



Centre d'Estudis Epidemiològics  
sobre les Infeccions de Transmissió  
Sexual i Sida de Catalunya

# Anàlisi quantitatiu de xarxes sexuals egocèntriques en ITS

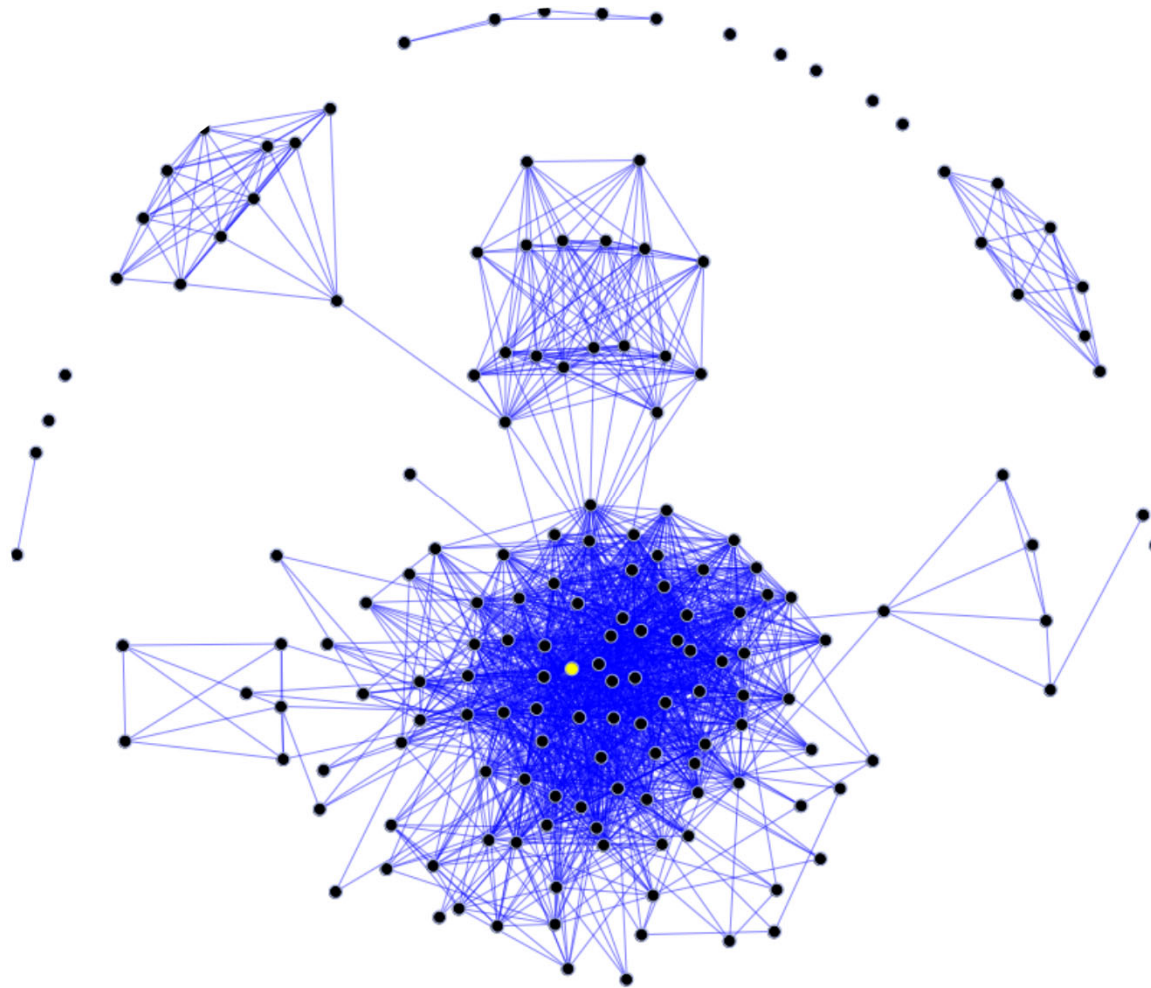
Miquel Saña Miralles

**Sessió Bioestadística Susie Bayarri**

# Anàlisi de Xarxes

- Una xarxa és:
  - Un conjunt de **nodes** (persones, llocs, apps, etc.)
  - Units per **enllaços** (contacte, ús, afiliació, relació social, etc.)
- **Què és una xarxa sexual?**
  - Una **xarxa sexual** és:
    - Una xarxa on els nodes són **persones** i els enllaços representen **relacions sexuals**.
- Serveix per estudiar:
  - Transmissió de ITS
  - Risc epidemiològic
  - Estructures de propagació
  - Grups pont, nuclis de transmissió, etc.

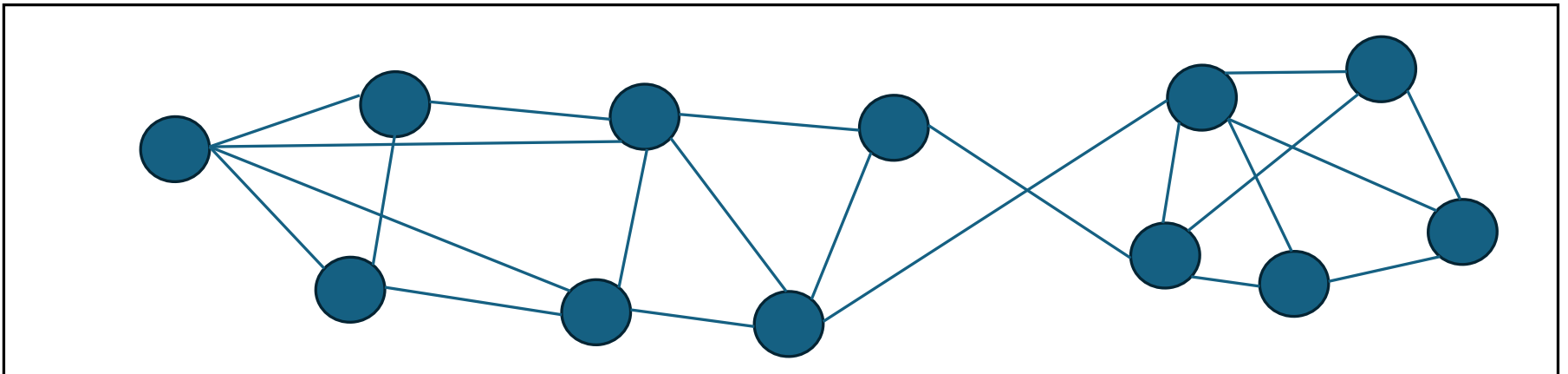
# Com es construeix una xarxa sexual?



# Tipus de Xarxes

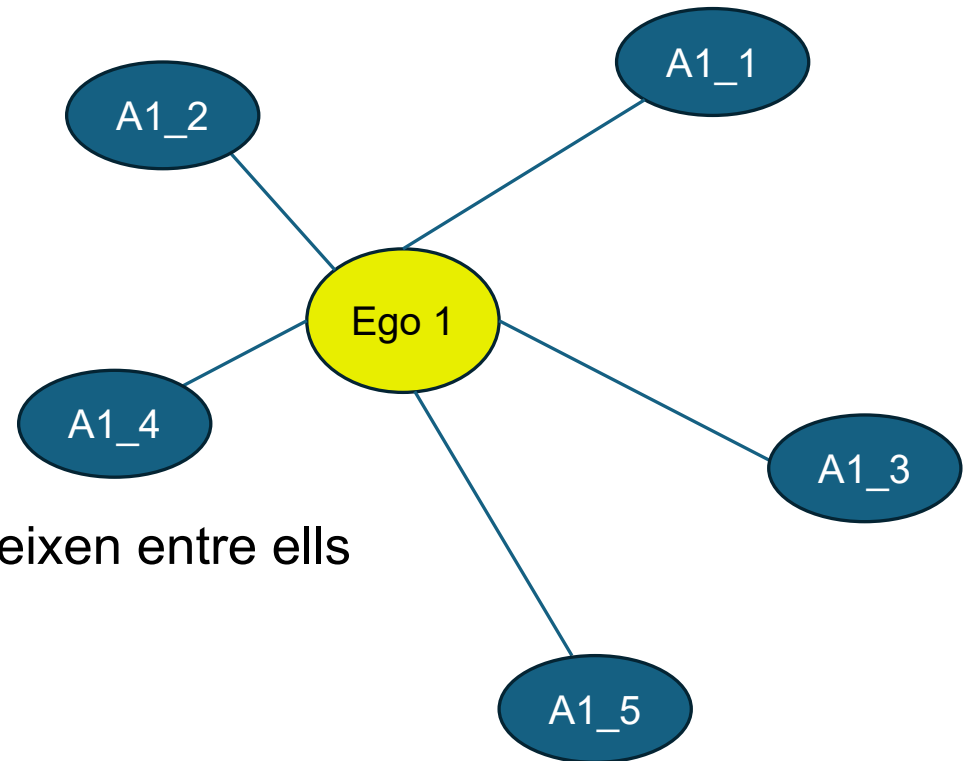
# Xarxa sociocèntrica (one-mode)

- Tots els nodes són del **mateix tipus** (persones-persones)
- Es coneixen **totes les relacions dins un grup**
- Serveix per:
  - Estructures socials
  - Lideratges, ponts, clústers, propagació real



