

Modelo de Ecuaciones Estructurales Introducción usando ELSOC

Daniel Miranda, PhD. Centro de Medición MIDE UC
Investigador Asociado COES

ESCUELA DE INVIERNO ELSOC-COES 2022
TÉCNICAS LONGITUDINALES PARA EL ESTUDIO DE FENÓMENOS SOCIALES

Outline

Breves fundamentos teóricos

Fundamentos y Estimación CFA usando ELSOC

Fundamentos y Estimación SEM usando ELSOC

Breves fundamentos teóricos

SEM Modelo de Ecuaciones Estructurales

- Más que una técnica, marco de análisis estadístico
- Permite evaluación / confirmación de modelos conceptuales
- Permite medición de variables latentes sin error (varianza única)
- Permite analizar relaciones múltiples entre variables, combinando diferentes modelos (confirmatorio, path, multinivel, clases, crecimiento, irt)

SEM Modelo de Ecuaciones Estructurales

- *a class of methodologies that seeks to represent hypotheses about summary statistics derived from empirical measurements in terms of a smaller number of “structural” parameters defined by a hypothesized underlying model (Kaplan, 2009)*
- Se busca estimar modelos orientados a la parsimonia: explicar lo más posible con lo menos posible

Principales aplicaciones de SEM en ciencias Sociales

- CFA (confirmatorio): estimación de variables latentes en base a un set de indicadores observados / batería de items
- Path análisis (análisis de senderos): relaciones múltiples de regresión y modelos de mediación
- LCA (clases latentes): confirmación de modelos de tipologías o patrones de respuesta a items
- Latent Growth Model: para análisis de datos longitudinales
- Cross Lagged Panel Models (CLPM): modelo autoregresivos longitudinales

Representación de modelos

- Los modelos teóricos se representan en una serie de ecuaciones
- En SEM se representan también en forma de diagramas
- Los elementos del diagrama se asocian a los distintos parámetros a estimar

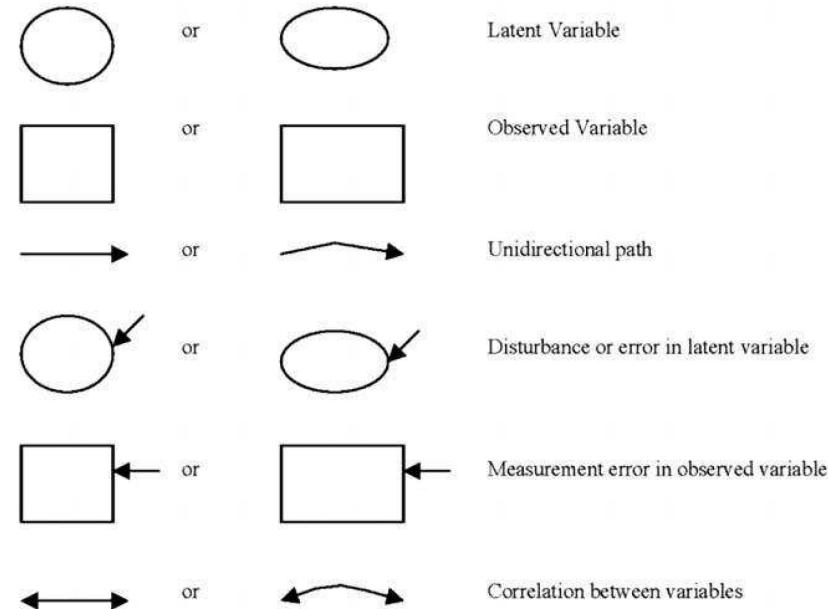


FIG. 5. Commonly used symbols for SEM models in path diagrams.

Representación de modelos

- A: Modelo de medición
- B: Modelo estructural

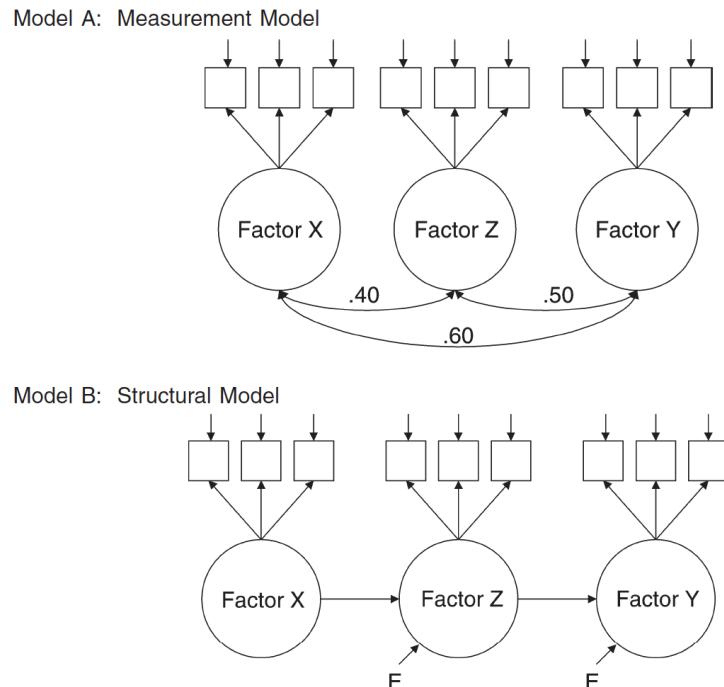
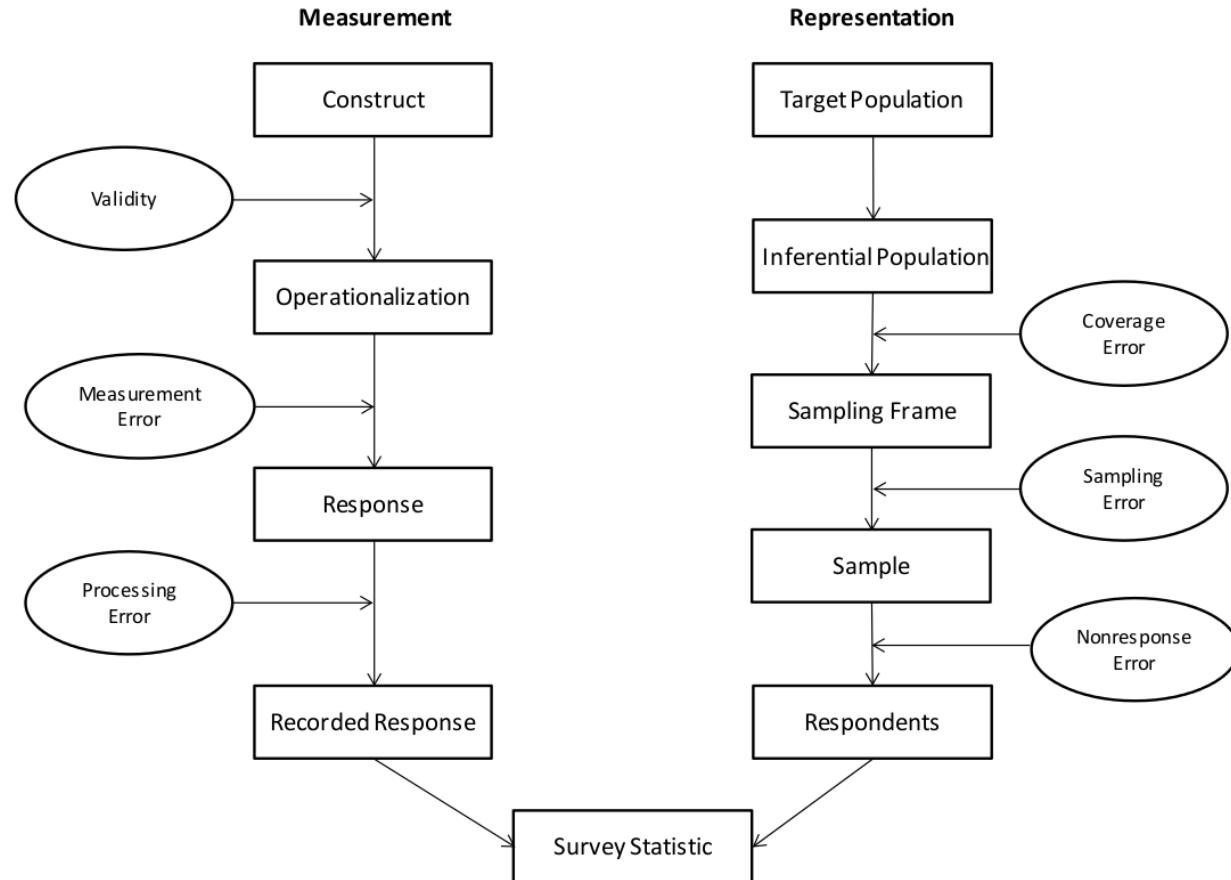


FIGURE 3.2. Path diagrams of measurement and structural models.

Brown, T.(2015). Confirmatory Factor Analysis for Applied Research, 2ed. The Guilford Press: London.

