# Dinero, tipo de cambio e inflación en Argentina

Alejandro Gay

Universidad Nacional de Córdoba y CONICET

1 de noviembre de 2023

Workshop Instituto de Economía y Finanzas, UNC

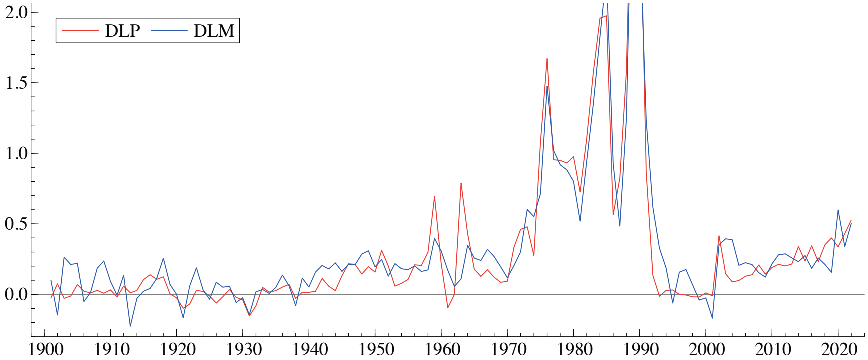
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Hoja de ruta



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Motivación

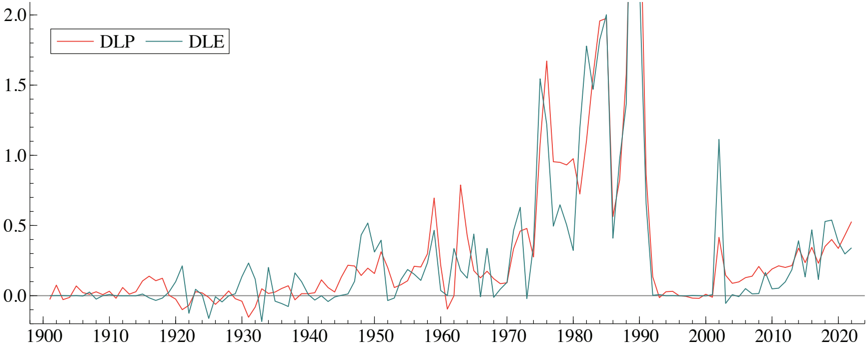



$$MV = PY$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta M}{M} - \frac{\Delta Y}{Y}$$

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Motivación




$$P_T = EP_T^*$$

$$P = \gamma P_T + (1-\gamma)P_N$$

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Motivación

La relación entre dinero y precios se ve afectada por el tipo de cambio, lo que sugiere que no se puede estudiar la dinámica inflacionaria en el marco de una economía cerrada.

En función de ello, en el trabajo se utiliza un modelo de optimización intertemporal para deducir los determinantes del nivel de precios de equilibrio, en una economía con bienes transables y no transables, y gasto público que se financia con impuestos y emisión.

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# El modelo: La decisión del agente

El agente representativo j maximiza intertemporalmente

$$U_t = \Sigma_{s=t}^{\infty} \beta^{s-t} \left[ \frac{\sigma}{\sigma - 1} C_s^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \frac{\chi}{1-\varepsilon} \left( \frac{M_s}{P_s} \right)^{1-\varepsilon} - \frac{\kappa}{\mu} Y_{N,s}^{\mu} \right] \tag{1}$$

La canasta de consumo

$$C = \left[ \gamma^{\frac{1}{\theta}} C_T^{\frac{\theta-1}{\theta}} + (1-\gamma)^{\frac{1}{\theta}} C_N^{\frac{\theta-1}{\theta}} \right]^{\frac{\theta}{\theta-1}} \tag{2}$$

El índice de precios

$$P = \left[ \gamma P_T^{1-\theta} + (1-\gamma) P_N^{1-\theta} \right]^{\frac{1}{1-\theta}} \tag{3}$$