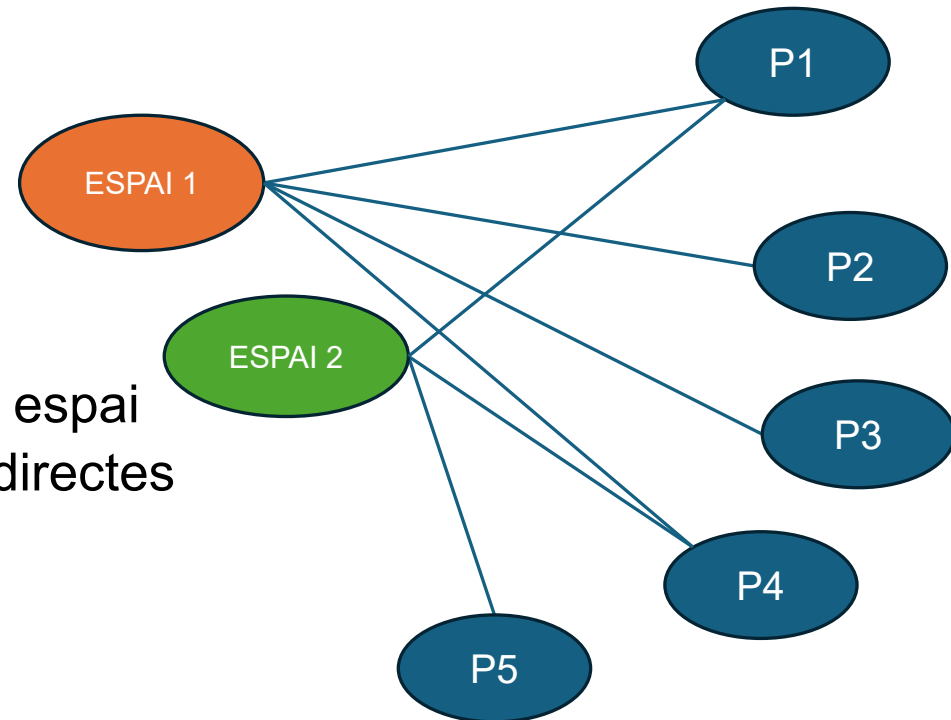
# Xarxa egocèntrica

- Centre: **una persona (ego)**
- Es mira:
  - Amb qui es relaciona (**alters**)
  - I a vegades si els alters es coneixen entre ells
- Serveix per:
  - Risc individual
  - Entorn personal
- No serveix per estudiar estructures globals
- La xarxa es construeix en **funció de l'ego i la percepció que te sobre l'alter**



# Xarxa bipartida / two-mode / d'afiliació

- Hi ha **dos tipus de nodes**:
  - Persones
  - Llocs / apps / activitats
- Els enllaços són:
  - Aquesta persona participa en aquest espai
  - No hi ha relacions persona-persona directes
- Serveix per:
  - Estudiar **ecosistemes socials**
  - Sistemes d'afiliació
  - Infraestructures de contacte



# **Conceptes clau d'anàlisi de xarxes**

# Centralitat

- Mesura qui és important o central
- Tipus comuns:

- **Degree:** quantes connexions té

$$k_i = \sum_j a_{ij}$$

$a_{ij}$  → element de la matriu d'adjacència

- 1 → si hi ha connexió entre  $i$  i  $j$

- 0 → si no n'hi ha

- $i$  → node que estàs analitzant (persona d'interès)

- $j$  → la resta de nodes de la xarxa

- **Betweenness:** quantes vegades fa de pont

$$C_B(i) = \sum_{s \neq i \neq t} \frac{\sigma_{st}(i)}{\sigma_{st}}$$

- $s, t$  → altres nodes de la xarxa

- estem mirant tots els parells possibles

- $\sigma_{st}$  → nombre de camins més curts entre  $s$  i  $t$

- $\sigma_{st}(i)$  → nombre d'aquests camins que passen per  $i$

- $i$  → node que analitzes

- $j$  → altres nodes

- $s, t$  → parells de nodes

- $\sigma$  → camins més curts

# Cohesió

- Mesura com de connectada està la xarxa en conjunt
- Inclou:
  - **Densitat:** Proporció de connexions existents respecte a les possibles.

$$D = \frac{2L}{N(N-1)}$$

- $L$  → nombre de connexions existents (links)
- $N$  → nombre de nodes (persones)

## Core-periphery

- Nucli = molt interconnectat
- Perifèria = poc connectada

- $D = 1$  → tots connectats amb tots (xarxa completa)
- $D \approx 0$  → molt poques connexions

- **Distància mitjana:** Mitjana de les distàncies mínimes entre tots els parells de nodes.

$$\bar{d} = \frac{1}{\frac{N(N-1)}{2}} \sum_{i < j} d(i, j)$$

- $D(i, j)$  → distància mínima entre el node  $i$  i  $j$   
→ nombre de passos més curts
- $\sum_{i < j}$  → suma de totes les parelles de nodes
- $N(N-1)/2$  → nombre total de parelles

# Homofília i Heterogeneïtat

## Homofília (Índex EI)

Tendència a connectar-se amb similars

- Exemples:
  - Mateixa edat
  - Mateix origen

$$EI = \frac{E - I}{E + I}$$

*I (Internal ties)* = alters igual a l'ego  
*E (External ties)* = alters diferents de l'ego

Rang:

-1 = màxima homofília  
+1 = màxima heterofília

## Heterogeneïtat (Índex BLAU)

- Mesura la **diversitat** dins la xarxa
- Basat en la proporció de cada categoria

$$B = 1 - \sum_{i=1}^K p_k^2$$

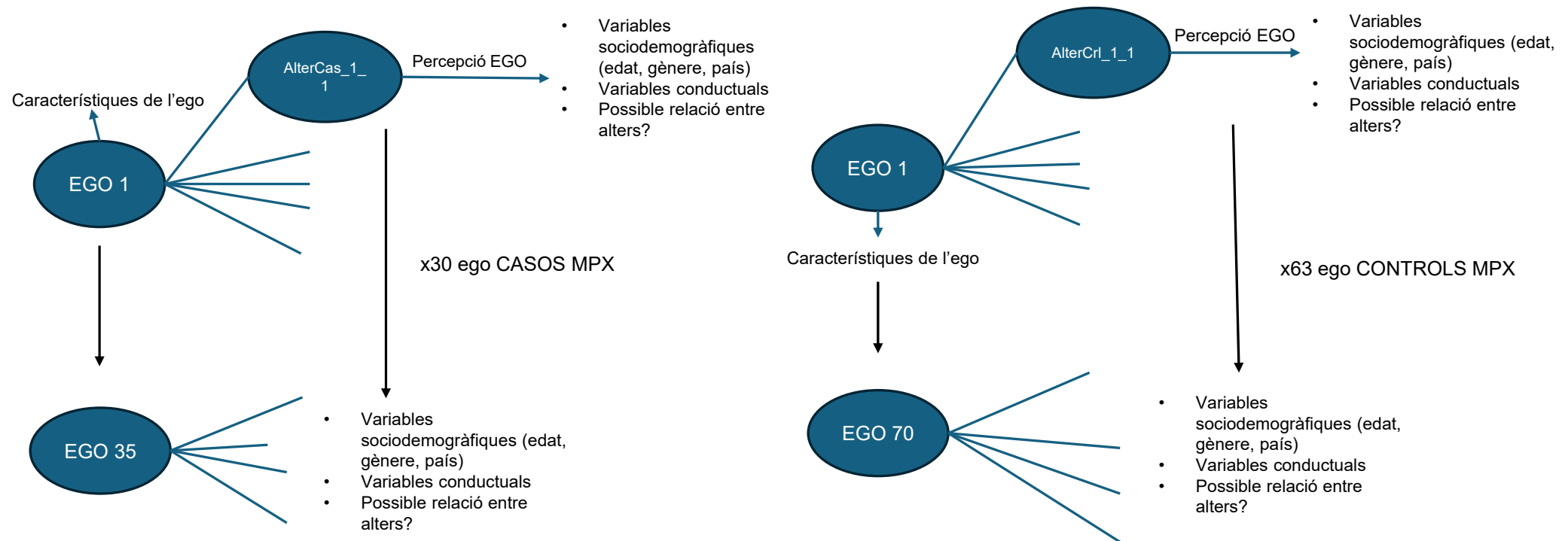
$p_k$  = proporció d'individus en la categoria  $i$   
 $K$  = nombre de categories de la variable

Rang:

0 → cap diversitat / cap segregació  
tots els alters tenen el mateix atribut  
1 → màxima diversitat / màxima heterogeneïtat  
els alters estan completament repartits entre categories

Concepte	Egocèntrica	Sociocèntrica	Bipartida
<b>Centralitat</b>	Importància dins xarxa personal	Qui té més parelles / fa de pont	Qui usa més elements determinats / elements més usat
<b>Cohesió</b>	Si els alters es coneixen	Com de connectada està la comunitat	Com d'integrat està el sistema d'elements
<b>Homofília</b>	Ego tria similars	Similars tenen sexe entre ells	Similars usen els mateixos elements
<b>Heterogeneïtat</b>	Diversitat dels alters (contactes diferents entre si)	Diversitat dins la comunitat (grups barrejats)	Varietat d'elements utilitzats (no només un tipus)

