puntos.

# Análisis de datos

- Se recolectaron 1432 encuestas depuradas 1398.
- Elegimos aquellos usuarios de:
  - Transporte público (combinaciones con Auto y Taxi)
  - Auto Chofer/Acompañante
  - Taxi
- 805 respondieron si están o no dispuestos a usar la bicicleta.
  - Si estaría dispuesto: 21.5%
  - Tal vez/Depende: 40.2%
  - No: 38.3%



# Estructura del modelo híbrido



# Estimación de los modelos

- Modelo logit ordinal

$$U_{W\_Cycle} = \theta_{Sex} \cdot Sexo + \theta_{Edad} \cdot Edad + \theta_{Autos} \cdot No\_Autos + \theta_{Bk} \cdot NO_{Bici} + \theta_{Per} \cdot NO_{Per} + \theta_{Largo} \cdot Largo_{Viaje} + \theta_{Uso_{Auto}} \cdot USO_{Auto} + \theta_{Paradero} \cdot Distancia_{Paradero} + \theta_{Ciclovía} \cdot Distancia_{Ciclovía} + \theta_{Ciclov\_m} \cdot Metros_{Ciclovías} + \theta_{Entropía} \cdot Entropía\_D + \varepsilon_i$$

- Modelo logit ordinal con variables latentes

$$U_{W\_Cycle} = \theta_{Edad} \cdot Edad + \theta_{Bk} \cdot NO_{Bici} + \theta_{Per} \cdot NO_{Per} + \theta_{Uso_{Auto}} \cdot USO_{Auto} + \theta_{Largo} \cdot Largo_{Viaje} + \theta_{Paradero} \cdot Distancia_{Paradero} + \theta_{Ciclovía} \cdot Distancia_{Ciclovía} + \theta_{Entropía} \cdot Entropía\_D + \theta_{Esp.} \cdot Espontaneidad + \theta_{Inseg} \cdot Inseguridad + \theta_{Infra} \cdot Infraestructura + \varepsilon_i$$

$$U_{W\_Cycle} = \theta_{Sex} \cdot Sexo + \theta_{Edad} \cdot Edad + \theta_{Autos} \cdot No\_Autos + \theta_{Bk} \cdot NO_{Bici} + \theta_{Per} \cdot NO_{Per} + \theta_{Largo} \cdot Largo_{Viaje} + \theta_{Uso_{Auto}} \cdot USO_{Auto} + \theta_{Paradero} \cdot Distancia_{Paradero} + \theta_{Ciclovía} \cdot Distancia_{Ciclovía} + \theta_{Ciclov\_m} \cdot Metros_{Ciclovías} + \theta_{Entropía} \cdot Entropía\_D + \varepsilon_i$$



# Resultados modelos

## Modelo ordinal simple

Atributo	Parámetro (test-t)
<del>Mujer</del> →	-0.328 (-2.38)
Edad	-0.025 (-3.56)
<del>No. Autos</del> →	-0.093 (-1.21)
No. Bicicletas	0.196 (3.48)
No. Personas	-0.106 (-1.60)
Uso de Auto	-0.678 (-4.19)
Largo del viaje	-0.084 (-5.92)
Distancia paradero	0.051 (3.82)
Distancia Ciclovía	-0.063 (-2.81)
<del>Metros Ciclovía</del> →	0.128 (1.09)
Entropía Destino	-0.933 (1.94)
<i>Final log-likelihood</i>	<i>-784.78</i>

## Modelo ordinal híbrido

Atributo	Parámetro (test-t)
Edad	-0.024 (-2.51)
No. Bicicletas	0.129 (1.55)
No. Personas	-0.108 (-1.33)
Uso de Auto	-0.830 (-3.84)
Entropía Destino	-1.022 (1.67)
Largo del viaje	-0.079 (-2.98)
Distancia paradero	0.066 (3.49)
Distancia Ciclovía	-0.079 (-2.70)
<i>Esponaneidad</i>	<i>0,080 (2.70)</i>
<i>Inseguridad</i>	<i>-0,704 (-2.15)</i>
<i>Infraestructura</i>	<i>0.735 (1.43)</i>
<i>Final log-likelihood</i>	<i>-776.44</i>

# Resultados Mimic

Atributo	Parámetro (test-t)
$\lambda_{No\_Autos\_Espont.}$	-0.046 (-1.39)
$\lambda_{Frecuencia\_Espont.}$	-0.158 (-4.53)
$\lambda_{No\_Subway\_Espont.}$	-0.106 (-1.63)
$\lambda_{Niños\_Espont.}$	-0.162 (-1.88)
$\lambda_{No\_Autos\_Infra}$	-0.099 (-2.81)
$\lambda_{No\_Bici\_Infra}$	-0.085 (-2.91)
$\lambda_{LowIncome\_Infra}$	0.333 (3.45)
$\lambda_{MediumIncome\_Infra}$	0.415 (4.16)
$\lambda_{Mujer\_Inseguridad}$	0.581 (7.14)
$\lambda_{No\_Bici\_Inseguridad}$	-0.085 (-2.91)
$\lambda_{Edad\_Inseguridad}$	0.009 (2.24)
$\lambda_{Ciclov\_m\_Inseguridad}$	-0.121 (-1.98)