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# La decisión del agente

La restricción presupuestaria

$$P_{Tt}F_t + M_t = P_{Tt}(1 + r_t)F_{t-1} + M_{t-1} + P_{Nt}Y_{Nt} + P_{Tt}Y_{Tt} + \\ - P_t C_t - P_t T_t \tag{4}$$

El gasto público

$$G = \left[ \gamma^{\frac{1}{\theta}} G_T^{\frac{\theta-1}{\theta}} + (1-\gamma)^{\frac{1}{\theta}} G_N^{\frac{\theta-1}{\theta}} \right]^{\frac{\theta}{\theta-1}} \tag{5}$$

El gasto público es financiado por impuestos y señoreaje.

$$G_t = T_t + \frac{M_t - M_{t-1}}{P_t} \tag{6}$$

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Condiciones de primer orden

$$\frac{C_{Tt+1}}{C_{Tt}} = [\beta(1+r_t)]^{\sigma} \left[ \frac{\frac{P_t}{P_{Tt}}}{\frac{P_{t+1}}{P_{Tt+1}}} \right]^{\sigma-\theta} \tag{7}$$

$$\frac{C_{Nt}}{C_{Tt}} = \frac{(1-\gamma)}{\gamma} \left( \frac{P_{Nt}}{P_{Tt}} \right)^{-\theta} \tag{8}$$

$$\frac{M_t}{P_t} = \left[ \chi C_t^{\frac{1}{\sigma}} \frac{1+i_t}{i_t - \pi_{t+1}} \right]^{1/\varepsilon} \tag{9}$$

$$Y_{Nt}^{\mu-1} = \frac{1}{\kappa} C_t^{-\frac{1}{\sigma}} \left( \frac{P_{Nt}}{P_t} \right) \tag{10}$$

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Aproximación en el estado estacionario

$$\frac{M_t}{P_t} = \left[ \chi \frac{1}{\kappa Y_{Nt}^{(\mu-1)}} \frac{P_{Nt}}{P_t} \frac{1+i_t}{i_t - \pi_{t+1}} \right]^{\frac{1}{\varepsilon}} \tag{11}$$

$$\hat{M} - \hat{P} = \frac{1}{\varepsilon} \left[ \hat{Y} + \gamma(\hat{P}_N - \hat{P_T}) - \hat{ii} \right] \tag{12}$$

dónde $\hat{x} = \frac{dx}{x_0}$ representa el cambio porcentual en relación al estado estacionario de referencia y $\hat{ii} = d\ln \frac{i_t - \pi_{t+1}}{1+i_t}$.

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Ecuación del nivel de precios

$$\hat{P} = \frac{1}{\varepsilon(1-\gamma)+\gamma}\left[\varepsilon(1-\gamma)\hat{M} - (1-\gamma)\hat{Y} + \gamma\hat{E} + \gamma\hat{P}^{*}_{T} + (1-\gamma)\hat{ii}\right]$$

$$\ln P_t = \beta_2 \ln M_t + \beta_3 \ln Y_t + \beta_4 \ln E_t + \beta_5 \ln P^{*}_{Tt} + \beta_6 \ln\left(\frac{i_t - \pi_{t+1}}{1+i_t}\right) + \upsilon_t \quad (13)$$

$$0 < \beta_2 = \frac{\varepsilon(1-\gamma)}{\varepsilon(1-\gamma)+\gamma} < 1$$

$$\beta_3 = -\frac{(1-\gamma)}{\varepsilon(1-\gamma)+\gamma} < 0$$

$$0 < \beta_4 = \beta_5 = \frac{\gamma}{\varepsilon(1-\gamma)+\gamma} < 1$$

$$\beta_6 = -\beta_3 > 0$$

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# El modelo VAR cointegrado

$$X_t = \left(\ln P_t, \ln M_t, \ln Y_t, \ln E_t, \ln P^*_{Tt}, \ln \frac{i_t - \pi_{t+1}}{1 + i_t}\right) \tag{14}$$