Projecte Estudi: ***Egocentric sexual network analysis among gay and bisexual men who have sex with men with and without mpox infection.*** Sönmez, İ., Martinez Riveros, H., Folch, C., Suñer, C., Díaz, Y., Alonso, L., ... & MOVIE-CC Study Group. (2023). *Sexually Transmitted Infections*



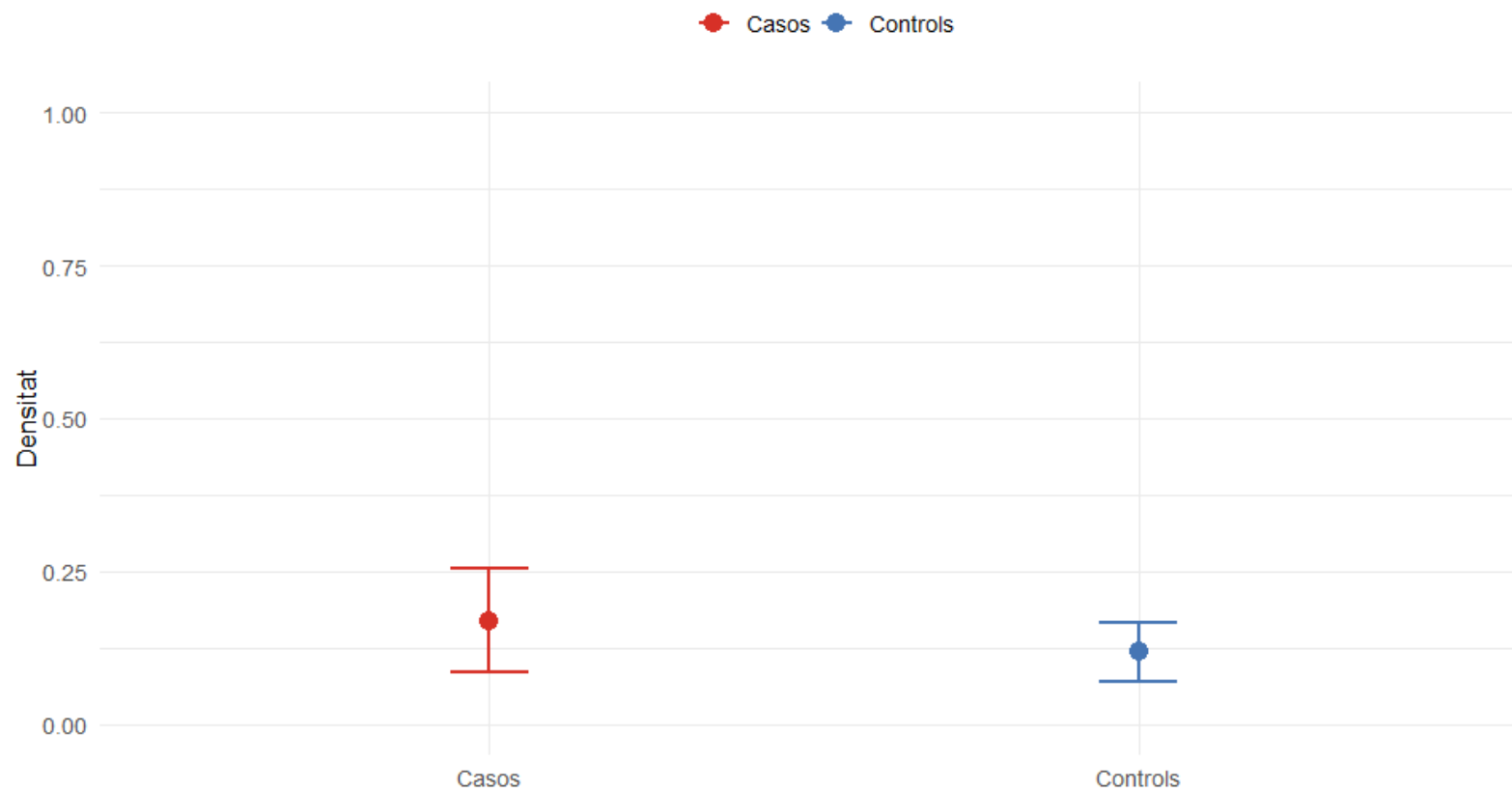
# VARIABLES MPOX

- SOCIODEMOGRAFIQUE: [1:5 → ALTERS]
  - genere\_nom[1:5], pais\_naix\_nom[1:5], edat\_nom[1:5]
- CONDUCTUALS
  - tiempo\_nom[1:5], relacion\_nom[1:5], condon\_nom[1:5], fre\_rel\_nom[1:5], drogas\_nom[1:5], sexo\_grupal\_nom [1:5], repetir\_contacto\_nom [1:5], lugar\_sexo\_nom [1:5]
- ACTO:
  - acto\_sexual\_nom[1:5]\_\_[1:15,9] [1:15]→ TIPUS DE ACTE
- DENSITAT
  - sexe\_nom1\_nom2,sexe\_nom1\_nom3,sexe\_nom1\_nom4,sexe\_nom1\_nom5,  
sexe\_nom2\_nom3,sexe\_nom2\_nom4,sexe\_nom2\_nom5,  
sexe\_nom3\_nom4,sexe\_nom3\_nom5,sexe\_nom4\_nom5

	[ALL] N=463	1 N=155	2 N=308	p.overall
genere_rec:				0.409
Dona cis	1 (0.22%)	1 (0.65%)	0 (0.00%)	
Home cis	460 (99.4%)	153 (98.7%)	307 (99.7%)	
Home trans	2 (0.43%)	1 (0.65%)	1 (0.32%)	
pais_rec:				0.286
Altres	203 (45.9%)	70 (50.0%)	133 (44.0%)	
Espanya	239 (54.1%)	70 (50.0%)	169 (56.0%)	
edat_cat:				0.324
19-35	278 (62.6%)	96 (67.6%)	182 (60.3%)	
36-45	121 (27.3%)	34 (23.9%)	87 (28.8%)	
46+	45 (10.1%)	12 (8.45%)	33 (10.9%)	
relacion_rec:				0.001
Conegut	253 (55.2%)	67 (44.1%)	186 (60.8%)	
Desconegut	205 (44.8%)	85 (55.9%)	120 (39.2%)	
condon_rec:				0.424
No	322 (71.9%)	109 (74.7%)	213 (70.5%)	
Sí	126 (28.1%)	37 (25.3%)	89 (29.5%)	
fre_rel_rec:				0.145
>1 vegada	208 (45.9%)	62 (40.8%)	146 (48.5%)	
1 vegada	245 (54.1%)	90 (59.2%)	155 (51.5%)	
drogas_rec:				0.053
No	346 (77.4%)	106 (71.6%)	240 (80.3%)	
Sí	101 (22.6%)	42 (28.4%)	59 (19.7%)	
sexo_grupal_rec:				0.122
No	376 (83.0%)	119 (78.8%)	257 (85.1%)	
Sí	77 (17.0%)	32 (21.2%)	45 (14.9%)	
repetir_rec:				<0.001
Improbable	125 (27.5%)	60 (39.5%)	65 (21.5%)	
Probable	329 (72.5%)	92 (60.5%)	237 (78.5%)	
lugar_sexo_rec:				0.428
Altres	124 (27.9%)	40 (27.8%)	84 (27.9%)	
Casa altra persona	165 (37.1%)	48 (33.3%)	117 (38.9%)	
Casa pròpia	156 (35.1%)	56 (38.9%)	100 (33.2%)	
tiempo_dias	431 (926)	266 (676)	521 (1027)	0.002