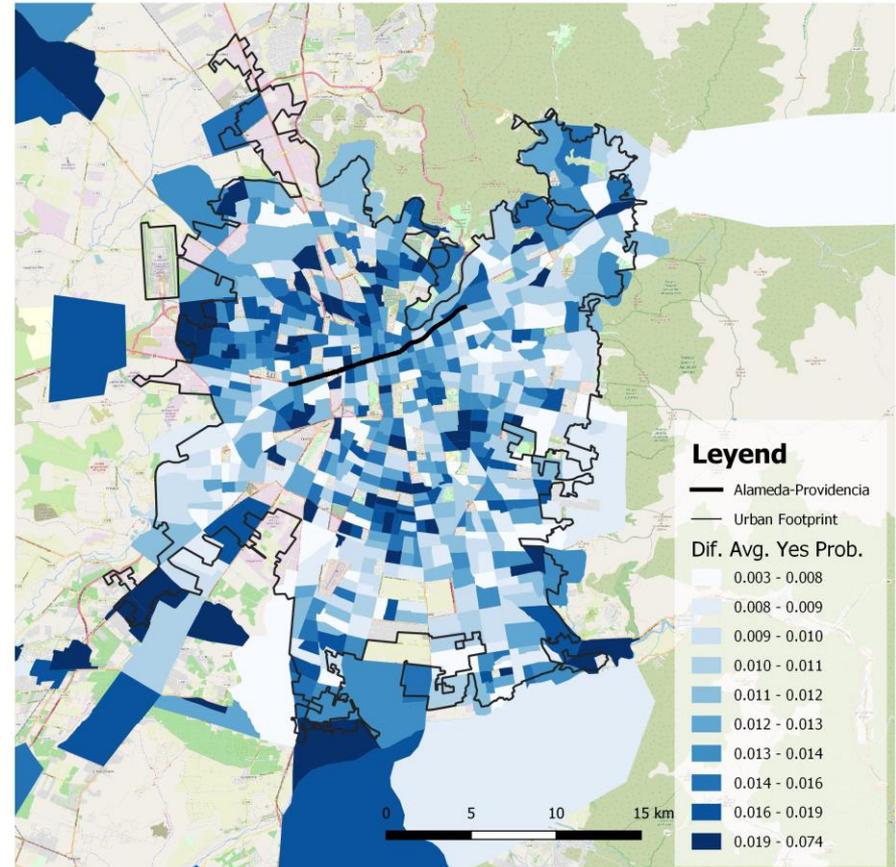
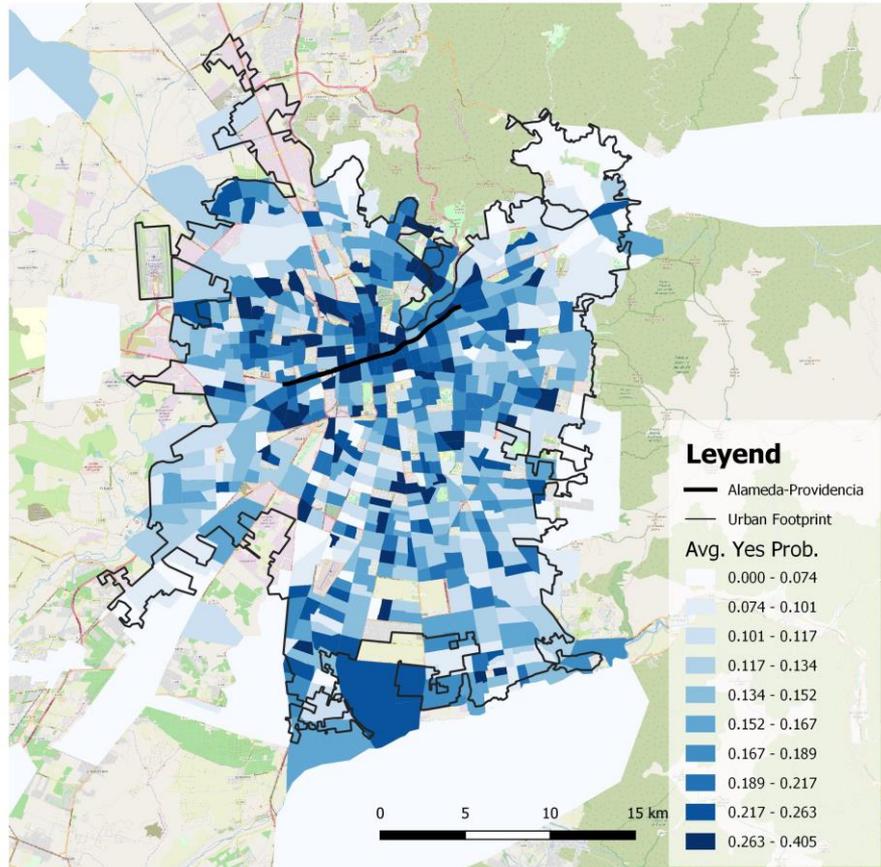
# Aplicación del modelo a la EOD-2012

- Día laboral normal
- En hora punta mañana (7:30-9:00)
- Muestra para validar modelo 4.546 viajes (680 mil viajes expandidos)
  - Si estaría dispuesto: 16.5% (112.2 viajes)
  - Tal vez/Depende: 38.4%
  - No: 45.1%
- Según EOD en punta mañana 101.2 mil viajes en bicicleta (3.6%).