Modelo VAR I(1)

$$X_t = \Pi_1 X_{t-1} + \Pi_2 X_{t-2} + ... + \Pi_k X_{t-k} + \Phi D_t + \varepsilon_t$$

en términos de corrección al equilibrio:

$$\Delta X_t = \Pi X_{t-1} + \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + ... + \Gamma_{k-1} \Delta X_{t-k+1} + \Phi D_t + \varepsilon_t \tag{15}$$

dónde: $\Pi = \sum_{i=1}^{k} \Pi_i - I_p$ y $\Gamma_i = -\sum_{i=i+1}^{k} \Pi_i$.

$\Pi = \alpha\beta'$

Las relaciones de cointegración presentes en el vector $\beta' X_t$ pueden interpretarse como relaciones económicas de largo plazo.

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# El modelo VAR cointegrado

Modelo VAR I(2) (Johansen, 1992)

$$\Delta^2 X_t = \Pi X_{t-1} - \Gamma \Delta X_{t-1} + \Sigma_{i=1}^{k-2} \Phi_i \Delta^2 X_{t-i} + \Theta D_t + \varepsilon_t \qquad (16)$$

donde $\Gamma = I - \Sigma_{i=1}^{k-1} \Gamma_i, \quad \Theta_i = -\Sigma_{j=i+1}^{k-1} \Gamma_i, \quad i = 1, ..., k-2,$

dos condiciones:

$\Pi = \alpha\beta',$ con $\alpha, \beta$ siendo $p \times r$, $s < (p-r)$,

$\alpha'_{\perp} \Gamma \beta_{\perp} = \varsigma\eta',$ con $\varsigma$, $\eta$ siendo $(p-r) \times s$, $s < (p-r)$,

Los números $r$, $s$, y $p-r-s$ son los índices de integración del modelo:

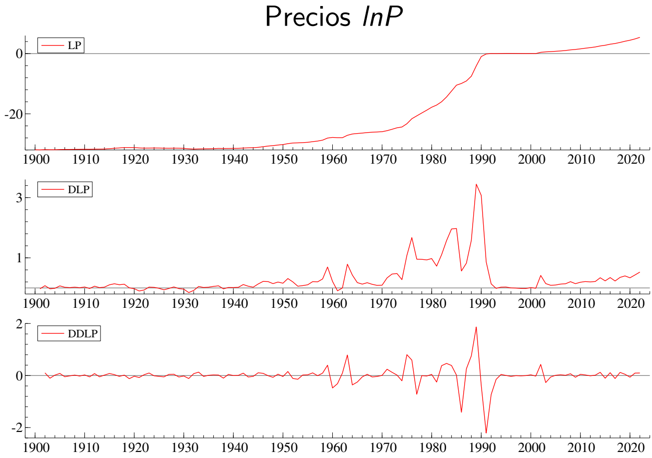
$r : \beta' X_t - \delta\beta'_{\perp 2} \Delta X_t \sim I(0),$

$s : \beta'_{\perp 1} X_t \sim I(1),$

$p-r-s : \beta'_{\perp 2} X_t \sim I(2).$

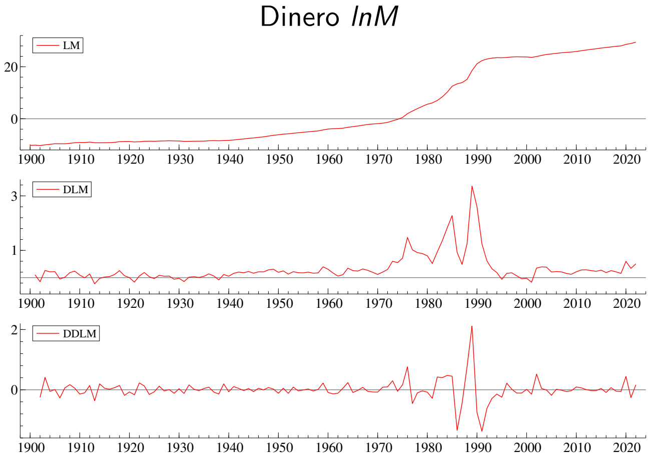
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Datos