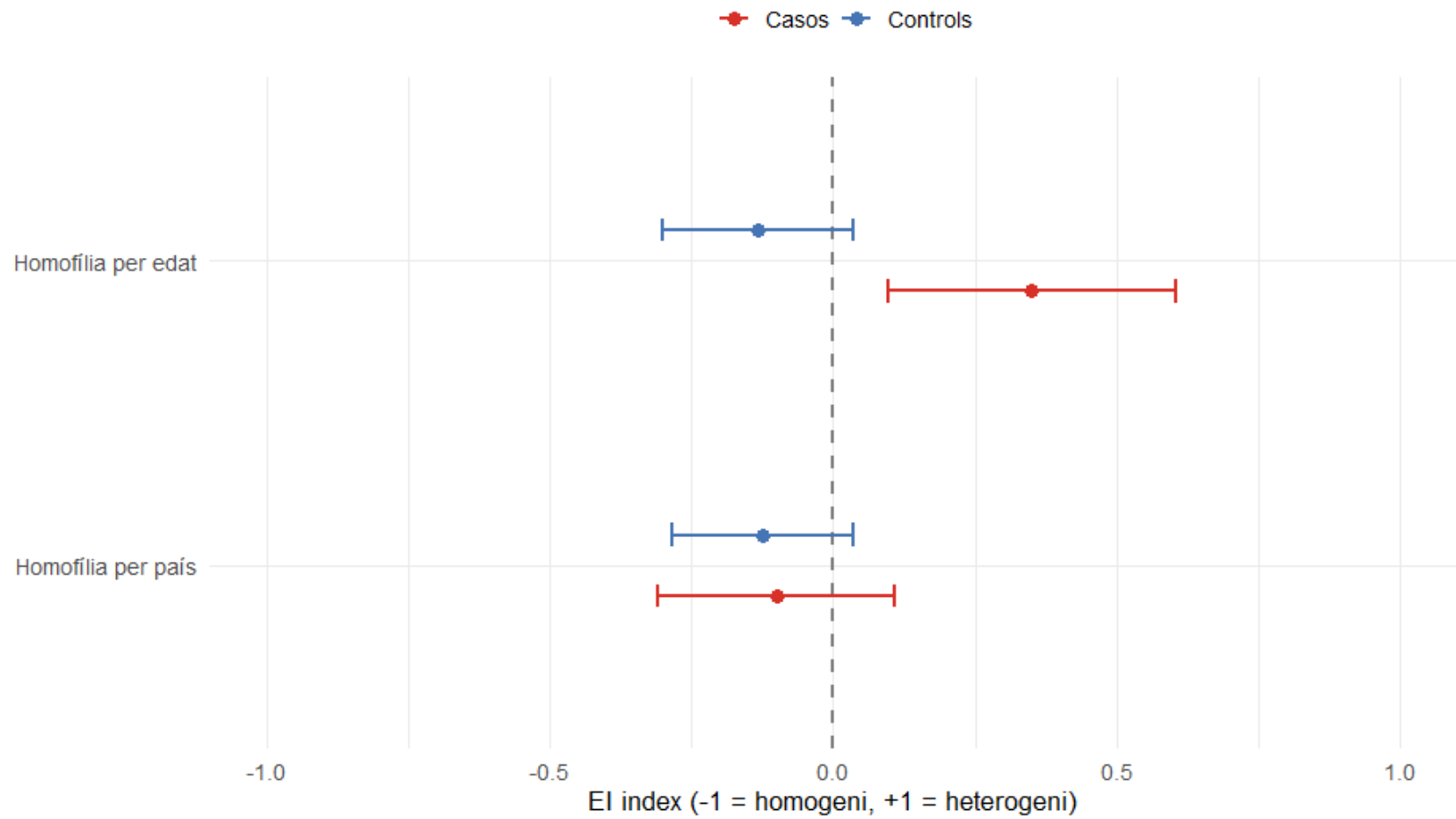
## Densitat de les xarxes

Mitjana de densitat (IC 95%) per grup



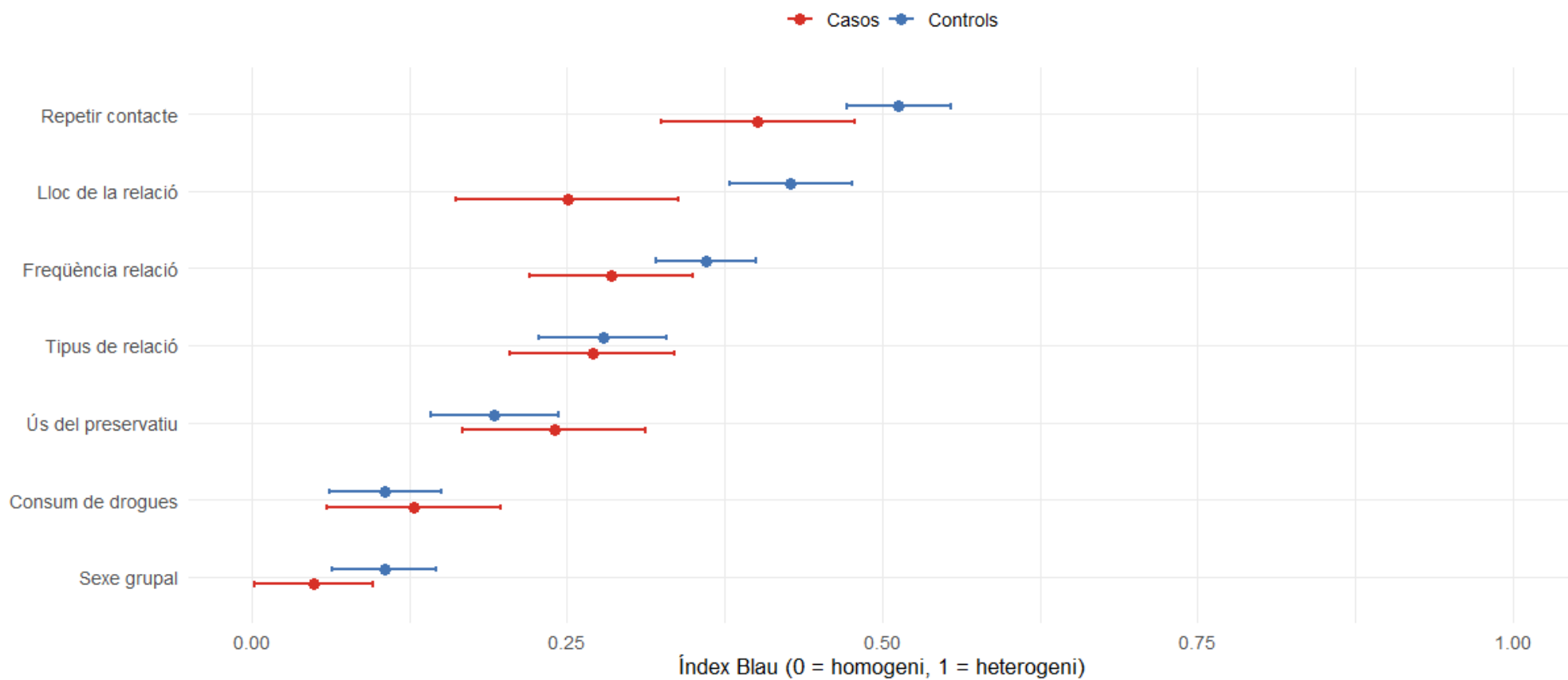
## Homofilia (EI index)

Mitjana de l'EI index (IC 95%) per grup



## Heterogeneïtat conductual

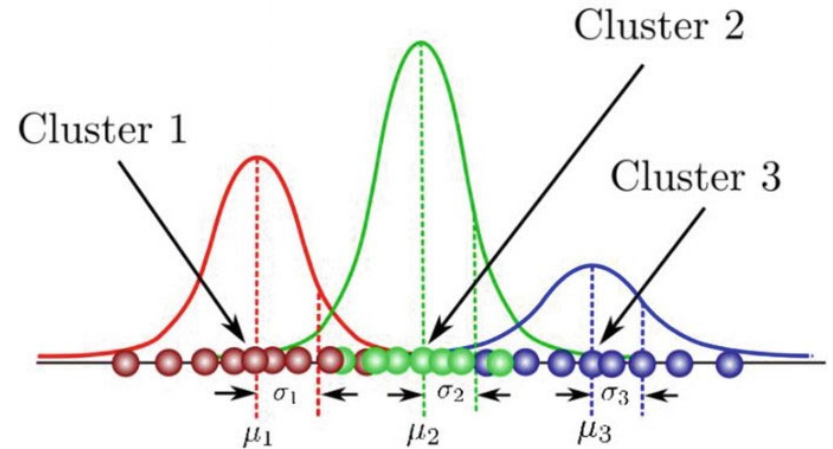
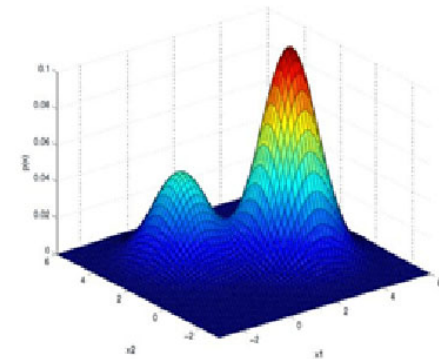
Mitjana de l'índex Blau (IC 95%) per grup



# Classificació de xarxes sexuals

L'anàlisi de classes latents basada en Models de Mixtura Gaussiana pretén identificar agrupacions de dades amb distribucions de probabilitat que poden ser modelades com a una combinació de distribucions gaussianes.

- **Assumpcions:** Assumeix que les dades segueixen una distribució normal multivariada.
- **Interpretació:** Permet interpretar la probabilitat que cada punt de dada pertanyi a cada classe, no només una etiqueta de pura pertinença al classe.