# Aplicación del modelo a la EOD-2012

	<b>Probabilidades modelo</b>	<b>Probabilidades al reducir la distancia del viaje a la mitad</b>	<b>Probabilidades al reducir la distancia a la ciclovía a la mitad y tener 1 km más de ciclovía</b>
<b>No</b>	45.1%	34.6%	43.1%
<b>Maybe</b>	38.4%	43.9%	39.2%
<b>Yes</b>	16.5%	21.5%	17.7%

# Aplicación del modelo a la EOD-2012



# Conclusiones

- La disponibilidad de infraestructura cicloinclusiva es definitiva al momento de elegir la bicicleta.
- Campañas educativas para disminuir la percepción de inseguridad.
- Información actualizada para ciclistas, tales como mapas de talleres para bicicleta, puntos de alquiler de bicicletas, entre otros.

# Conclusiones

- Posibilidad de programar el viaje y visualizarlo (Google Maps).
- Romper hábito, a través de técnicas de cambio de comportamiento.
- Centrarse en la población que está dispuesta como personas jóvenes, personas con poco acceso a paraderos/estaciones transporte público.

# Trabajo Futuro

- Estimar modelo con datos de encuesta PD y validar resultados con la EOD.
- Explorar el hábito y entorno construido para los usuarios de bicicleta.
- Estimar modelo conjunto con clases latentes.

19° CONGRESO CHILENO DE  
INGENIERÍA DE TRANSPORTE  
S A N T I A G O 2 0 1 9

# Disposición a usar la bicicleta: Un modelo logit ordinal con variables latentes

**Margareth Gutiérrez Torres**  
**Ricardo Hurtubia**  
**Juan de Dios Ortúzar**

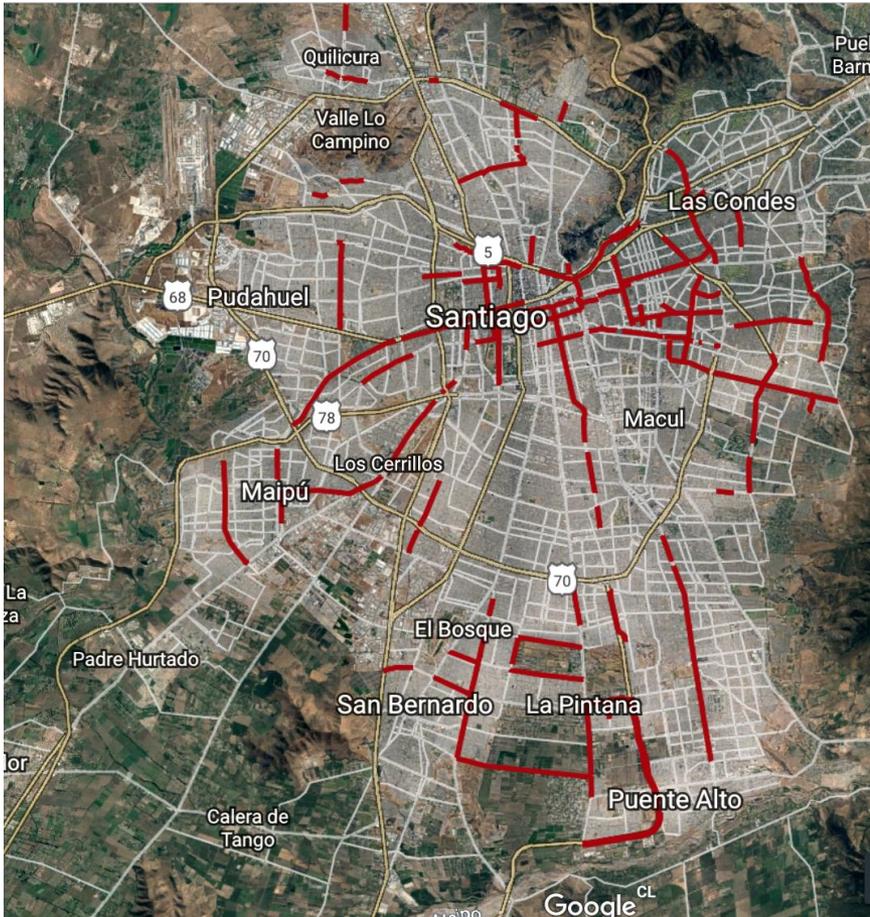


DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE  
TRANSPORTE Y LOGÍSTICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