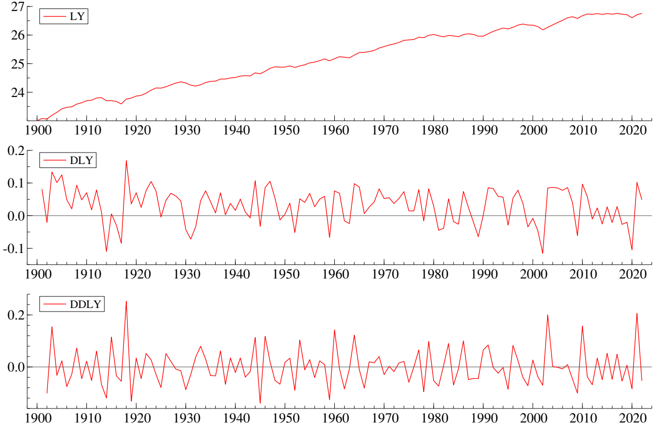

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Datos


Dinero $lnM$
LM
20
0
DLM
3
1
DDLM
2
0
1900
1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
2020

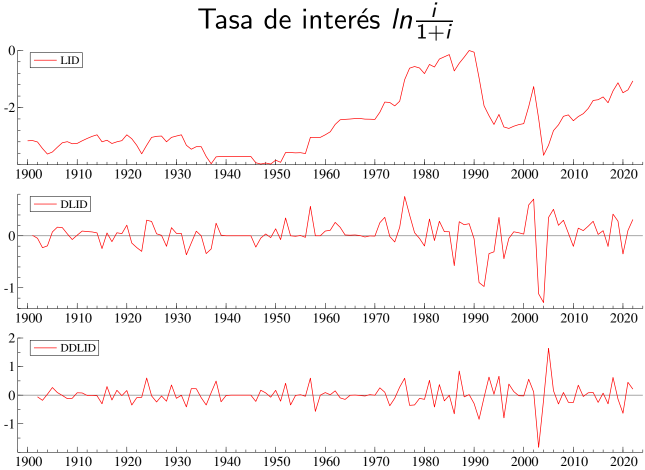
# Datos

PIB *lnY*




FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

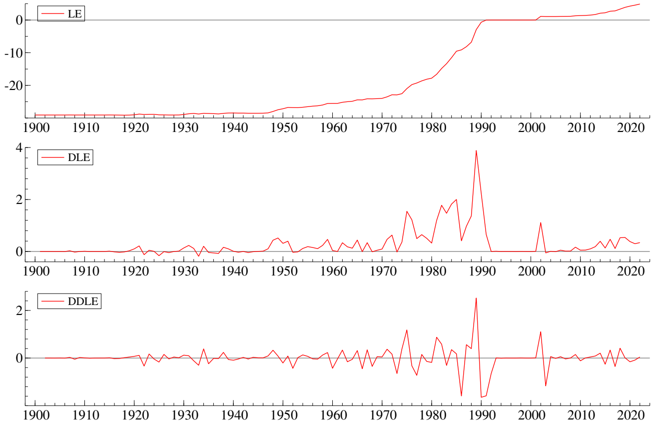
# Datos



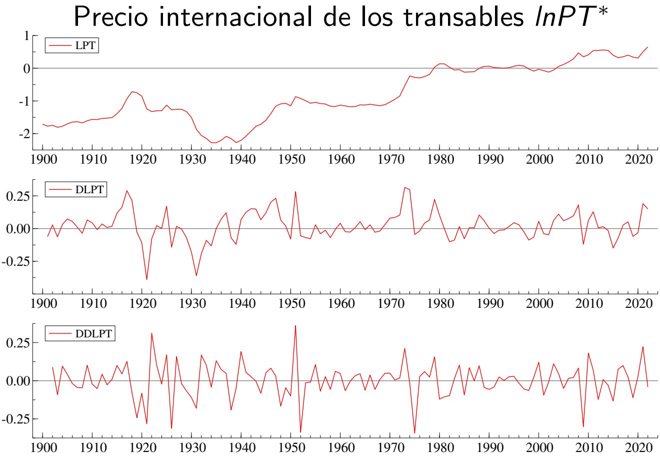
Tasa de interés $ln\frac{i}{1+i}$
LID
DLID
DDLID
0
-2
-1
2
1
1900
1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
2020

# Datos

## Tipo de cambio *lnE*



# Datos




FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Estimación Empírica - Especificación del modelo

Se permite que las relaciones de cointegración sean estacionarias en tendencia y posean ordenada al origen distinta de cero. Es decir, hay una tendencia lineal $t$ restringida al espacio de cointegración e integrada en el vector $D_t^R$ y una constante $C$ que se incluye en el vector $D_t^U$ con las demás variables no restringidas del sistema.

Fue necesario introducir variables dummy puntuales en:
1963, 1980, 1984, 1988 y 1989.
y variables dummy transitorias en 1985 y 1990, para lidiar con shocks y garantizar cierta normalidad en los residuos.
Se detectaron quiebres en el vector de cointegración en 1959, 1975 y 1991.
Las estimaciones se realizan con dos rezagos, considerando el nivel de precios y la cantidad de dinero como variables endógenas. Los test indican que el tipo de cambio, el producto, la tasa de interés y el precio internacional de los transables pueden considerarse variables débilmente exógenas.

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Especificación del modelo

Simulación del estadístico del Test de la Traza en modelo VAR I(1)

```
BOOTSTRAP OF THE TRACE TEST STATISTIC
Bootstrap sampling scheme   : Wild IIN[0,1]
Number of replications (B) : 399