Error total: fuentes de error

- Cuanto menos error de medición, mejor instrumento

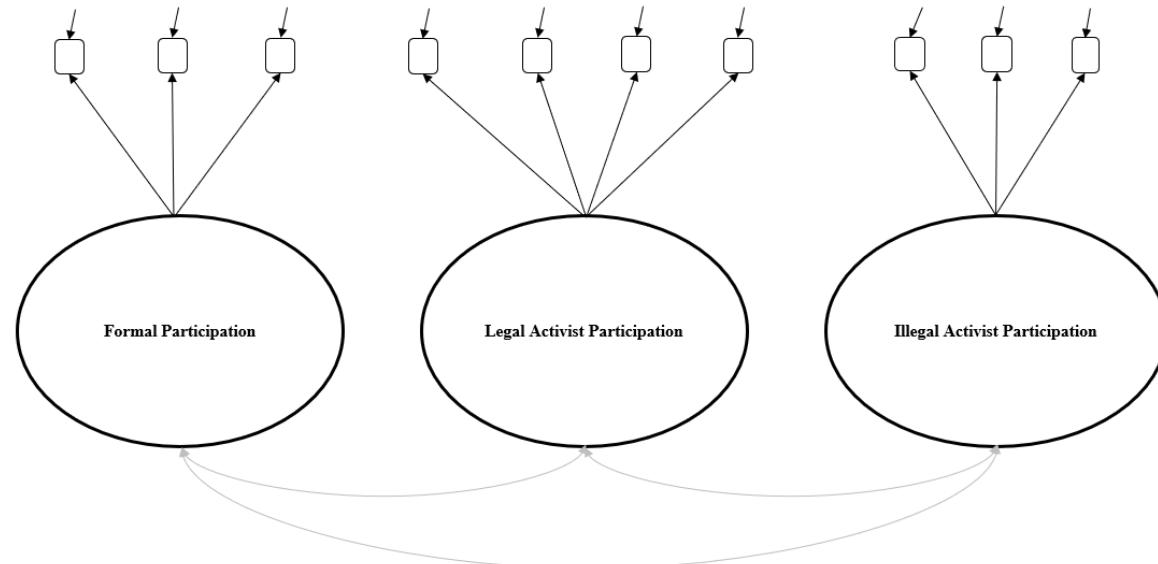


Medición en ciencias sociales

- Una gran cantidad de constructos, conceptos y atributos especificados en las teorías se consideran latentes
- Referidos tipicamente como constructos, conceptos o factores
- Esta noción de constructos hipotéticos llevó al desarrollo de técnicas de "validación de constructos": el grado en que indicadores corresponden al constructo designado por la teoría (Bollen & Hoyle, 20012)

Variables Latentes o factores

- Indirectamente observado: hipotético
- Podría inferirse de los indicadores observados (por ejemplo, ítems)
- Múltiples indicadores que covariarían podrían interpretarse como factor común



Modelo del Factor Común

- Spearman (1904) propuso el número y la naturaleza de las variables latentes o *factores* que dan cuenta de la variación o covariación entre un set de mediciones observadas, comúnmente referidas como *indicadores* (Brown, 2015).
- La intercorrelación entre los indicadores observados se explicaría por que comparten una causa común (el factor)
- Esta aproximación se utiliza en Psicología, Educación, Administración, Comunicaciones, Ciencia política y Sociología).

Modelo del Factor Común

- Common factor model (Thustone, 1947)

$$X = T + E$$

$$\sigma_x^2 = \sigma_t^2 + \sigma_e^2$$

- La existencia de múltiples indicadores permite diferenciar:

varianza común

$$\sigma_t^2$$

de varianza única

$$\sigma_e^2$$

Validez de las mediciones

- "grado en que teorías y evidencias respaldan las interpretaciones que se hacen de los puntajes de una prueba para sus usos propuestos (AERA, APA, NCME, 2014)
- Diversas fuente de evidencia
 - Evidencia basada en la Estructura Interna
 - Evidencia basada en el contenido del test
 - Evidencia basada en Procesos de Respuesta
 - Evidencia basada en relaciones con otras variables
 - Evidencia basada en las consecuencias de la medición

Análisis factorial

- Conjunto de métodos orientados a explicar la correlación entre variables que podrían interpretarse como variables latentes o factores
- La existencia de un factor común explica la asociación entre indicadores
- Dependencia condicional: las correlaciones serían 0 si se parcializa el factor.

Propósito y usos

- Para reducir la complejidad y aumentar la comprensión.
- Validar escalas en términos del constructo medido
- Para separar la varianza común de la varianza única
- Evaluación psico-métrica de instrumentos
- Evidencias de validez (constructo, convergente, discriminante)
- Invarianza o equivalencia métrica (entre grupos, contextos)

Fundamento generales

- Covarianza, correlación y correlación parcial
- Regresión simple y múltiple
- En general, podría considerar supuestos similares a los de la regresión lineal

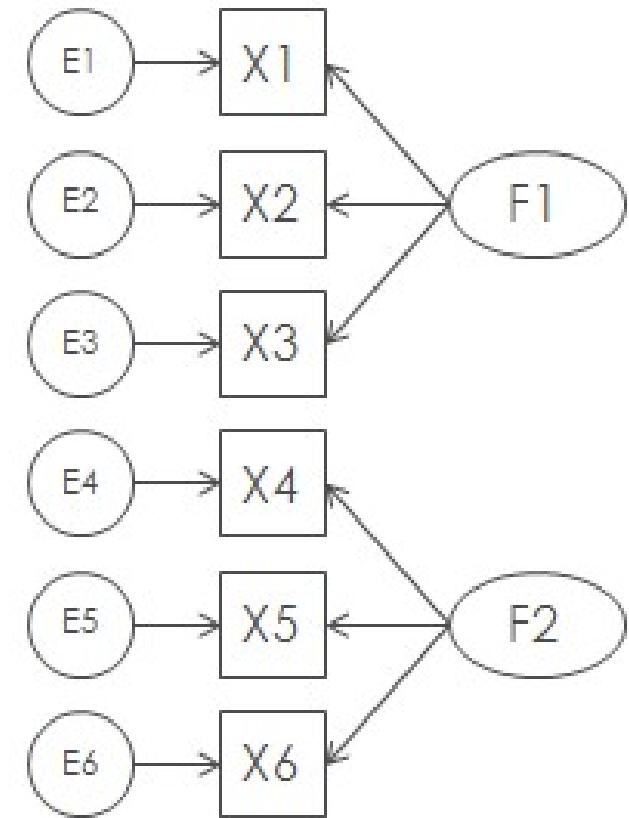
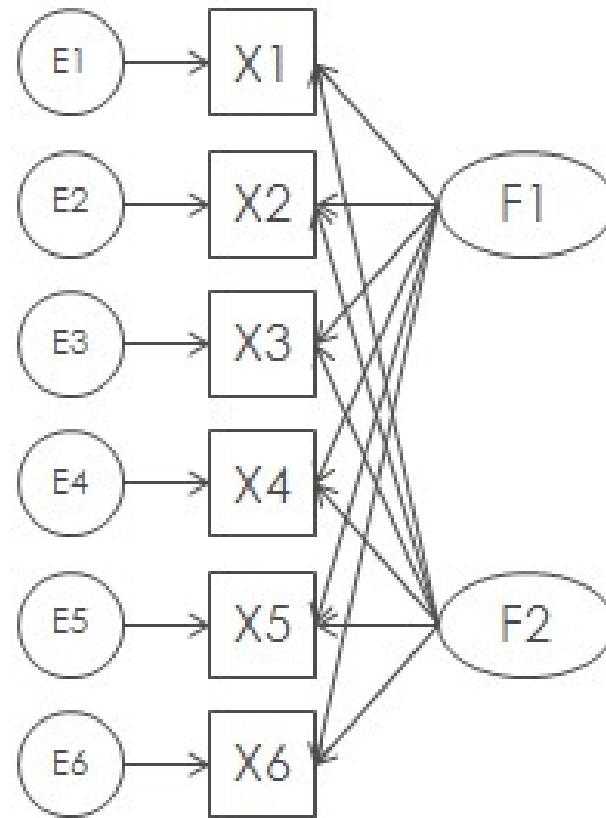
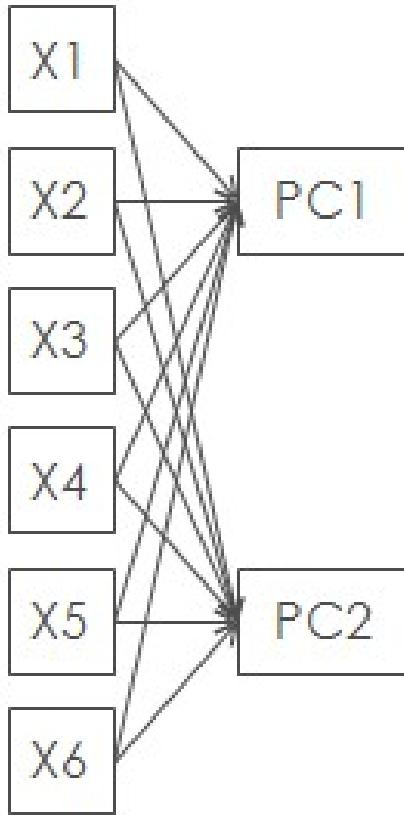
Supuestos

- Nivel de medición de intervalar (aunque permite trabajar con datos ordinales)
- Normalidad
- Relación lineal entre variables
- Las correlaciones deben tener cierto nivel para su agrupación (EFA: Exploratorio)
- Tamaño de la muestra: >200 casos o entre 5-10 para cada variable (regla general)