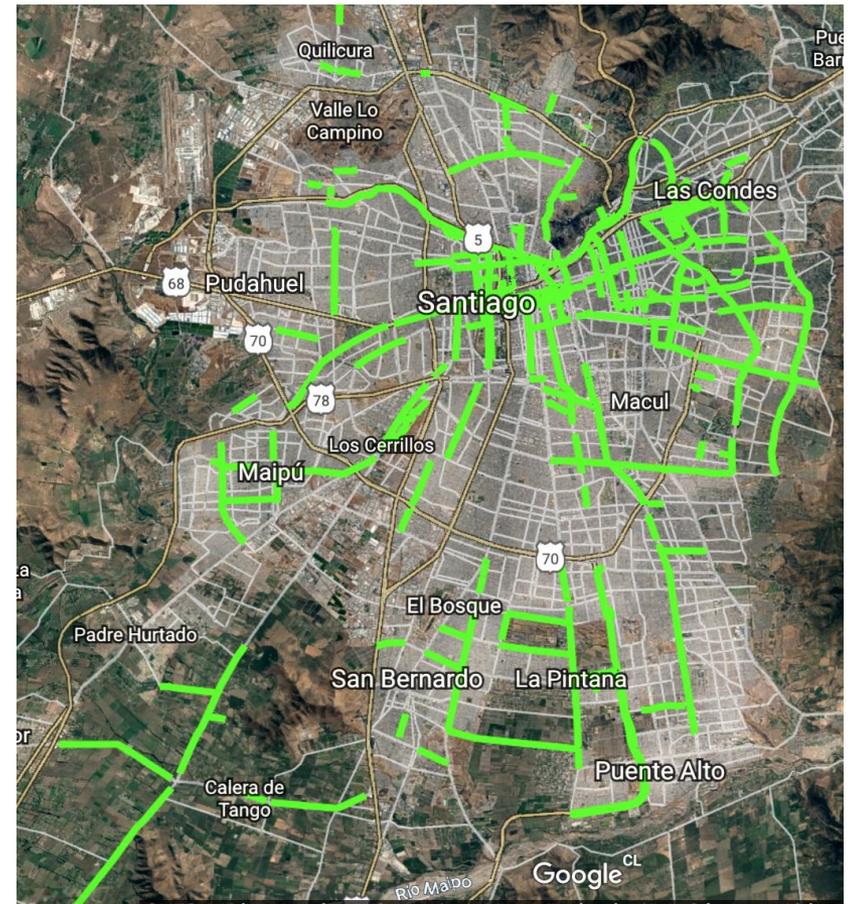


# Bici-carriles en Santiago

200 km



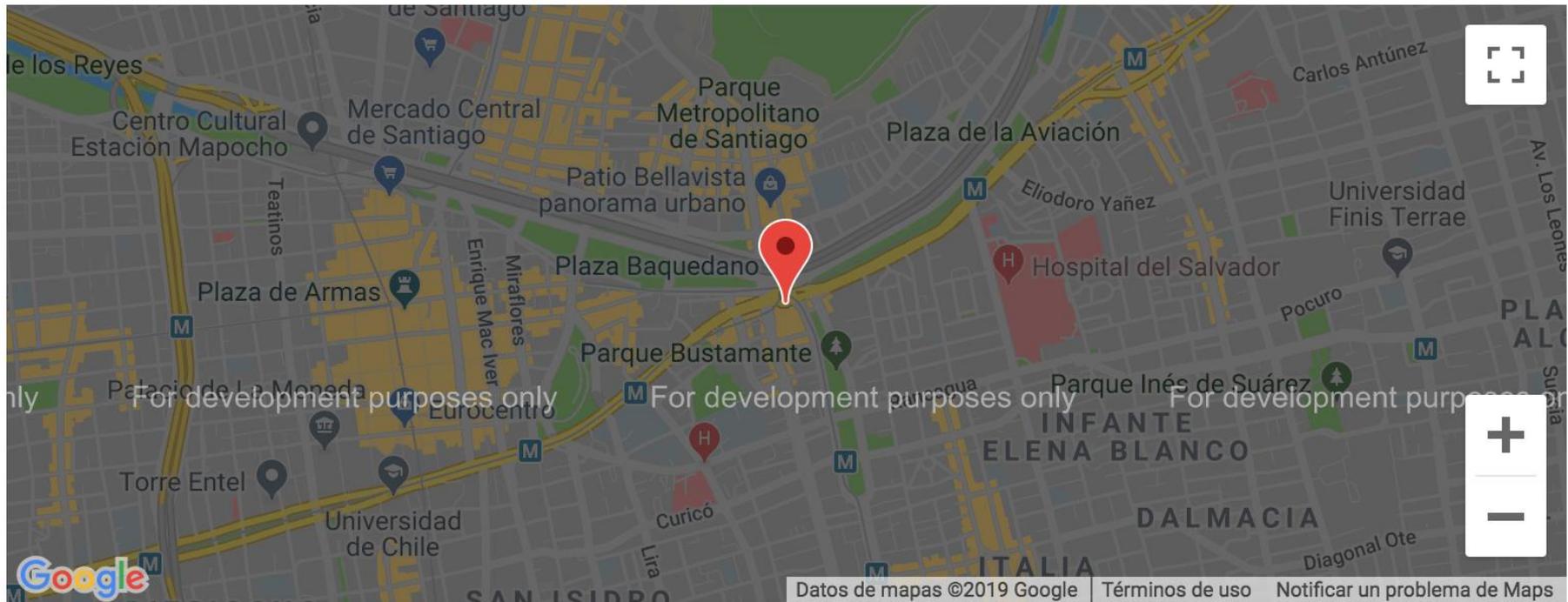
450 km



# Encuesta

Variables de entorno construido:

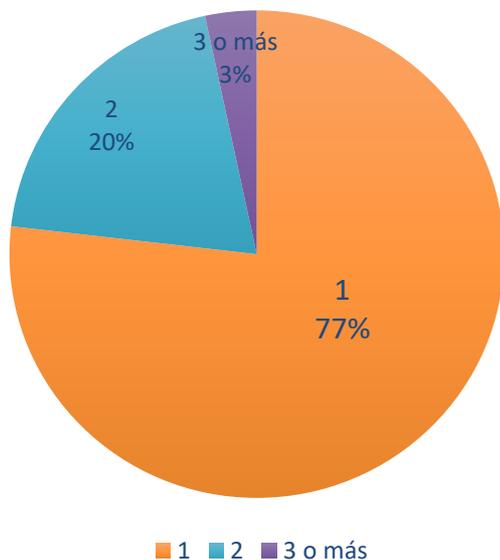