Length of time series  (T) : 121
Starting from default seed : yes
Bootstrap time             : 1.18

Quantiles of the approximating Gamma distribution using bootstrapped means and variances:
 p-r   r    Mean    S.E.  Reject%     50%     75%     80%     85%     90%     95%
   2   0  60.424  19.144    0.00    58.41   75.67   80.09   85.89   94.97  113.61
   1   1  26.123   9.200    0.00    25.05   33.39   35.55   38.39   42.86   52.13

I(1) ANALYSIS using the bootstrap:
 p-r   r  Eigenvalue     Trace    Crit5%    Crit*5%     p-value    p-value*
   2   0      0.5051    102.69     25.73     113.61  [0.000]**   [0.023]*
   1   1      0.1353     17.59     12.45      52.13  [0.005]**   [0.817]
Crit5% and p-value are the original values, Crit*5% and p-value* are based on the bootstrap
```

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Especificación del modelo

Test del número de raíces unitarias y de los índices de integración en el modelo I(2).

Simulación del estadístico del Test de la Traza en modelo VAR I(2)

```
BOOTSTRAP OF THE I(2) TEST STATISTICS
Bootstrap sampling scheme   : Wild IIN[0,1]
Number of replications (B) : 399
Length of time series   (T) : 121
Starting from default seed : yes
Bootstrap time              : 6.20

I(2) ANALYSIS  with bootstrap p-values and critical values:
Rank test statistics with [p-values] and with <5% critical values>
                                          s2 = p-r-s1
       p-r        r          2          1          0
         2        0      399.9      185.8      102.7
                        [.NaN]     [.NaN]     [.NaN]
                        <.NaN>     <.NaN>     <.NaN>

         1        1                  98.4       17.6
                                  [0.005]    [0.860]
                                   <83.9>     <42.1>
```

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Los resultados de la estimación