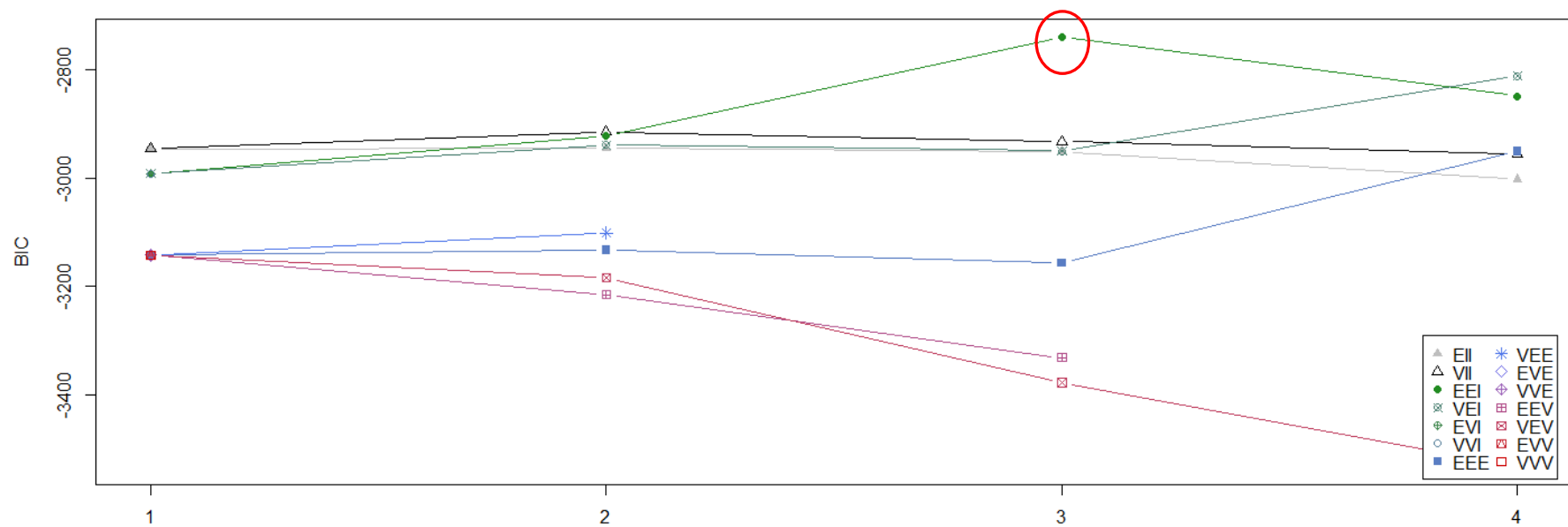


## Diapositiva 19

---

**MS1** Grups subjacnets x arxes similars  
Saña Miralles, Miquel; 2026-04-29T08:40:28.892

### Comparem els models de mixtura gaussiana



- Nombre de classes
- Tipus de distribució utilitzada

Top 3 models based on the BIC criterion:  
EEI,3    VEI,4    EEI,4  
-2739.755    -2812.315    -2849.458

**MS1** Es comparen diferents models de mescla gaussiana (GMM) amb diferents estructures de covariància i nombre de clústers.

El criteri utilitzat és el BIC (Bayesian Information Criterion):

Valors més alts (menys negatius) indiquen millor ajust penalitzat per complexitat.

Resultats principals

Millor model:

→ EEI amb 3 clústers (BIC = -2739.8)

Alternatives:

VEI amb 4 clústers (pitjor BIC)

EEI amb 4 clústers (encara pitjor)

Per tant, 3 classes és la solució òptima

Interpretació del model escollit (EEI)

E (Equal volume): classes amb volum similar

E (Equal shape): mateixa forma

I (Diagonal): variables independents (sense correlació)

Implica que:

A diferència de mètodes "durs" (k-means), el GMM:

Assigna probabilitats de pertinença a cada clúster

Permet captar incertesa i solapament entre grups

Saña Miralles, Miquel; 2026-04-28T07:47:42.348

Variable	Classe 1 (N=15)	Classe 2 (N=32)	Classe 3 (N=46)
<b>Tipus de participant n (%)</b>			
Cas	7 (46.7%)	12 (37.5%)	11 (23.9%)
Control	8 (53.3%)	20 (62.5%)	35 (76.1%)
<b>Índex Blau (Homogeneïtat) Mitjana (SD)</b>			
Tipus relació	0.07 (0.16)	0.33 (0.15)	0.31 (0.21)
Preservatiu	0.14 (0.21)	0.24 (0.21)	0.22 (0.21)
Freq. relació	0.00 (0.00)	0.32 (0.01)	0.48 (0.02)
Drogues	0.14 (0.21)	0.11 (0.18)	0.11 (0.19)
Sexe grupal	0.05 (0.15)	0.13 (0.17)	0.07 (0.15)
Repetir contacte	0.36 (0.21)	0.49 (0.17)	0.52 (0.18)
Lloc	0.25 (0.29)	0.35 (0.22)	0.42 (0.21)
<b>Índex EI (Homofília) Mitjana (SD)</b>			
País	-0.04 (0.71)	0.15 (0.60)	-0.34 (0.57)
Edat	0.47 (0.80)	0.06 (0.75)	-0.13 (0.69)
<b>Xarxa Mitjana (SD)</b>			
Densitat	0.14 (0.24)	0.14 (0.23)	0.13 (0.22)
N alters	4.47 (1.13)	4.97 (0.18)	4.50 (0.86)