Evaluación de la medición: tres métodos

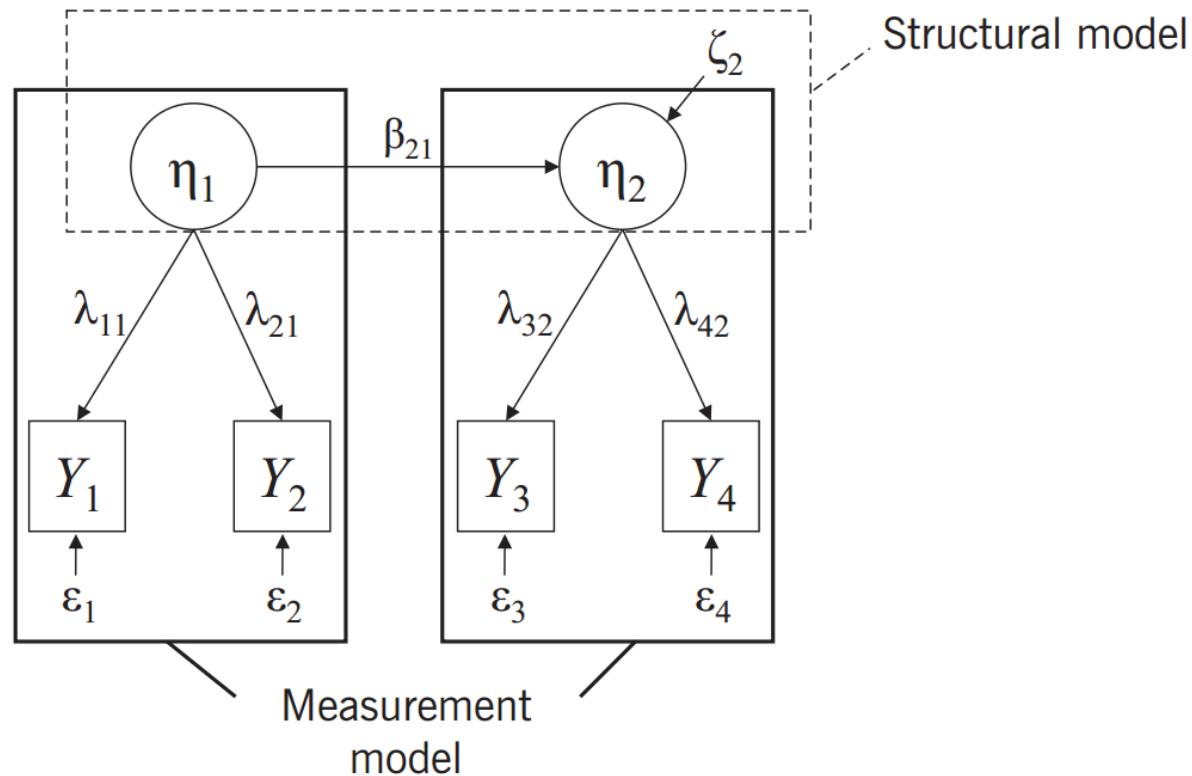
- Análisis de componentes principales: definición de componente a partir de una combinación lineal de variables ()
- Análisis factoriales exploratorios EFA: técnica descriptiva que permite determinar una serie de factores latentes a partir de un conjunto de indicadores, separando la varianza común de la única (data driven)
- **Análisis Factorial Confirmatorio CFA:** técnica que permite hipotetizar (y confirmar) una variable latente, especificando un conjunto de parámetros (theory driven)

Evaluación de la medición: tres métodos

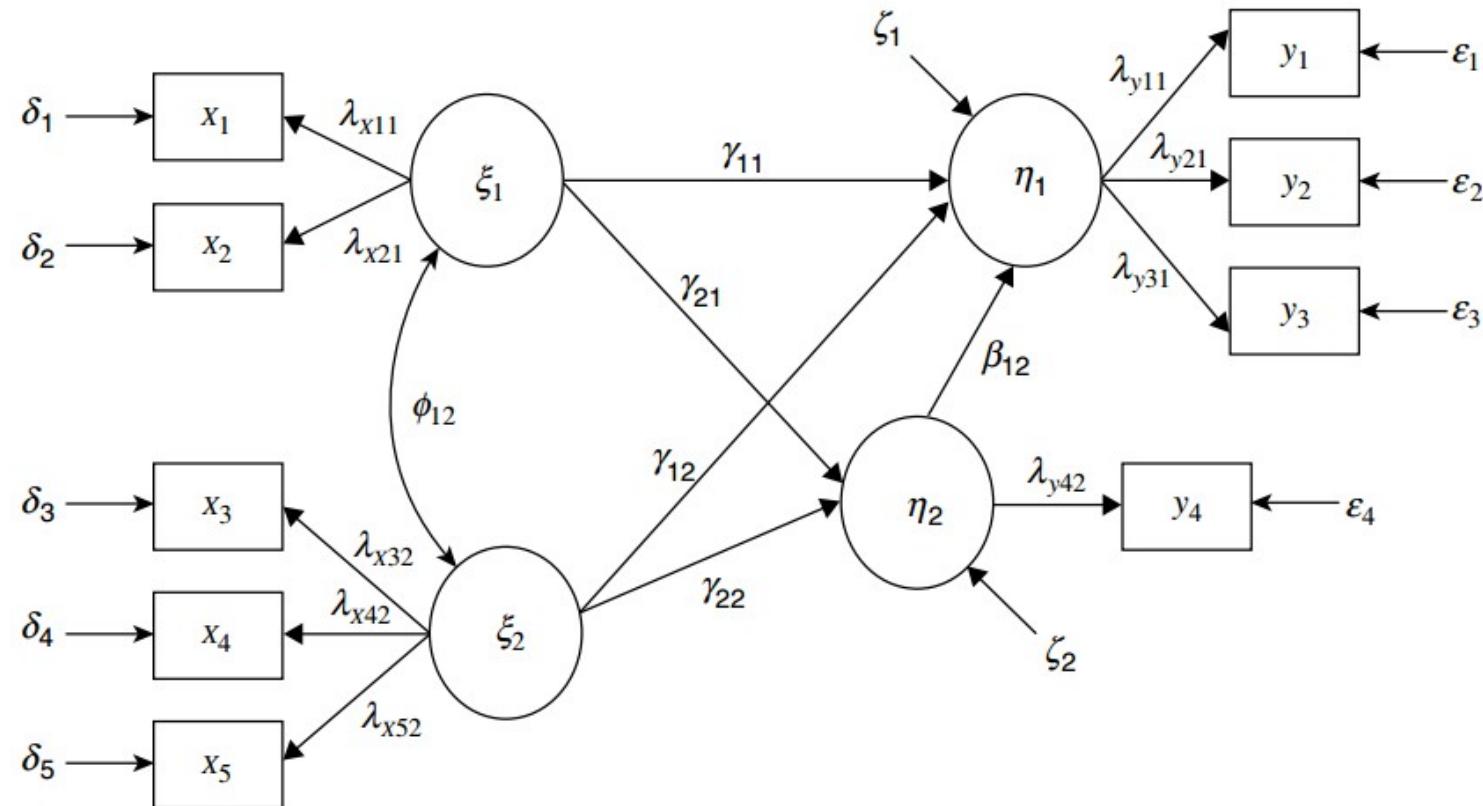


Más allá del modelo de medición: SEM

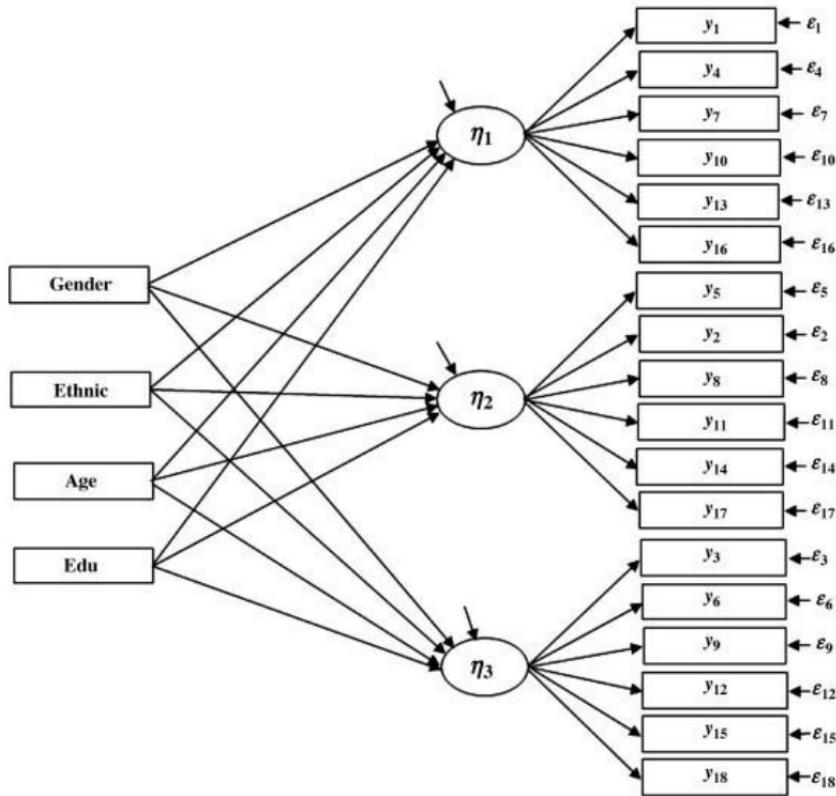
- SEM permite estimar modelos que incluyen medidas y relaciones estructurales