## Modelo VAR I(2) para $(r, s, p-r-s) = (1, 0, 1)$

```
The estimation sample is:     1902 - 2022
The dependent variables are: LP LM
Weakly exogenous variables:  LE LY LID LPT
Other restricted variables:  T1959 T1975 T1991 Trend
Unrestricted variables:      dp1989 di1985 di1990 dp1963 dp1980 dp1984 dp1988
Deterministic specification: Restricted Trend (H_l, CATS::CIDRIFT)
    T1959                    Level shift at 1959
    T1975                    Level shift at 1975
    T1991                    Level shift at 1991

I(2) ESTIMATES FOR (r,s1,s2) =(1,0,1):
    Z0_t = alpha(beta'Z2_t + d'Z1_t) + e'Z1_t + rest* + epsilon_t, epsilon_t ~ N(0,Omega),
    Z0_t = DDX_t, Z1_t = DX_{t-1} | W_t | DD^r_t, Z2_t = X_{t-1} | D^r_{t-1}.
    Cointegrated I(2) model:
    Pi = alpha beta' with rank r < p, alpha_ort'Gamma beta_ort=xi eta' with rank s1 <= p-r.

beta', the normalized cointegrating vectors:
               LP_1       LM_1       LE_1       LY_1      LID_1      LPT_1    T1959_1    T1975_1    T1991_1      Trend
    CVec(1)       1     -0.802     -0.217      0.368     -0.211    -0.0694     -0.182     -0.484     -0.453     0.0151

alpha, the loadings on the cointegrating vectors:
            alpha[][0]
      DDLP   -0.0872
             { -21.4}
      DDLM   -0.0961
  {t-value}  { -18.2}

d', the cointegrating vectors of the differences:
              DLP_1      DLM_1        DLE        DLY       DLID       DLPT     DT1959     DT1975     DT1991   Constant
   CDVec(1)    2.84       4.44      -6.02      -4.56       0.45      -4.28      -1.15      -7.47       6.74       8.14

e', the stationary relations zeta tau'Z1_t:
              DLP_1      DLM_1        DLE        DLY       DLID       DLPT     DT1959     DT1975     DT1991   Constant
      DDLP   -0.334      0.268     0.0724     -0.123     0.0703     0.0232     0.0608      0.161      0.151   -0.00504
             {  -5.4}   {   5.4}   {   5.4}   {  -5.4}   {   5.4}   {   5.4}   {   5.4}   {   5.4}   {   5.4}   {  -5.4}
      DDLM    0.533     -0.428     -0.116      0.196     -0.112     -0.037    -0.0971     -0.258     -0.241    0.00805
  {t-value}  {   6.7}   {  -6.7}   {  -6.7}   {   6.7}   {  -6.7}   {  -6.7}   {  -6.7}   {  -6.7}   {  -6.7}   {   6.7}

Pi = alpha beta', the long-run coefficients:
               LP_1       LM_1       LE_1       LY_1      LID_1      LPT_1    T1959_1    T1975_1    T1991_1      Trend
      DDLP  -0.0872     0.0699     0.0189    -0.0321     0.0184    0.00605     0.0159     0.0422     0.0395   -0.00132
             { -21.4}   {  21.4}   {  21.4}   { -21.4}   {  21.4}   {  21.4}   {  21.4}   {  21.4}   {  21.4}   { -21.4}
      DDLM  -0.0961     0.0771     0.0208    -0.0354     0.0202    0.00667     0.0175     0.0465     0.0435   -0.00145
  {t-value}  { -18.2}   {  18.2}   {  18.2}   { -18.2}   {  18.2}   {  18.2}   {  18.2}   {  18.2}   {  18.2}   { -18.2}

Gamma, the medium-run coefficients:
              DLP_1      DLM_1        DLE        DLY       DLID       DLPT     DT1959     DT1975     DT1991   Constant
        LP    0.581      0.119     -0.597     -0.274    -0.0311     -0.396     -0.161     -0.812      0.436      0.715
        LM    -0.26      0.855     -0.463     -0.634      0.156     -0.374    -0.0131      -0.46      0.889      0.775

Residual correlations and standard errors:
                 LP         LM
        LP        1
        LM     0.34          1
      S.E.   0.0707     0.0917
```