## Diapositiva 21

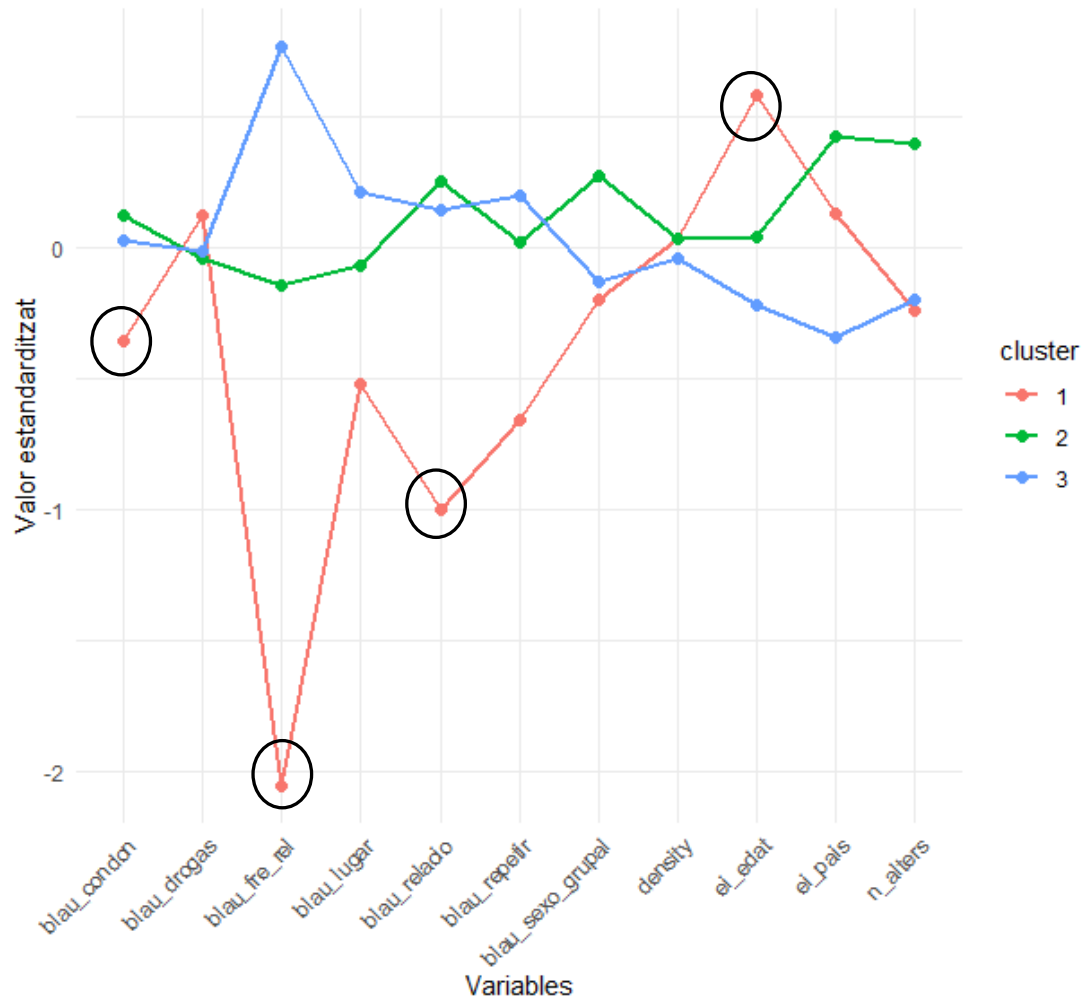
---

**MS1**

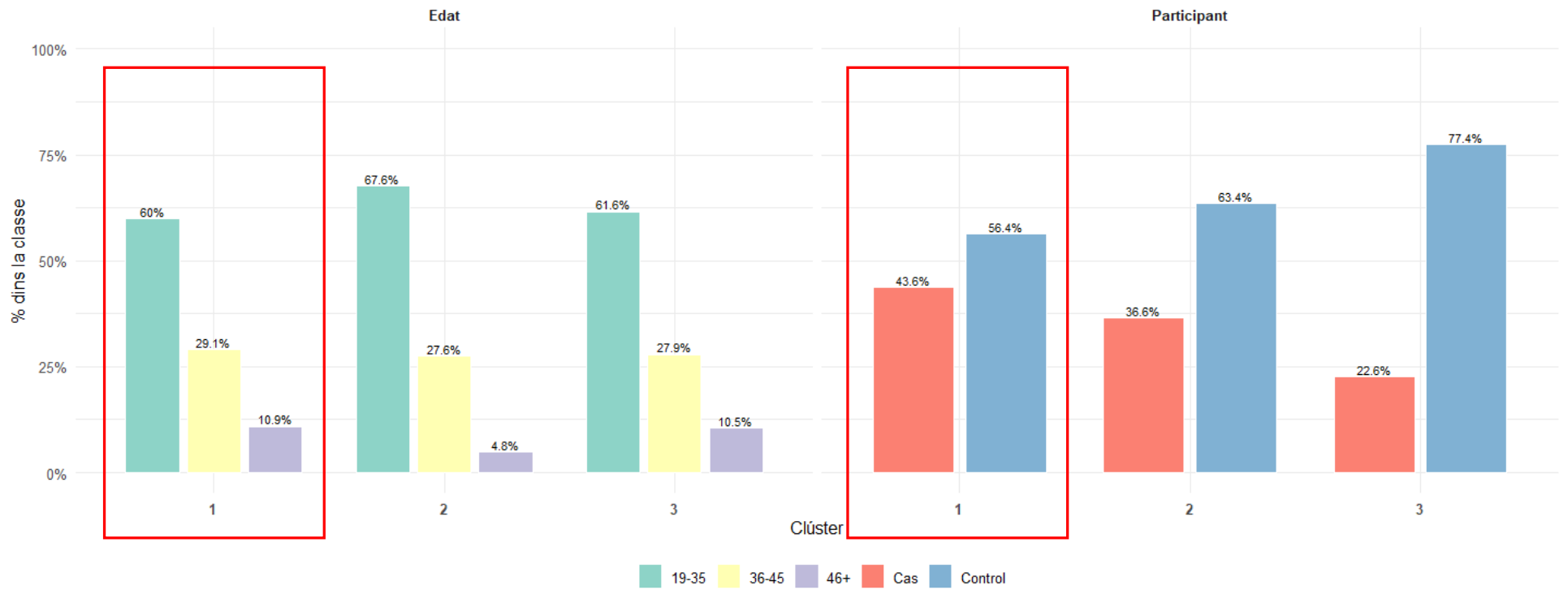
**llegeenda**

Saña Miralles, Miquel; 2026-04-29T09:14:05.662

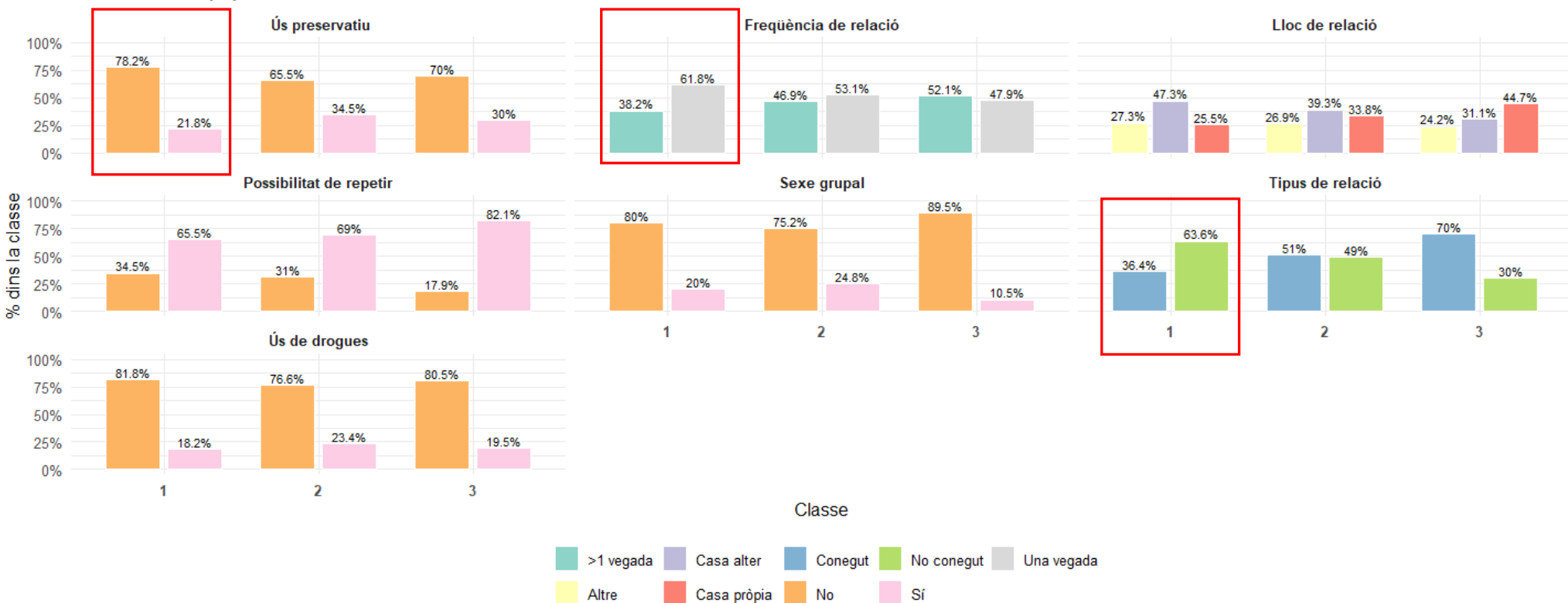
### Perfils de les classes



## Participant i edat (%)



## Conductuals (%)



## **Classe 1 — Xarxa homogènia d'interaccions ocasionals (més associat a MPOX)**

- **Tipus de participant**

Major presència de casos MPOX

→ proporció més alta dins del clúster ( $\approx 46,7\%$ )

- **Estructura de la xarxa**

Índex d'homogeneïtat en el tipus de relació molt baix

→ relacions molt similars

→ principalment amb persones no conegudes ( $\approx 64\%$ )

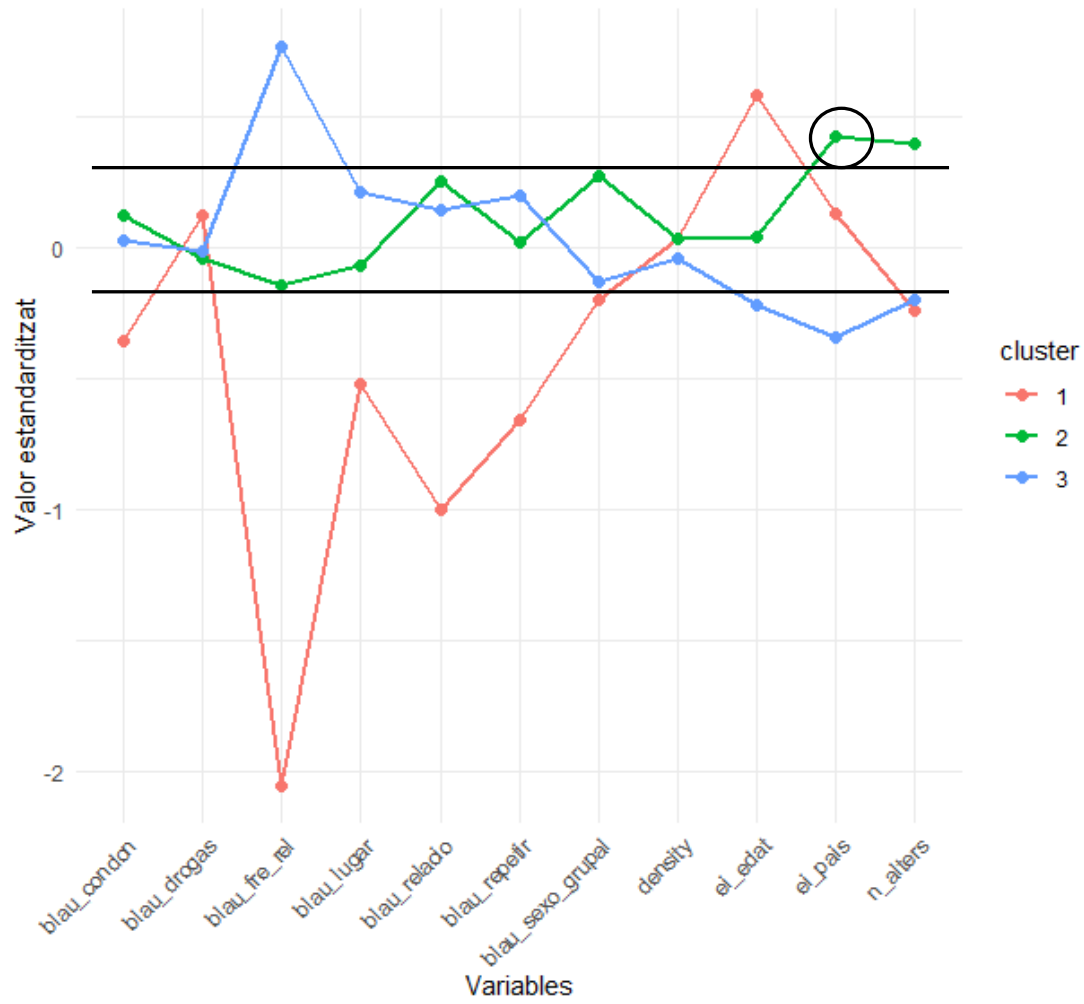
Homogeneïtat en la freqüència de contacte