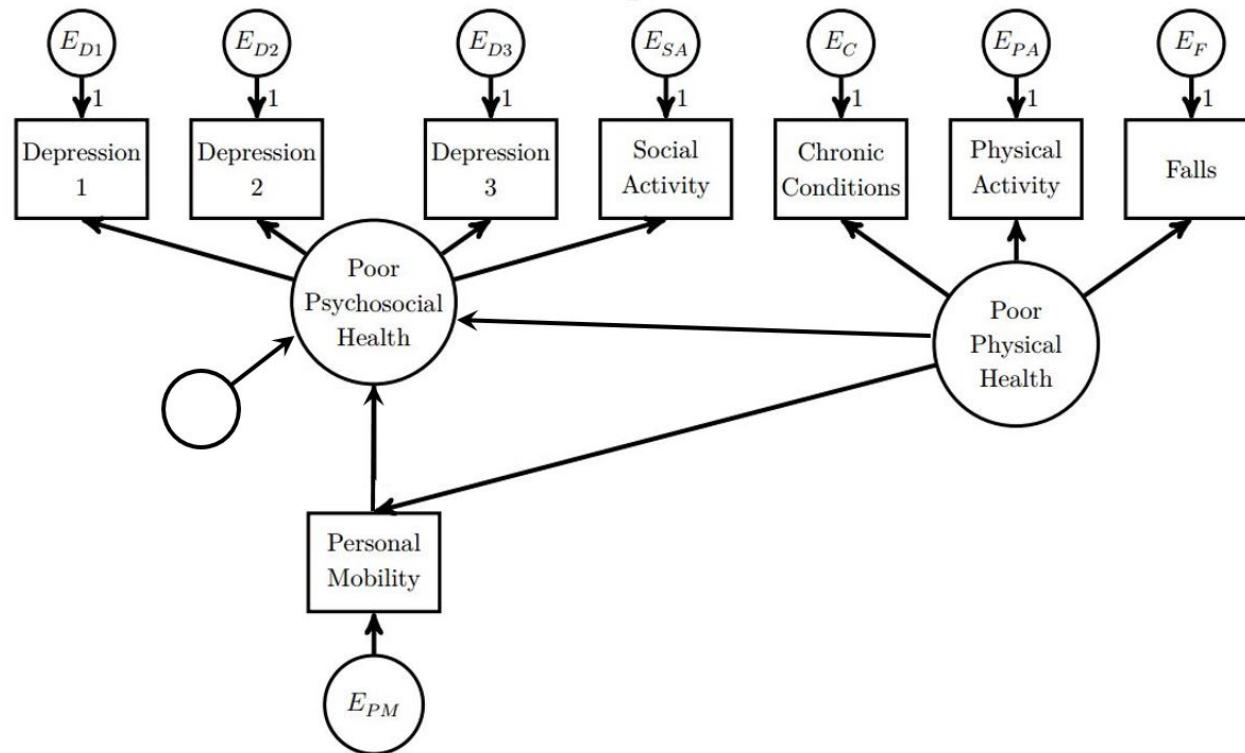
Regresiones estructurales entre variables latentes



Regresiones entre variables latentes sobre observadas (MIMIC)



Regresiones entre variables observadas sobre variables latentes



Regresiones entre variables observadas o análisis de senderos (path)

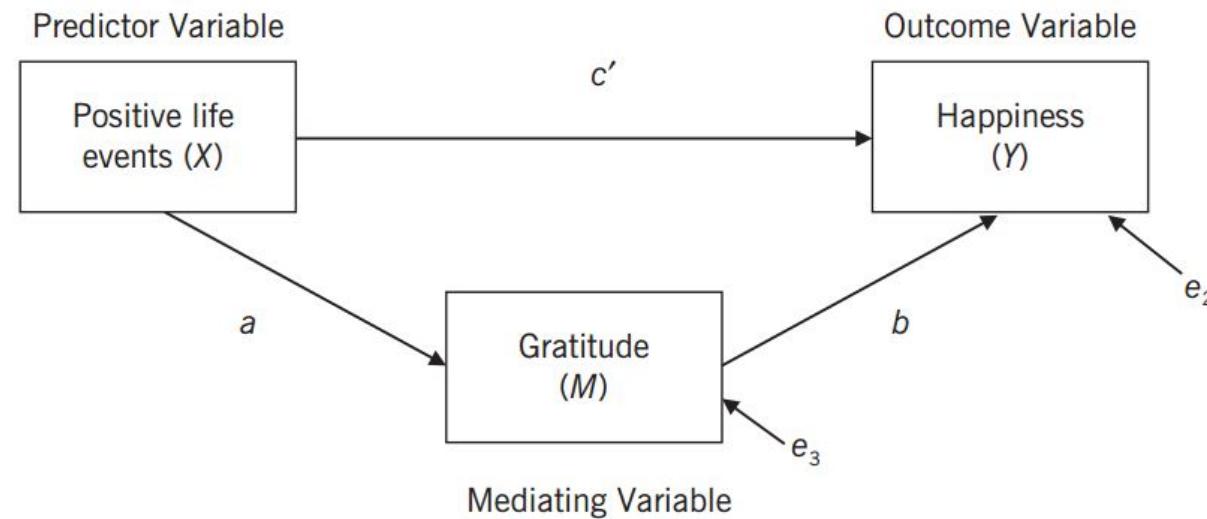
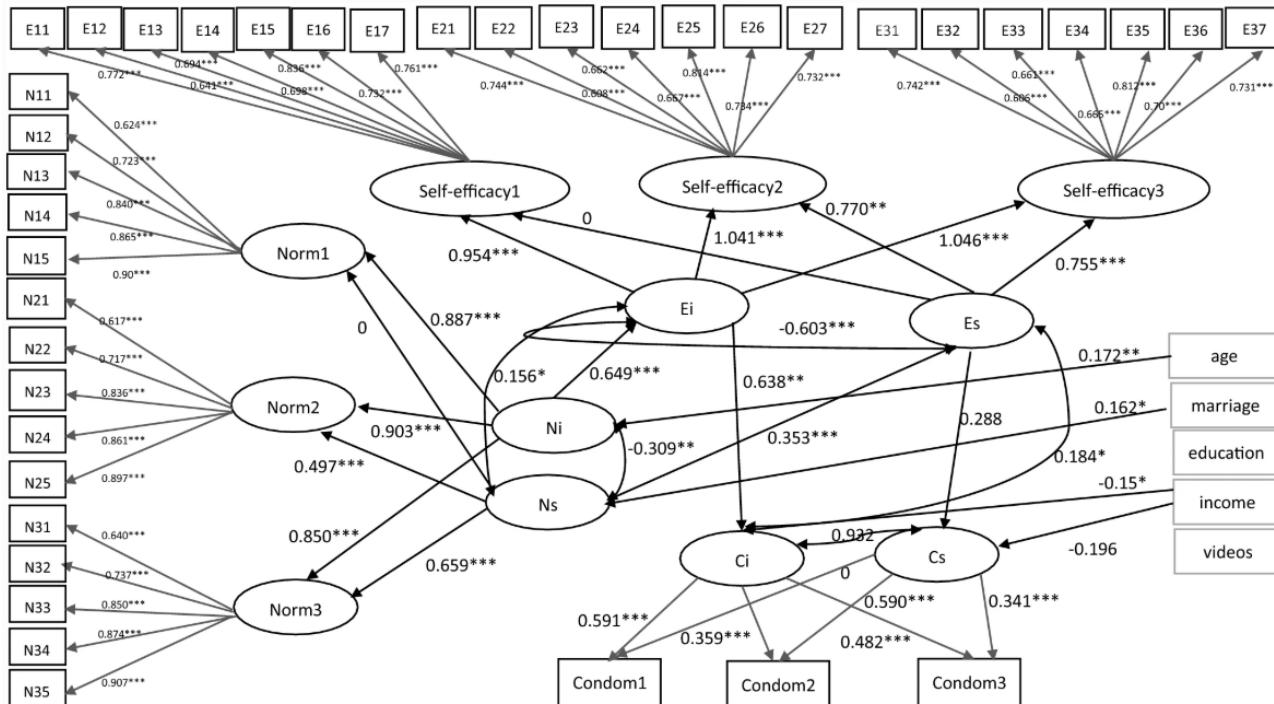


FIGURE 3.3. Second model with statistical notation.

¿Parsimonia?

From: [Mediation Analysis of Peer Norms, Self-Efficacy, and Condom Use Among Chinese Men Who Have Sex with Men: A Parallel Process Latent Growth Curve Model](#)



Structural model of parallel process latent growth curve modeling among peer norms, self-efficacy and condom use with covariates among online high-risk MSM in China, 2015 ($n = 804$). Note $*p < .05$; $**p < .01$; $***p < .001$. All of the regression coefficients presented in the figure were significant at the 95% confident intervals. The model fit indexes were RMSEA = 0.046, 90% CI (0.044, 0.048), CFI = 0.956, TLI = 0.955. Ni is the latent intercept factor of peer norms. Ns is the latent slope growth factor of peer norms. Ei is the latent intercept factor of self-efficacy. Es is the latent slope growth factor of self-efficacy.

Pasos generales de estimación

- Definición de un modelo conceptual
- Especificación en términos de relaciones entre variables
- Especificación en términos de parámetros a estimar en matrices de covarianzas
- Estimación
 - A partir del modelo se intenta reproducir una matriz de covarianzas con los datos de la muestra
 - Software: estima una matriz de covarianzas a partir de la muestra que se aproxime lo más posible al modelo (realización)
 - Evaluación del ajuste: ¿en qué medida los datos estimados (matriz estimada) se ajustan al modelo?
 - Modificación