- Creadas a partir de información Origen y Destino.



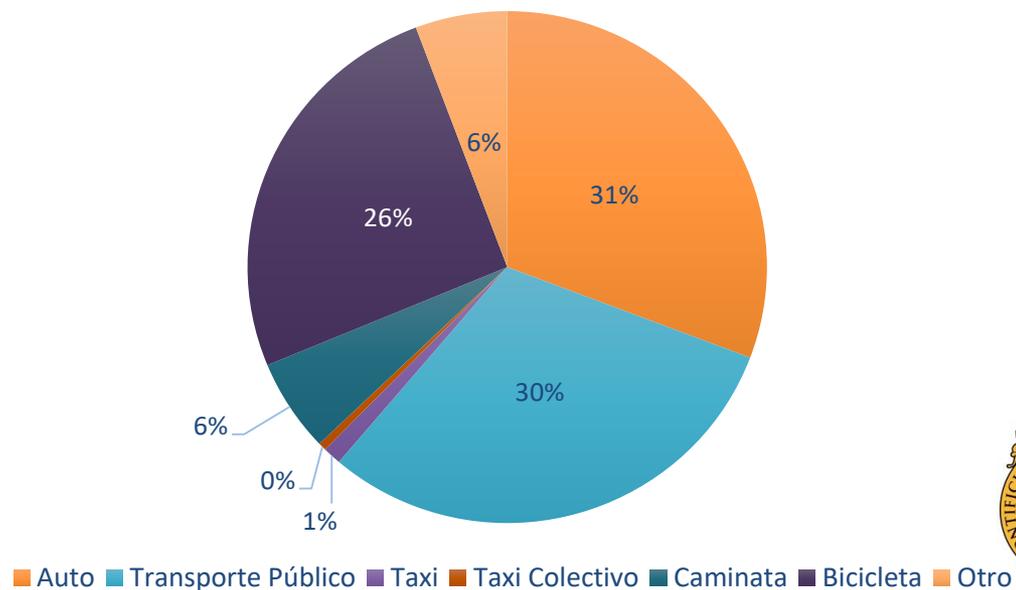
# Análisis de datos

- Se recolectaron 1432 encuestas depuradas 1398.
- 43% mujeres/57% hombres.