→ mateix patró en tots els alters

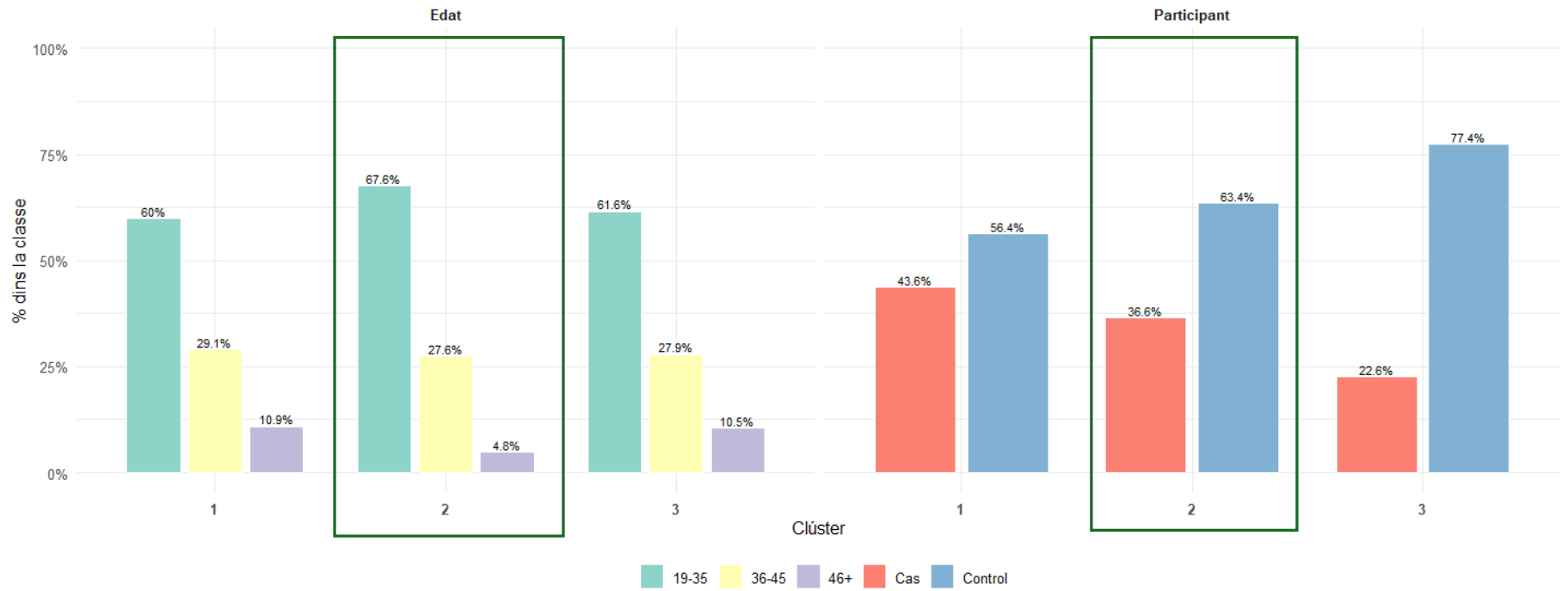
→ relacions d'una sola vegada ( $\approx 62\%$ )

### **Tendència a una heterofília en la edat**

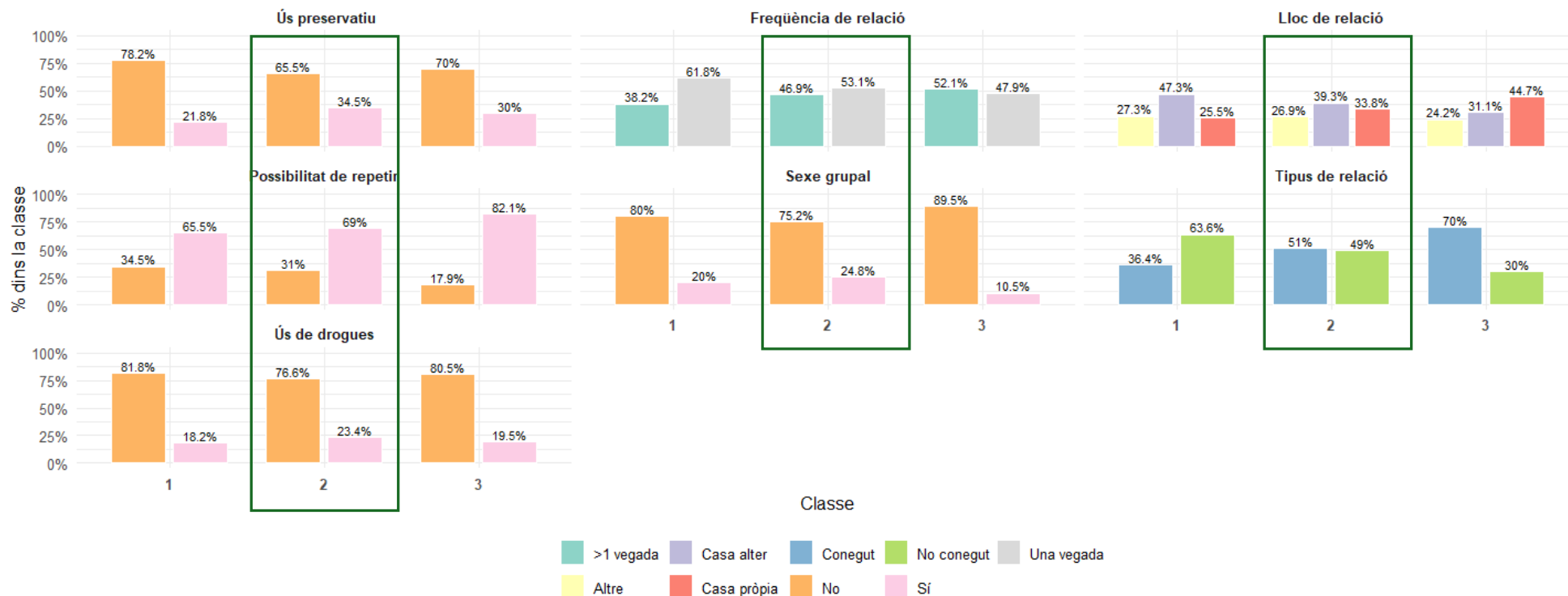
### Perfiles de les classes



### Participant i edat (%)



## Conductuals (%)



## **Classe 2 — Xarxa heterogènia i diversa (perfil intermig amb risc)**

- **Tipus de participant**

Casos: 37,5%

→ Presència rellevant de MPOx

→ Inferior al clúster 1, superior al clúster 3

- **Estructura de la xarxa**

Heterogeneïtat en el tipus de Relacions conegut / no conegut equilibrades

→ Distribució similar entre vincles propers i ocasionals

Heterogeneïtat en la freqüència de contacte

Relacions d'una sola vegada vs repetides equilibrades

→ Patró mixt de contacte ( $\approx$  50% / 50%)

Sexe grupal: 24,8%

→ Proporció rellevant en contextos sexuals de grup

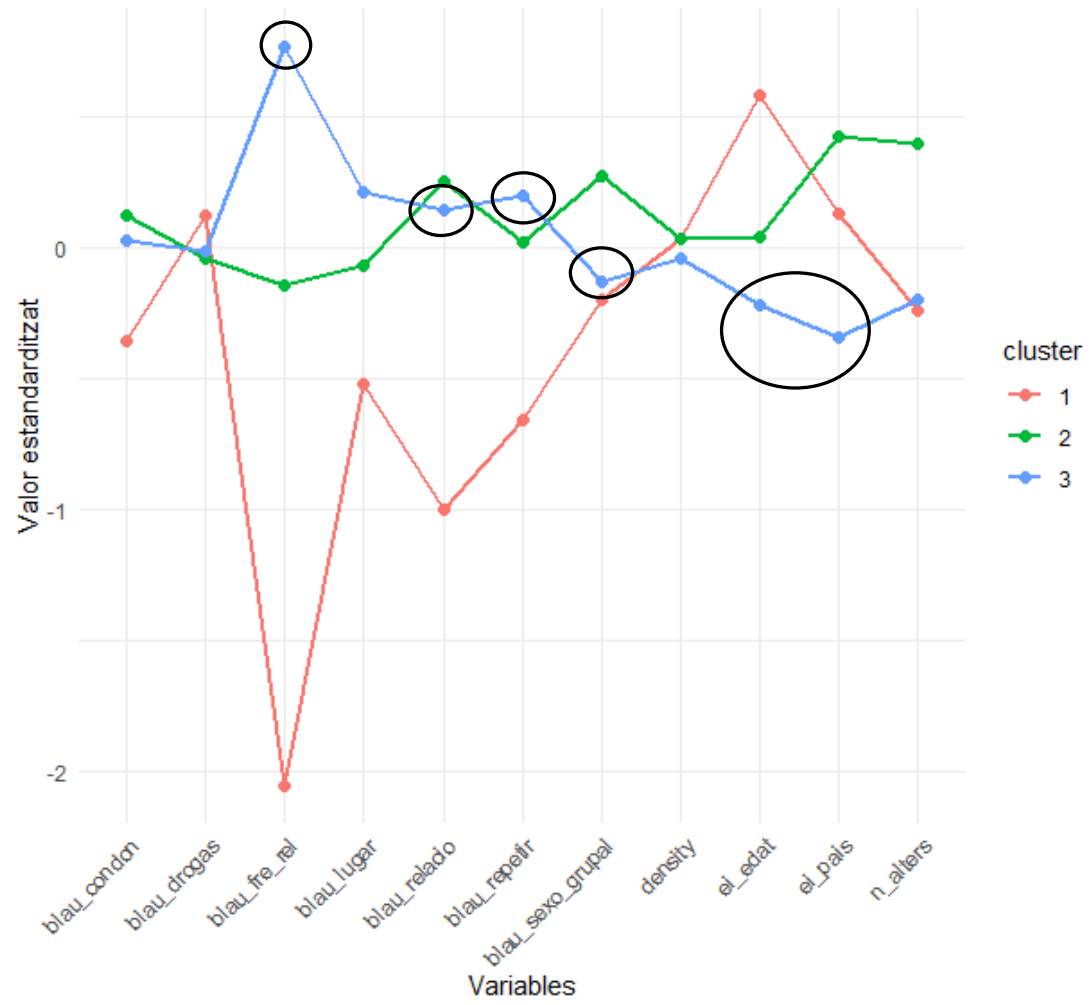
### **Heterofília en la nacionalitat ego-alter**