Proceso de estimación de CFA y SEM

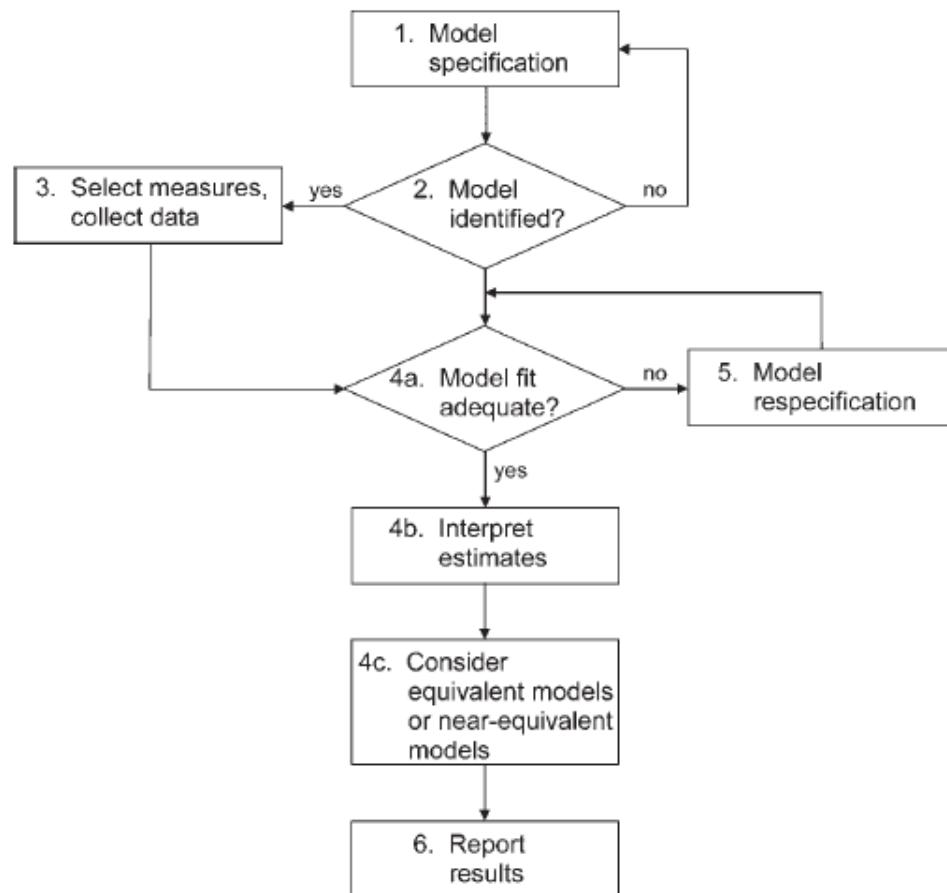


FIGURE 5.1. Flowchart of the basic steps of SEM.

Desarrollo de softwares estadísticos

- LISREL (Linear Structural Equations) (Jöreskog) 1970s
- Amos (SPSS)
- SEM, Stata
- Mplus 1998 - (Muthén & Muthén)
- Lavaan, R package (Rosseel, 2011, 2012)

Paso a paso

- Especificación e identificación: Expresar hipótesis y ecuaciones
- Exploración de datos: selección de función de ajuste (ML o alternativas)
- Estimación: estimar cada parámetro hipotético
- Evaluación del modelo: ¿funciona el modelo hipotético?, indicadores de ajuste
- ¿re-estimación?
- Reporte

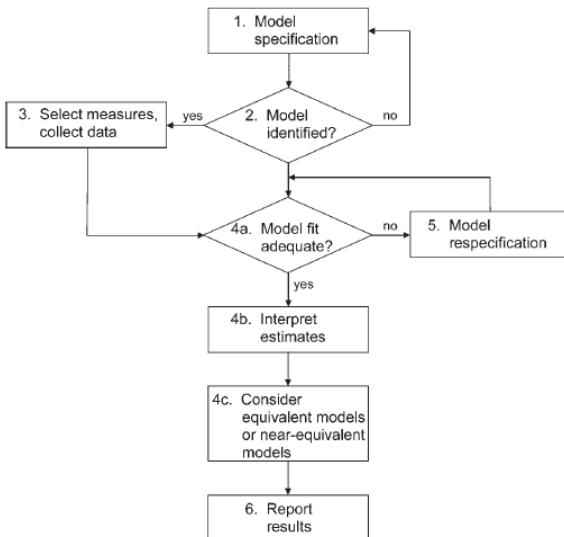
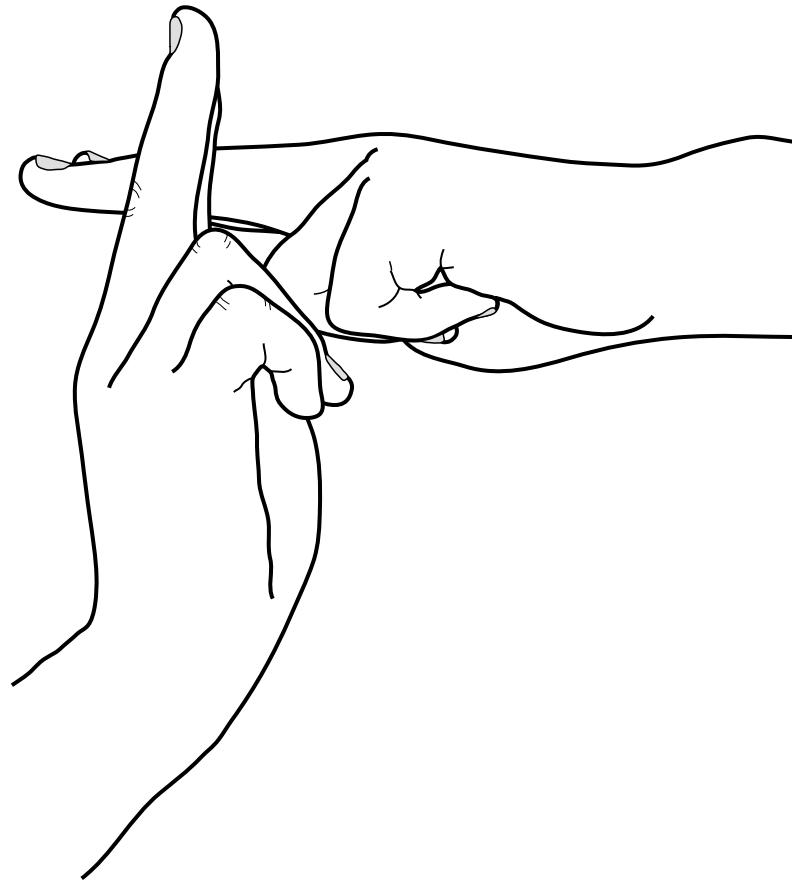


FIGURE 5.1. Flowchart of the basic steps of SEM.

Hands on!



Ejemplo CFA usando ELSOC

- Escala de participación social

ELSOC: Estudio Longitudinal Social de Chile

- El Centro de Estudios de Conflicto y Cohesión Social (COES) es un centro financiado por el programa FONDAP de ANID, que tiene el propósito de generar investigación científica de punta, formar capital humano avanzado y contribuir al desarrollo de políticas públicas. En el marco de este objetivo, COES presenta el “Estudio Longitudinal Social de Chile” (ELSOC).
- Este estudio longitudinal de tipo panel, único en Chile y América Latina, consiste en encuestar a casi 3.000 chilenos, anualmente, a lo largo de una década.
- ELSOC ha sido diseñado para evaluar la manera cómo piensan, sienten y se comportan los chilenos en torno a un conjunto de temas referidos al conflicto y la cohesión social en Chile.
- Se busca analizar la percepción que tienen las personas acerca del barrio o la comunidad en que habitan; las formas que adopta la participación ciudadana y la actividad política formal, las actitudes hacia la democracia, las conductas pro-sociales, las actitudes hacia los inmigrantes, desigualdad económica, empleo, caracterización socioeconómica, entre otros.

CFA: Escala de Participación Social

C12 A continuación le voy a leer una lista de organizaciones voluntarias. Para cada una de ellas, ¿podría decirme si es miembro activo, miembro inactivo, o no es miembro de estas organizaciones?

<u>Marque con una X</u>	No es miembro	Miembro inactivo	Miembro activo	No sabe (no leer)	No responde (no leer)
Junta de vecinos u otra organización vecinal	1	2	3	-888	-999
Organización religiosa o Iglesia	1	2	3	-888	-999
Partido o movimiento político	1	2	3	-888	-999
Sindicato	1	2	3	-888	-999
Asociación profesional o gremial	1	2	3	-888	-999
Organización de caridad o de beneficencia	1	2	3	-888	-999
Organización deportiva	1	2	3	-888	-999
Asociaciones o centros de estudiantes	1	2	3	-888	-999
Otra, <u>especifique:</u>					

CFA: Escala de Participación Social

- La participación social es un constructo unidimensional
- La participación social puede ser definida como un constructo bidimensional:
 - Asociaciones expresivas: como juntas de vecinos, religiosas, clubes deportivos o de beneficencia
 - Asociaciones instrumentales: refiere a asociaciones como sindicatos, asociaciones profesionales, partidos políticos u organizaciones estudiantiles

Librerías relevantes en R

```
pacman::p_load(dplyr, texreg, xtable, stargazer, # Reporte a latex
sjPlot, sjmisc, # reporte y gráficos
skimr,
corrplot, # grafico correlaciones
xtable, # Reporte a latex
Hmisc, # varias funciones
psych, # fa y principal factors
psychTools,
psy, # scree plot function
nFactors, # parallel
semPlot,
GPArotation, devtools, CTT, lavaan, semTable, GGally, QuantPsyc, corrplot, semTable, semoutput)
```