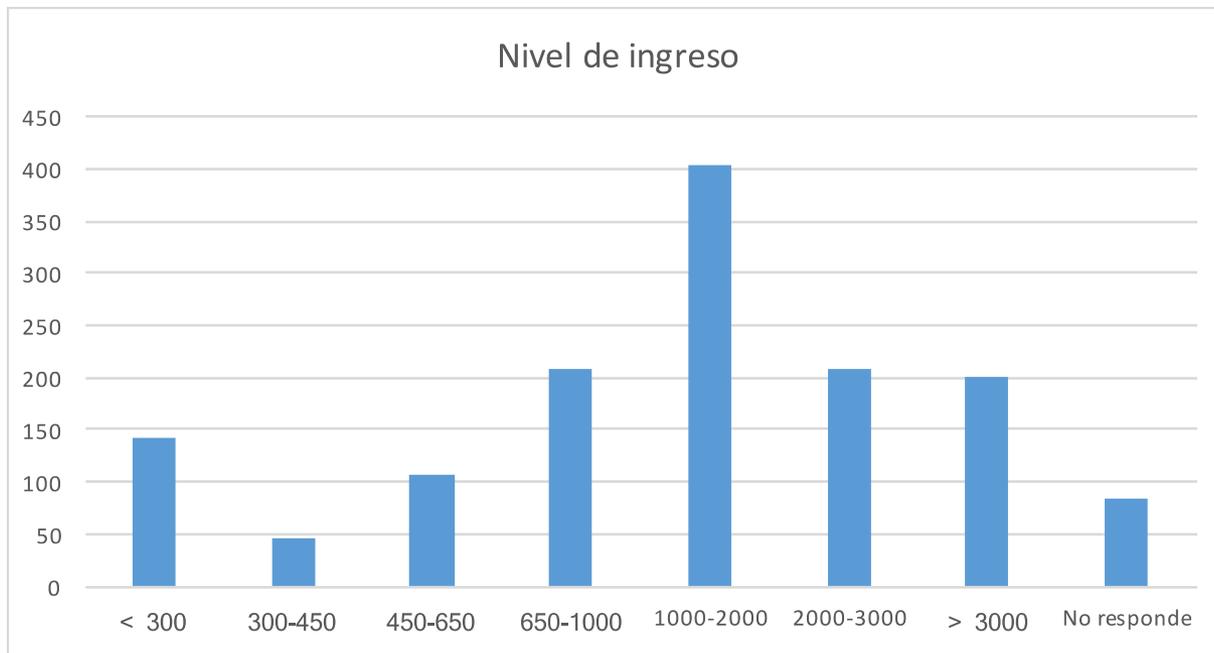
Etapas del viaje



Modo de Transporte



# Análisis de datos

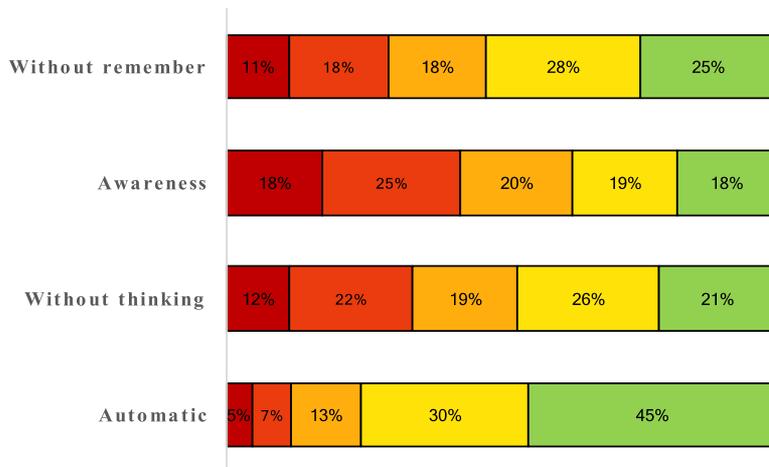


# Análisis de componentes principales

- Variables latentes: Espontaneidad (Hábito), Actitud Pro-Ambiente, Inseguridad e Infraestructura cicloinclusiva