### **No hi ha un patró de contacte dominant**

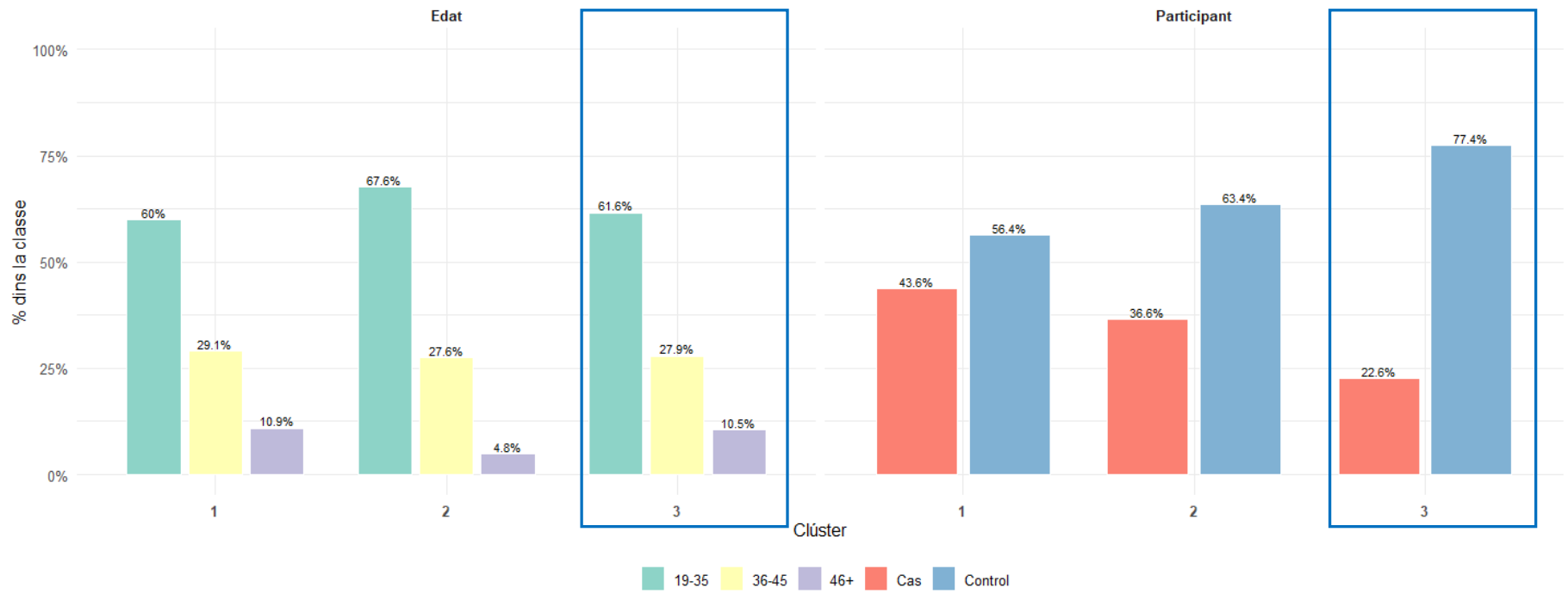
→ **Coexistència d'interaccions puntuals i repetides**

### **Perfil intermig associat a MPOX**

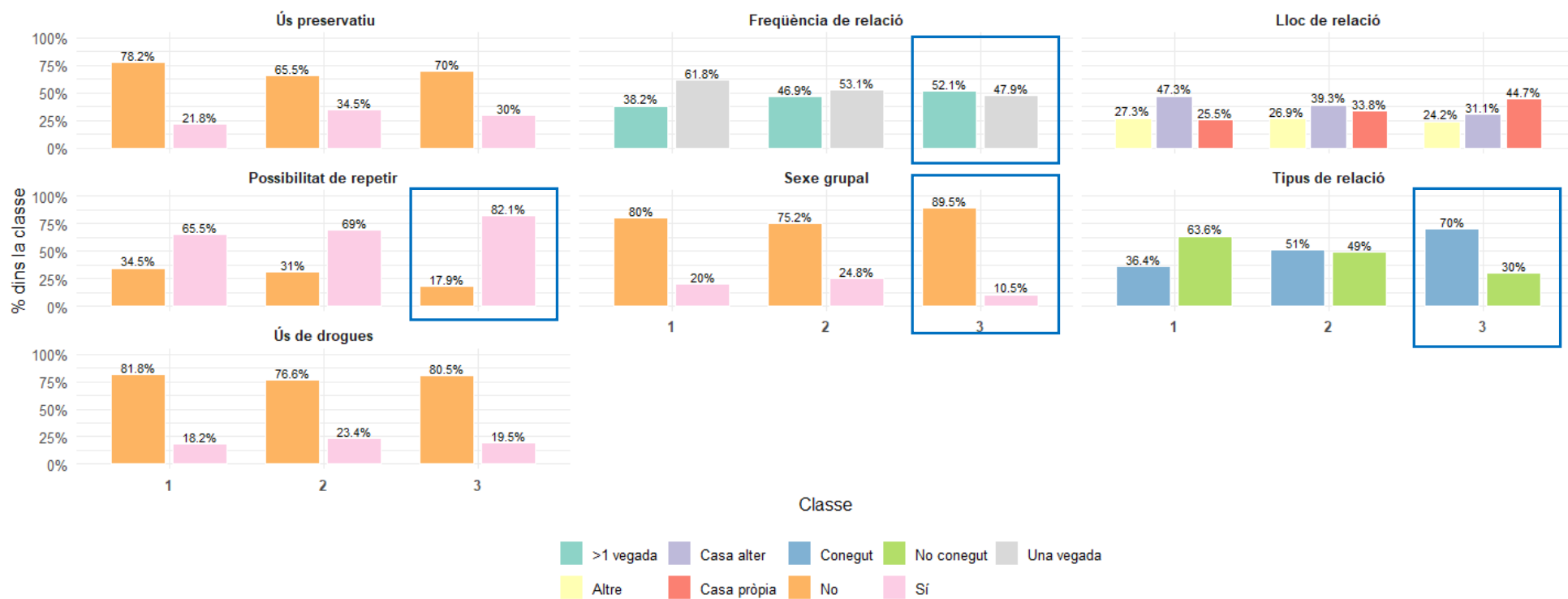
### Perfiles de les classes



### Participant i edat (%)



## Conductuals (%)



**Diapositiva 32**

---

**MS1** Eixos 100

Saña Miralles, Miquel; 2026-04-23T13:21:15.891

### **Classe 3— Xarxa estable i homogènia (més associat a controls)**

- **Tipus de participant**

Casos: 23,9% (mínim)

Controls: 76,1% (màxim)

- **Estructura de la xarxa**

Tipus de vincles

Coneguts: 70% → Predomini clar de relacions estables

Freqüència de contacte

Contactes repetits: 82,1% → Alta continuïtat en les relacions

Altres característiques

Sexe grupal: 10,5% → Baixa presència de contextos sexuals de grup

### **Homofília en l'edat i el país de naixement**

### **Xarxes estables, tancades i cohesionades**

→ **Predomini de relacions conegudes i repetides**

**Perfil associat a menor risc de MPOX**

# Conclusions

- **Dos perfils de risc MPOX**
- **Classe 1** → contactes ocasionals amb desconeguts (homogeni)
- **Classe 2** → xarxes diverses i exposades (heterogeni)
  - **No tota homogeneïtat és protectora**
    - Homogeneïtat en **relacions puntuals** → ↑ risc
  - **La heterogeneïtat també augmenta el risc**
    - Xarxes mixtes → més connexions → ↑ exposició
  - **Heterofília ego-alter augmenta el risc (principalment edat)**
- **Perfil protector (Classe 3)**
  - Relacions **estables i repetides**
  - Persones **conegudes**
  - Menys pràctiques de risc
  - Xarxes egocèntriques amb més **homofília** (edat, país de naixement)