Leer datos

```
elsoc=readstata13::read.dta13("../data/ELSOC_Wide_2016_2021_v1.00_Stata13.dta")
elsoc[elsoc=="-999"] <- NA
elsoc[elsoc=="-888"] <- NA

elsoc2016= elsoc %>%
  filter(muestra=="1")%>%
  dplyr::mutate(cgob=c05_01_w01) %>% #CONFIANZA EN EL GOBIERNO
  dplyr::mutate(cpart=c05_02_w01) %>% #CONFIANZA EN LOS PARTIDOS POL
  dplyr::mutate(ccara=c05_03_w01) %>% #CONFIANZA EN CARABINEROS
  dplyr::mutate(csind=c05_04_w01) %>% #CONFIANZA EN LOS SINDICATOS
  dplyr::mutate(cpjud=c05_05_w01) %>% #CONFIANZA EN EL PODER JUDICIAL
  dplyr::mutate(cemp=c05_06_w01) %>% #CONFIANZA EN LAS EMPRESAS PRIVADAS
  dplyr::mutate(ccong=c05_07_w01) %>% #CONFIANZA EN EL CONGRESO NACIONAL
  dplyr::mutate(cpres=c05_08_w01) %>% #CONFIANZA EN EL PRESIDENTE(A)
  dplyr::mutate(svecino=c07_01_w01) %>% # VISITA VECINO
  dplyr::mutate(sreunion=c07_02_w01) %>% # REUNION DE INTERES PUBLICO
  dplyr::mutate(samigo=c07_03_w01) %>% # VISITA DE AMIGOS
  dplyr::mutate(svolun=c07_04_w01) %>% # VOLUNTARIADO
  dplyr::mutate(sdondin=c07_05_w01) %>% # DONO DINERO
  dplyr::mutate(spresta=c07_06_w01) %>% # PRESTO DINERO (+10000)
  dplyr::mutate(sconve=c07_07_w01) %>% # CONVERSO CON ALGUIEN EN PROBLEMAS
  dplyr::mutate(sayuda=c07_08_w01) %>% # AYUDO A CONSEGUIR TRABAJO
  dplyr::mutate(pfirma=c08_01_w01) %>% # FIRMADO CARTA O PETICION
  dplyr::mutate(pmarcha=c08_02_w01) %>% # ASISTIDO A MARCHA
  dplyr::mutate(phuelga=c08_03_w01) %>% # PARTICIPADO EN HUELGA
  dplyr::mutate(predes=c08_04_w01) %>% # COMENTADO EN REDES
  dplyr::mutate(pjunta=c12_01_w01) %>% # JUNTA DE VECINOS
  dplyr::mutate(prelig=c12_02_w01) %>% # ORGANIZACION RELIGIOSA
  dplyr::mutate(ppart=c12_03_w01) %>% # PARTIDO O MOV POLITICO
  dplyr::mutate(psindi=c12_04_w01) %>% # SINDICATO
  dplyr::mutate(pasoc=c12_05_w01) %>% # ASOCIACION PROFESIONAL
  dplyr::mutate(pbenef=c12_06_w01) %>% # ORGANIZACION DE BENEFICIENCIA
  dplyr::mutate(pdepor=c12_07_w01) %>% # ORGANIZACION DEPORTIVA
  dplyr::mutate(pestud=c12_08_w01) %>% # ORGANIZACION DE ESTUDIANTES
  dplyr::mutate(polint=c13_w01) %>% # INTERES EN POLITICA
  dplyr::select(cgob, cpart, ccara, csind, cpjud, cemp, ccong, cpres, svecino, sreunion, samigo, svolun, sdondin, spresta, sconve, sayuda, pfirma, pmarcha
#skimr::skim(elsoc2016)
```

Describir datos

```
socia= elsoc2016 %>%
  dplyr::mutate(pjuntad= recode(pjunta, "1"=0, "2"=1, "3"=1)) %>%
  dplyr::mutate(preligd= recode(prelic, "1"=0, "2"=1, "3"=1)) %>%
  dplyr::mutate(ppartd= recode(ppart, "1"=0, "2"=1, "3"=1)) %>%
  dplyr::mutate(psindid= recode(psindi, "1"=0, "2"=1, "3"=1)) %>%
  dplyr::mutate(pasocd= recode(pasoc, "1"=0, "2"=1, "3"=1)) %>%
  dplyr::mutate(pbenefd= recode(pbenef, "1"=0, "2"=1, "3"=1)) %>%
  dplyr::mutate(pdepord= recode(pdepor, "1"=0, "2"=1, "3"=1)) %>%
  dplyr::mutate(pestudd= recode(pestud, "1"=0, "2"=1, "3"=1)) %>%
  dplyr::select(pjuntad, preligd, ppartd, psindid, pasocd, pbenefd, pdepord, pestudd)

stargazer(socia, type = "text")
```

Statistic	N	Mean	St. Dev.	Min	Pctl(25)	Pctl(75)	Max
pjuntad	2,923	0.316	0.465	0.000	0.000	1.000	1.000
preligd	2,921	0.315	0.465	0.000	0.000	1.000	1.000
ppartd	2,914	0.051	0.221	0.000	0.000	0.000	1.000
psindid	2,916	0.104	0.305	0.000	0.000	0.000	1.000
pasocd	2,919	0.077	0.266	0.000	0.000	0.000	1.000
pbenefd	2,919	0.113	0.317	0.000	0.000	0.000	1.000
pdepord	2,920	0.138	0.345	0.000	0.000	0.000	1.000
pestudd	2,919	0.045	0.207	0.000	0.000	0.000	1.000

Describir datos

```
#devtools::install_github("dr-JT/semoutput")
library(semoutput)
sem_descriptives(socia)
```

Descriptive Statistics									
Variable	n	Mean	SD	min	max	Skewness	Kurtosis	% Missing	
pasocd	2919	0.08	0.27	0	1	3.18	8.13	0.31	
pbenefd	2919	0.11	0.32	0	1	2.44	3.96	0.31	
pdepord	2920	0.14	0.34	0	1	2.10	2.41	0.27	
pestudd	2919	0.04	0.21	0	1	4.40	17.36	0.31	
pjuntad	2923	0.32	0.46	0	1	0.79	-1.37	0.17	
ppartd	2914	0.05	0.22	0	1	4.06	14.51	0.48	
preligd	2921	0.32	0.46	0	1	0.80	-1.37	0.24	
psindid	2916	0.10	0.31	0	1	2.60	4.75	0.41	

Total N = 2928

Describir datos

```
tab_stackfrq(socia)
```

	0	1
<i>pjuntad</i>	68.42 %	31.58 %
<i>preligd</i>	68.47 %	31.53 %
<i>ppartd</i>	94.85 %	5.15 %
<i>psindid</i>	89.61 %	10.39 %
<i>pasocd</i>	92.33 %	7.67 %
<i>pbenefd</i>	88.66 %	11.34 %
<i>pdepord</i>	86.20 %	13.80 %
<i>pestudd</i>	95.51 %	4.49 %

Explore correlaciones

```
sjPlot::tab_corr(socia)
```

	<i>pjuntad</i>	<i>preligd</i>	<i>ppartd</i>	<i>psindid</i>	<i>pasocd</i>	<i>pbenefd</i>	<i>pdepord</i>	<i>pestudd</i>
<i>pjuntad</i>		0.286 ***	0.127 ***	0.052 **	0.045 *	0.155 ***	0.057 **	0.054 **
<i>preligd</i>	0.286 ***		0.093 ***	0.030	0.039 *	0.187 ***	0.022	0.087 ***
<i>ppartd</i>	0.127 ***	0.093 ***		0.187 ***	0.225 ***	0.203 ***	0.087 ***	0.219 ***
<i>psindid</i>	0.052 **	0.030	0.187 ***		0.263 ***	0.172 ***	0.127 ***	0.127 ***
<i>pasocd</i>	0.045 *	0.039 *	0.225 ***	0.263 ***		0.240 ***	0.101 ***	0.191 ***
<i>pbenefd</i>	0.155 ***	0.187 ***	0.203 ***	0.172 ***	0.240 ***		0.174 ***	0.243 ***
<i>pdepord</i>	0.057 **	0.022	0.087 ***	0.127 ***	0.101 ***	0.174 ***		0.198 ***
<i>pestudd</i>	0.054 **	0.087 ***	0.219 ***	0.127 ***	0.191 ***	0.243 ***	0.198 ***	

Computed correlation used pearson-method with listwise-deletion.

Explore correlaciones

```
psych::mixedCor(socia, use="complete.obs")
```

```
Call: psych::mixedCor(data = socia, use = "complete.obs")
pjntd prlgd pprtd psnnd pascd pbnnfd pdprd pstdd
pjuntad 1.00
preligd 0.46 1.00
ppartd 0.32 0.24 1.00
psindid 0.12 0.07 0.45 1.00
pasocd 0.11 0.09 0.52 0.53 1.00
pbeneffd 0.31 0.37 0.47 0.38 0.50 1.00
pdepord 0.12 0.05 0.24 0.29 0.25 0.36 1.00
pestudd 0.15 0.24 0.53 0.34 0.48 0.54 0.47 1.00
```

Especificación del modelo: Lavaan

CFA Escala de Participación Social: uni o bi-dimensional

- La participación social es un constructo unidimensional o bi-dimensional

```
cfa_uni <- '
# latent variables
Part_social =~ pjuntad + preligd + pbenefd + pdepord + ppartd + psindid + pasocd + pbenefd + pestudd
'

cfa_bi <- '
# latent variables
Part_social_e =~ pjuntad + preligd + pbenefd + pdepord
Part_social_i =~ ppartd + psindid + pasocd + pbenefd + pestudd
'
```

Identificación del modelo

- Refiere a que el modelo es posible de estimar (cargas factoriales, errores, etc.), basado en la información existente
- La identificación depende de *elementos conocidos - elementos desconocidos* (parámetros libremente estimados)
- Grados de libertad: un modelo identificado mantiene grados libertad mayor a 0

$$\text{Elementos de la matriz} = \frac{p*(p+1)}{2}$$

- Donde, p es numero de variables

Identificación del modelo

- En el caso de la escala de *participación social* se mide con 8 ítems, por lo tanto:

$$\text{Elementos conocidos} = \frac{p*(p+1)}{2}$$

$$\text{Elementos conocidos} = \frac{8*(8+1)}{2}$$

$$\text{Elementos conocidos} = 36$$

Identificación del modelo

- El modelo unidimensional estimará 8 cargas factoriales y 8 errores

$$\text{Grados de libertad} = 36 - 16 = 20$$

- El modelo bidimensional estimará 8 cargas factoriales, 8 errores y una covarianza (entre las dos variables latentes)

$$\text{Grados de libertad} = 36 - 17 = 19$$

Método de ajuste

- ML: Maximum Likelihood (default)
 - Recomendado con variables, al menos, intervalares adecuadamente distribuidas
 - Permite uso de algoritmo missing=FIML (full Information Maximum Likelihood)
- DWLS: diagonally weighted least squares
 - Adecuada para datos ordinales (dummies o con más categorías)
 - Usa solo casos con información completa (listwise deletion)