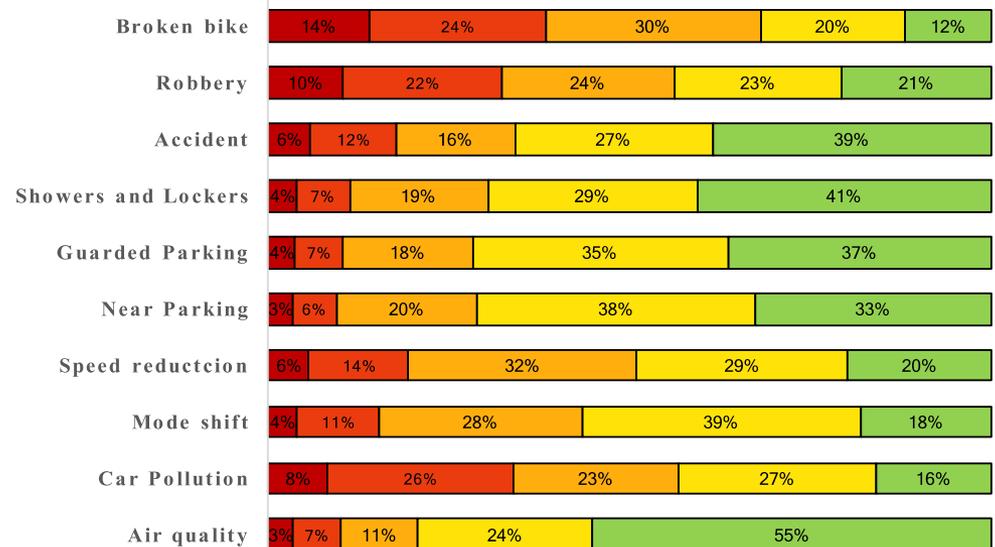
Summary of habit indicators

■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4 ■ 5



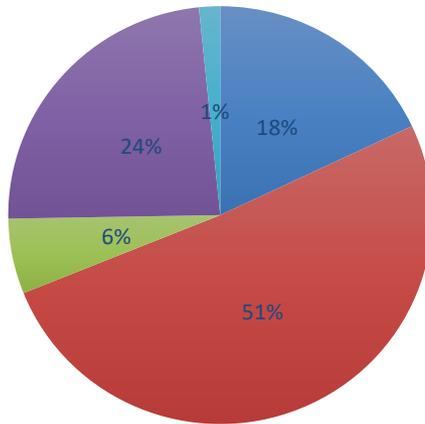
Summary of attitudes and perceptions indicators

■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4 ■ 5



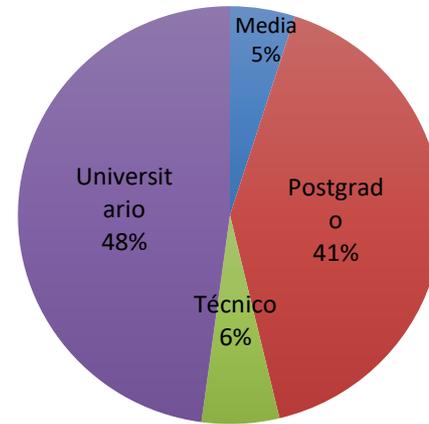
# Análisis de datos

## Número de autos

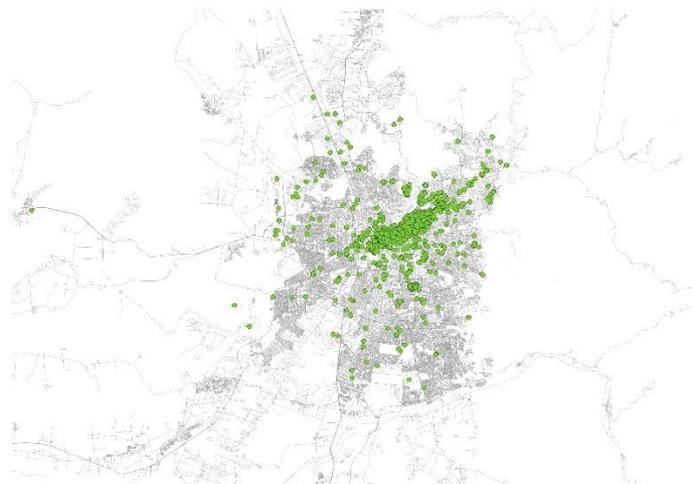


■ No auto ■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4 o más

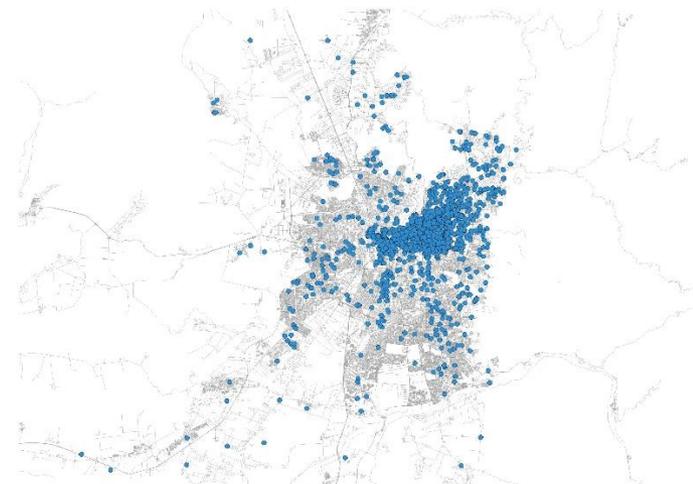
## Nivel de Estudios



■ Media ■ Postgrado ■ Técnico ■ Universitario



### Orígenes



### Destinos



# Índice de Entropía

$$EI = 1 - \left[ \frac{\left| \frac{v}{T} - \frac{1}{6} \right| + \left| \frac{c}{T} - \frac{1}{6} \right| + \left| \frac{t}{T} - \frac{1}{6} \right| + \left| \frac{i}{T} - \frac{1}{6} \right| + \left| \frac{e}{T} - \frac{1}{6} \right| + \left| \frac{o}{T} - \frac{1}{6} \right|}{\frac{5}{3}} \right]$$

Where  $v$  square meters of dwellings,  $c$  square meters of commerce,  $t$  squares meters of offices,  $i$  squares meters of industry,  $e$  squares meters of education, and  $o$  others.  
 $T$  is the sum of all the variables

# Indicadores Psicométricos

Vivo muy lejos.

Necesitaría cambiarme de ropa.

Falta de estacionamientos seguros para mi bicicleta.

Me preocupa la posibilidad de sufrir un accidente.

Me preocupa la posibilidad de que me asalten.

Me preocupa tener un desperfecto técnico y no saber que hacer.