Estimación

- Procedimiento de estimación en lavaan se realiza del siguiente modo:

```
cfa_uni <- '
# latent variables
Part_social =~ pjuntad + preligd + pbenefd + pdepord + ppartd + psindid + pasocd + pbenefd + pestudd
'

cfa_bi <- '
# latent variables
Part_social_e =~ pjuntad + preligd + pbenefd + pdepord
Part_social_i =~ ppartd + psindid + pasocd + pestudd
'

fit_uni <- cfa(cfa_uni,data=socia, ordered = T, std.lv = TRUE)
fit_bi <- cfa(cfa_bi,data=socia, ordered = T, std.lv = TRUE)

#summary(fit_uni, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)
#summary(fit_bi, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)
```

Evaluación de ajuste el modelo: fit indices

- Test χ^2 : higher value, poor adjustment (sensible to sample size).
- Comparative Fit Index-CFI: compare the hypothetical model with the null model. Values above 0,95 are considered good fit (similar to Tucker Lewis Index - TLI)

$$CFI = 1 - \frac{d_{H.model}}{d_{null.model}}, \text{ where: } d = (\chi^2 - df)$$

- Root Mean Square Error of Approximation-RMSEA= parsomonia correction. Lower values than 0,05 are considered good fit

$$RMSEA = \sqrt{\frac{\frac{\chi^2}{df} - 1}{N-1}}$$

Evaluación de ajuste el modelo: fit indices

- Interpretar de acuerdo a criterios presentados

```
#fitMeasures(fit_1, c("chisq", "df", "pvalue", "cfi", "tli", "rmsea" ))  
sem_fitmeasures(fit_uni)
```

Model Fit Measures						
CFI	RMSEA	RMSEA.Lower	RMSEA.Upper	SRMR	AIC	BIC
0.888	0.061	0.054	0.068	0.094	NA	NA

```
sem_fitmeasures(fit_bi)
```

Model Fit Measures						
CFI	RMSEA	RMSEA.Lower	RMSEA.Upper	SRMR	AIC	BIC
0.907	0.057	0.05	0.065	0.089	NA	NA

Evaluación de ajuste el modelo: cargas factoriales

```
#semTable(fit_3, type="html", paramSets = c("loadings") )
sem_factorloadings(fit_bi, standardized = TRUE, ci = "standardized")
```

Factor Loadings									
Latent Factor	Indicator	Standardized							
		Loadings	sig	p	Lower.CI	Upper.CI	SE	z	
Part_social_e	pjuntad	0.469	***	0	0.409	0.529	0.031	15.263	
Part_social_e	preligd	0.468	***	0	0.407	0.529	0.031	15.030	
Part_social_e	pbenefd	0.845	***	0	0.776	0.914	0.035	23.925	
Part_social_e	pdepord	0.433	***	0	0.355	0.512	0.040	10.851	
Part_social_i	ppartd	0.744	***	0	0.657	0.830	0.044	16.839	
Part_social_i	psindid	0.590	***	0	0.518	0.662	0.037	16.053	
Part_social_i	pasocd	0.705	***	0	0.631	0.778	0.037	18.847	
Part_social_i	pestudd	0.746	***	0	0.649	0.843	0.049	15.078	

Evaluación de ajuste el modelo: indices de modificación

```
modindices(fit_bi, sort = TRUE, maximum.number = 10)
```

	lhs	op	rhs	mi	epc	sepc.lv	sepc.all	sepc.nox
54	pjuntad	~~	preligd	124.893	0.382	0.382	0.489	0.489
51	Part_social_i	=~	preligd	33.474	-0.622	-0.622	-0.622	-0.622
53	Part_social_i	=~	pdepord	32.609	0.625	0.625	0.625	0.625
75	pdepord	~~	pestudd	30.659	0.290	0.290	0.483	0.483
52	Part_social_i	=~	pbenefd	22.307	0.836	0.836	0.836	0.836
62	preligd	~~	pdepord	22.271	-0.203	-0.203	-0.254	-0.254
50	Part_social_i	=~	pjuntad	21.001	-0.492	-0.492	-0.492	-0.492
79	psindid	~~	pasocd	17.229	0.225	0.225	0.393	0.393
65	preligd	~~	pasocd	14.794	-0.191	-0.191	-0.304	-0.304
64	preligd	~~	psindid	14.120	-0.170	-0.170	-0.238	-0.238

Re - Estimación

```
cfa_bi <- '
# latent variables
Part_social_e =~ pjuntad + preligrd + pbenefd + pdepord
Part_social_i =~ ppartd + psindid + pasocd + pestudd

## Covarianzas
pjuntad ~ preligrd
'

#fit_uni <- cfa(cfa_uni,data=socia, ordered = T, std.lv = TRUE)
fit_bi <- cfa(cfa_bi,data=socia, ordered = T, std.lv = TRUE)
sem_fitmeasures(fit_bi)
```

Model Fit Measures

CFI	RMSEA	RMSEA.Lower	RMSEA.Upper	SRMR	AIC	BIC
0.971	0.033	0.025	0.041	0.063	NA	NA

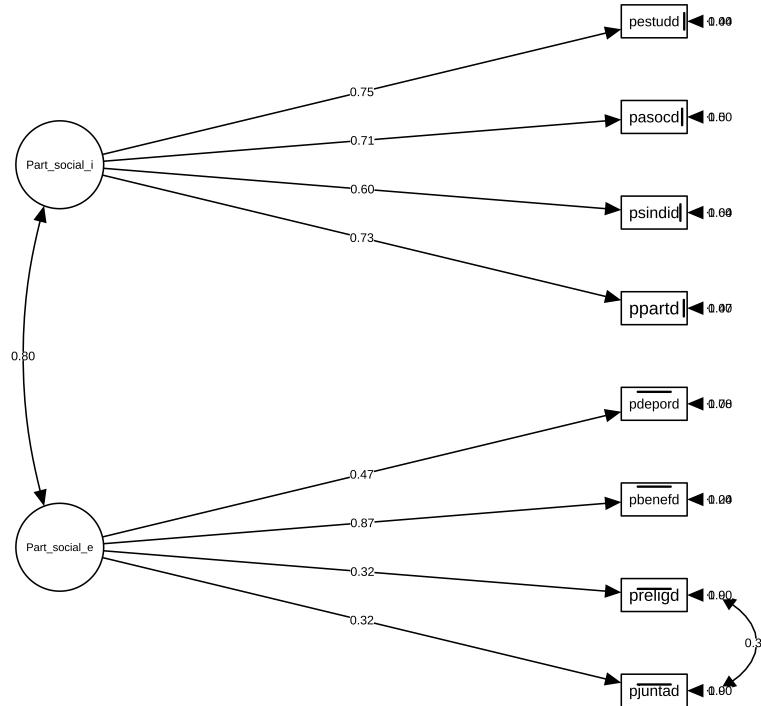
Evaluación de ajuste el modelo: cargas factoriales

```
#semTable(fit_3, type="html", paramSets = c("loadings") )
sem_factorloadings(fit_bi, standardized = TRUE, ci = "standardized")
```

Factor Loadings									
Latent Factor	Indicator	Standardized							
		Loadings	sig	p	Lower.CI	Upper.CI	SE	z	
Part_social_e	pjuntad	0.319	***	0	0.250	0.388	0.035	9.045	
Part_social_e	preligd	0.319	***	0	0.249	0.388	0.035	8.977	
Part_social_e	pbenefd	0.873	***	0	0.793	0.953	0.041	21.440	
Part_social_e	pdepord	0.466	***	0	0.387	0.544	0.040	11.675	
Part_social_i	ppartd	0.730	***	0	0.644	0.817	0.044	16.616	
Part_social_i	psindid	0.598	***	0	0.527	0.669	0.036	16.528	
Part_social_i	pasocd	0.710	***	0	0.639	0.781	0.036	19.512	
Part_social_i	pestudd	0.746	***	0	0.652	0.840	0.048	15.545	

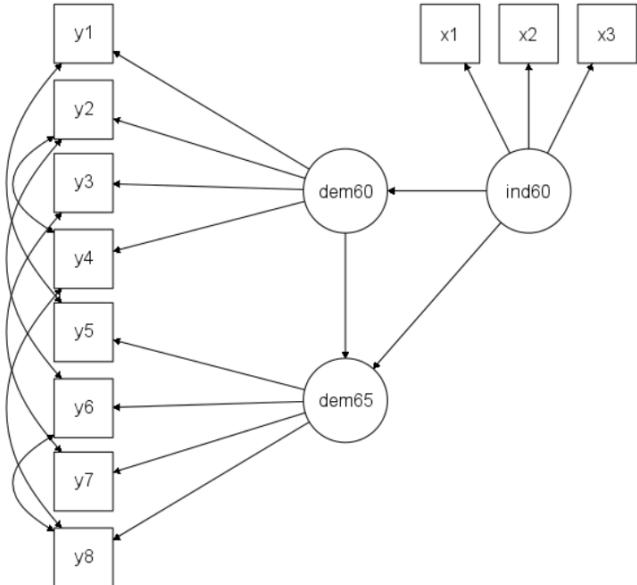
Representación

```
semPaths(fit_bi, whatLabels = "std", edge.label.cex = .5, layout = "tree2", rotation = 2, style = "lisrel", intercepts = FALSE, residuals = TRUE, curve =
```



Ejemplo SEM usando ELSOC

Especificación del modelo: Lavaan



```
myModel <- '
# latent variables
ind60 =~ x1 + x2 + x3
dem60 =~ y1 + y2 + y3 + y4
dem65 =~ y5 + y6 + y7 + y8
# regressions
dem60 ~ ind60
dem65 ~ ind60 + dem60
# residual covariances
y1 ~~ y5
y2 ~~ y4 + y6
y3 ~~ y7
y4 ~~ y8
y6 ~~ y8
'

fit <- sem(model = myModel,
           data = PoliticalDemocracy)
summary(fit)
```

Describir datos

Statistic	N	Mean	St. Dev.	Min	Pctl(25)	Pctl(75)	Max
cgob	2,915	1.866	0.982	1.000	1.000	3.000	5.000
cpart	2,906	1.387	0.684	1.000	1.000	2.000	5.000
ccara	2,923	3.076	1.164	1.000	2.000	4.000	5.000
csind	2,751	2.221	1.153	1.000	1.000	3.000	5.000
cpjud	2,902	1.912	1.030	1.000	1.000	3.000	5.000
cemp	2,874	2.090	1.035	1.000	1.000	3.000	5.000
ccong	2,880	1.660	0.893	1.000	1.000	2.000	5.000
cpres	2,909	2.092	1.141	1.000	1.000	3.000	5.000
svecino	2,920	2.018	0.829	1.000	1.000	3.000	3.000
sreunion	2,917	1.604	0.787	1.000	1.000	2.000	3.000
samigo	2,916	2.318	0.814	1.000	2.000	3.000	3.000
svolun	2,911	1.401	0.712	1.000	1.000	2.000	3.000
sdondin	2,923	2.147	0.829	1.000	1.000	3.000	3.000
spresta	2,914	2.157	0.841	1.000	1.000	3.000	3.000
sconve	2,913	2.375	0.772	1.000	2.000	3.000	3.000
sayuda	2,918	1.978	0.819	1.000	1.000	3.000	3.000
pfirma	2,919	1.622	0.982	1.000	1.000	2.000	5.000
pmarcha	2,922	1.313	0.776	1.000	1.000	1.000	5.000
phuelga	2,921	1.241	0.689	1.000	1.000	1.000	5.000
predes	2,918	1.714	1.178	1.000	1.000	2.000	5.000
pjunta	2,923	1.505	0.793	1.000	1.000	2.000	3.000
prelig	2,921	1.518	0.810	1.000	1.000	2.000	3.000
ppart	2,914	1.070	0.320	1.000	1.000	1.000	3.000
psindi	2,916	1.177	0.541	1.000	1.000	1.000	3.000
pasoc	2,919	1.126	0.456	1.000	1.000	1.000	3.000
pbenef	2,919	1.189	0.552	1.000	1.000	1.000	3.000
pdepor	2,920	1.235	0.612	1.000	1.000	1.000	3.000
pestud	2,919	1.067	0.326	1.000	1.000	1.000	3.000
polint	2,914	1.718	1.072	1.000	1.000	2.000	5.000
pjuntad	2,923	0.316	0.465	0.000	0.000	1.000	1.000
preligd	2,921	0.315	0.465	0.000	0.000	1.000	1.000
ppartd	2,914	0.051	0.221	0.000	0.000	0.000	1.000
psindid	2,916	0.104	0.305	0.000	0.000	0.000	1.000
pasocd	2,919	0.077	0.266	0.000	0.000	0.000	1.000
pbenefd	2,919	0.113	0.317	0.000	0.000	0.000	1.000
pdepord	2,920	0.138	0.345	0.000	0.000	0.000	1.000

Modelo de Medición y Estructural.

```
sem2 <- '
# latent variables
part_pol =~ pfirma + pmarcha + phuelga + predes

confpolitica =~ cgob + cpart + ccong + cpjud
part_social_e =~ pjuntad + preligd + pbenefd + pdepord
part_social_i =~ ppartd + psindid + pasocd + pestudd
sociabilidad =~ svecino + sreunion + samigo + svolun + sdondin + spresta + sconve + sayuda

# Structural Model
part_pol ~ confpolitica + part_social_e + part_social_i + sociabilidad
confpolitica ~ part_social_e + part_social_i + sociabilidad

## Covarianzas MM
pjuntad ~ preligd

# Covarianzas MS
part_social_e ~~ part_social_i
part_social_e ~~ sociabilidad
part_social_i ~~ sociabilidad
'

fitsem_2 <- sem(sem2, data=elsoc2016, ordered = T)
sem_fitmeasures(fitsem_2)
```

Model Fit Measures

CFI	RMSEA	RMSEA.Lower	RMSEA.Upper	SRMR	AIC	BIC
0.932	0.05	0.048	0.052	0.075	NA	NA

Evaluación del modelo: Reporte SEM

- Modelo de medición

Factor Loadings

Latent Factor	Indicator	Standardized						
		Loadings	sig	p	Lower.CI	Upper.CI	SE	z
part_pol	pfirma	0.717	***	0	0.677	0.757	0.021	34.897
part_pol	pmarcha	0.831	***	0	0.793	0.868	0.019	43.786
part_pol	phuelga	0.717	***	0	0.671	0.764	0.024	30.206
part_pol	predes	0.692	***	0	0.653	0.730	0.020	34.857
confpolitica	cgob	0.695	***	0	0.667	0.723	0.014	48.747
confpolitica	cpart	0.775	***	0	0.745	0.805	0.015	50.639
confpolitica	ccong	0.825	***	0	0.800	0.849	0.012	66.346
confpolitica	cpjud	0.717	***	0	0.690	0.744	0.014	52.442
part_social_e	pjuntad	0.357	***	0	0.291	0.424	0.034	10.526
part_social_e	preligd	0.252	***	0	0.184	0.320	0.035	7.232
part_social_e	pbenefd	0.871	***	0	0.790	0.952	0.041	21.019
part_social_e	pdepord	0.463	***	0	0.386	0.540	0.039	11.746

Evaluación del modelo: Reporte SEM

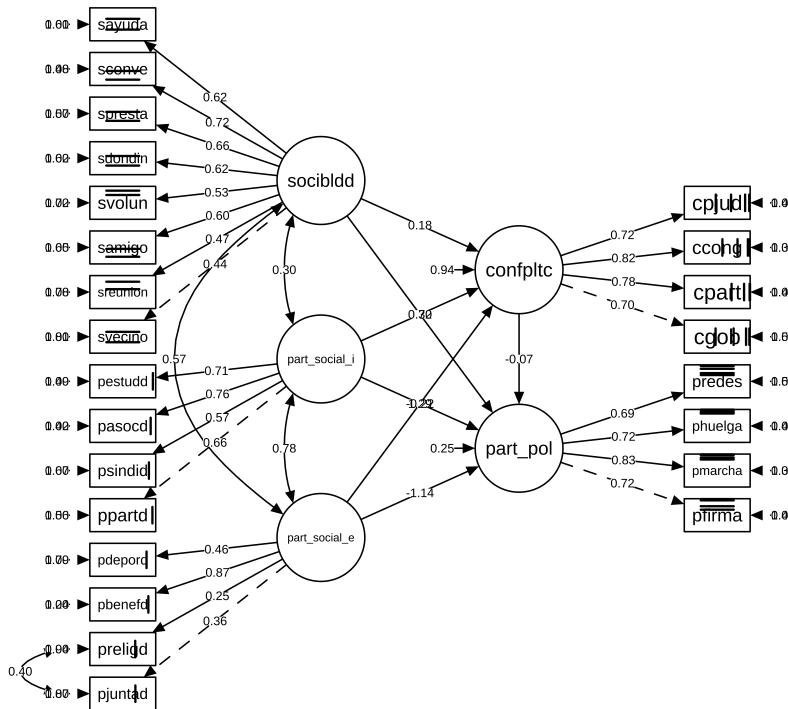
- Modelo estructural

```
#semTable(fit_3, type="html", paramSets = c("loadings") )
sem_paths(fitsem_2, standardized = TRUE, ci = "standardized")
```

Regression Paths								
Predictor	DV	Standardized						
		Path Values	SE	z	sig	p	Lower.CI	Upper.CI
confpolitica	part_pol	-0.068	0.065	-1.046		0.296	-0.197	0.060
part_social_e	part_pol	-1.136	0.374	-3.041	**	0.002	-1.868	-0.404
part_social_i	part_pol	1.289	0.305	4.227	***	0.000	0.691	1.887
sociabilidad	part_pol	0.704	0.162	4.356	***	0.000	0.387	1.021
part_social_e	confpolitica	-0.223	0.160	-1.397		0.163	-0.536	0.090
part_social_i	confpolitica	0.320	0.130	2.463	*	0.014	0.065	0.575
sociabilidad	confpolitica	0.181	0.067	2.712	**	0.007	0.050	0.312

Representación SEM

```
semPaths(fitsem_2, whatLabels = "std", edge.label.cex = .5, layout = "tree2", rotation = 2, style = "lisrel", intercepts = FALSE, residuals = TRUE, curve
```



Algunas extensiones

CFA

- Constreñir equivalencias
- Evaluación de equivalencia o invarianza métrica (entre grupos o longitudinal)
- Modelos de medición con indicadores categóricos

SEM

- Modelos de mediación
- SEM Multinivel
- Longitudinal modeling (Crosslagged or Latent Growth Modeling)

Muchas Gracias!

Daniel Miranda, PhD damiran1@uc.cl

ESCUELA DE INVIERNO ELSOC-COES 2022

TÉCNICAS LONGITUDINALES PARA EL ESTUDIO DE FENÓMENOS SOCIALES