Falta de ciclovías en mi ruta habitual.

Tengo problemas de salud.

Pistas exclusivas para bicicletas en todo mi recorrido

Reducción de la velocidad máxima del tráfico motorizado

Bici-estacionamientos más cercanos a mi lugar de trabajo/estudio

Bici-estacionamientos con vigilancia o cubiertos

Disponibilidad de duchas/lockers en mi lugar de trabajo/estudio

Poder llevar mi bicicleta en el bus o metro

Ver a más ciclistas en las calles

Sentirme en mejor forma gracias a que me muevo en bicicleta

Un mayor uso de transporte público podría mejorar la calidad del aire en Santiago

El uso del auto es la mayor causa de contaminación del aire en zonas urbanas

Estoy dispuesto a cambiar de modo de transporte si con eso ayudo a mejorar el medio ambiente

Prefiero usar vehículos motorizados en mis viajes porque me canso menos.

Prefiero usar auto/metro/bus en lugar de caminar o ir en bicicleta en días muy fríos o lluviosos



# Análisis de componentes principales

<b>Frases</b>	<b>Indicadores</b>	<b>VLatente</b>
<i>Se presentan una serie de frases sobre los medios de transporte y su percepción de los mismos:</i>		
Un mayor uso de transporte público podría mejorar la calidad del aire en Santiago	Air quality	
Estoy dispuesto a cambiar de modo de transporte si con eso ayudo a mejorar el medio ambiente	Mode shift	Pro-Ambiente
El uso del auto es la mayor causa de contaminación del aire en zonas urbanas	Car pollution	
<i>¿Qué lo anima o lo animaría a hacer este viaje en bicicleta?</i>		
Pistas exclusivas para bicicletas en todo mi recorrido	Bike lanes	
Bici-estacionamientos más cercanos a mi lugar de trabajo/estudio	Avail Bike Parking	
Bici-estacionamientos con vigilancia o cubiertos	Safe Bike Parking	Infraestructura cicloinclusiva
Disponibilidad de duchas/lockers en mi lugar de trabajo/estudio	Duchas/Lockers	

# Análisis de componentes principales

Frases	Indicadores	VLatente
<i>¿Qué le impide/impediría hacer este viaje en bicicleta?</i>		
Me preocupa la posibilidad de sufrir un accidente	Accidente	Inseguridad
Me preocupa la posibilidad de que me asalten	Robo/Atraco	
Me preocupa tener un desperfecto técnico y no saber qué hacer	Pana	
<i>Usar “Modo Actual” en mi viaje diario, es algo que:</i>		
Hago automáticamente	Automaticamente	Hábito
Hago sin pensar	Sin pensar	
Empiezo a hacer antes de darme cuenta	Sin darme cuenta	
Hago sin recordarlo conscientemente	Sin recordar	

# Facetas del Hábito

- Automaticidad: experiencias comunes de la automaticidad (eficiencia, falta de percatación, incontrolabilidad)
- Función de la frecuencia (indicadores de frecuencia inflan los verdaderos efectos de la automaticidad en la acción).
- Relevancia de la identidad propia (no es una componente esencial del hábito).



# Modelo logit ordinal con variables latentes

$$\begin{aligned}U_i &= \text{"No"} \quad \text{if } U_i \leq \mu_1, \\ &= \text{"Tal vez"} \quad \text{if } \mu_1 < U_i \leq \mu_2, \\ &= \text{"Sí"} \quad \text{if } U_i > \mu_2\end{aligned}$$

$$U_i = \theta_i X_i + \beta_i Z_i + \varepsilon_i \quad F(\varepsilon) = \exp(\varepsilon) / (1 + \exp(\varepsilon))$$

$$Z_i = h(X_i; \lambda) + \omega_i$$

$$I_i = m(Z_i; \alpha) + v_i$$

$$\begin{aligned}I_i^* &= 1 \quad \text{if } \mu_2 < I_i \leq \mu_1, \\ &= 2 \quad \text{if } \mu_1 < I_i \leq \mu_2, \\ &= \dots \\ &= J \quad \text{if } \mu_{J-1} < I_i \leq \mu_J\end{aligned}$$



# Self-Reported Habit Index

## *The Self-Report Habit Index*

---

Behavior X is something . . .

- |   |                      |
|---|----------------------|
| 1. I do frequently.                                     | Frecuencia           |
| 2. I do automatically.                                  | Automaticidad        |
| 3. I do without having to consciously remember.         |                      |
| 4. that makes me feel weird if I do not do it.          | Identidad propia     |
| 5. I do without thinking.                               |                      |
| 6. that would require effort not to do it.              |                      |
| 7. that belongs to my (daily, weekly, monthly) routine. |                      |
| 8. I start doing before I realize I'm doing it.         | Falta de percatación |
| 9. I would find hard not to do.                         | Falta de control     |
| 10. I have no need to think about doing.                | Eficiencia           |
| 11. that's typically "me."                              |                      |
| 12. I have been doing for a long time.                  |                      |
- 