FACULTAD
DE CIENCIAS
ECONÓMICAS

# Resultados de la estimación

## Modelo VAR I(2) imponiendo restricciones $\beta_2 = 1 - \beta_4, \ \beta_4 = \beta_5$

```
RESTRICTED I(2) ESTIMATES FOR (r,s1,s2) =(1,0,1):
    Z0_t = alpha(beta'Z2_t + d'Z1_t) + e'Z1_t + rest* + epsilon_t, epsilon_t ~ N(0,Omega),
    Z0_t = DDX_t, Z1_t = DX_{t-1} | W_t | DD^r_t, Z2_t = X_{t-1} | D^r_{t-1}.
    Cointegrated I(2) model:
    Pi = alpha beta' with rank r < p, alpha_ort'Gamma beta_ort=xi eta' with rank s1 <= p-r.
    Restrictions:  beta = (H_1 phi_1, H_2 phi_2, ...)

beta', the normalized cointegrating vectors:
                 LP_1        LM_1        LE_1        LY_1       LID_1       LPT_1     T1959_1     T1975_1     T1991_1       Trend
    CVec(1)         1      -0.864      -0.136       0.761      -0.201      -0.136      -0.154      -0.442      -0.623           0
  {t-value}              { -14.9}    {  -2.4}    {   5.3}    {  -3.9}    {  -2.4}    {  -1.1}    {  -2.6}    {  -2.8}

alpha, the loadings on the cointegrating vectors:
            alpha[][0]
       DDLP     -0.059
              { -22.1}
       DDLM    -0.0605
  {t-value}   { -17.9}

d', the cointegrating vectors of the differences:
                DLP_1       DLM_1         DLE         DLY        DLID        DLPT      DT1959      DT1975      DT1991    Constant
   CDVec(1)      6.32        4.92       -9.34       -5.46       0.174       -6.55       -2.09       -12.6        9.52       0.794
  {t-value}  {   5.6}    {   5.1}    { -12.1}    {  -2.1}    {   0.3}    {  -5.4}    {  -1.3}    {  -6.9}    {   3.5}    {   0.3}

e', the stationary relations zeta tau'Z1_t:
                DLP_1       DLM_1         DLE         DLY        DLID        DLPT      DT1959      DT1975      DT1991    Constant
       DDLP    -0.222       0.192      0.0302      -0.169      0.0447      0.0302       0.034       0.098       0.138           0
             {  -3.5}    {   3.5}    {   3.5}    {  -3.5}    {   3.5}    {   3.5}    {   3.5}    {   3.5}    {   3.5}
       DDLM     0.639      -0.552     -0.0871       0.487      -0.129     -0.0871     -0.0981      -0.282      -0.398           0
  {t-value}  {   8.1}    {  -8.1}    {  -8.1}    {   8.1}    {  -8.1}    {  -8.1}    {  -8.1}    {  -8.1}    {  -8.1}

Pi = alpha beta', the long-run coefficients:
                 LP_1        LM_1        LE_1        LY_1       LID_1       LPT_1     T1959_1     T1975_1     T1991_1       Trend
       DDLP    -0.059       0.051     0.00804     -0.0449      0.0119     0.00804     0.00906      0.0261      0.0367           0
             { -22.1}    {  12.4}    {   2.3}    {  -5.1}    {   3.8}    {   2.3}    {   1.1}    {   2.6}    {   2.8}
       DDLM   -0.0605      0.0522     0.00824      -0.046      0.0122     0.00824     0.00929      0.0267      0.0377           0
  {t-value}  { -17.9}    {  11.5}    {   2.3}    {  -5.1}    {   3.8}    {   2.3}    {   1.1}    {   2.6}    {   2.7}

Gamma, the medium-run coefficients:
                DLP_1       DLM_1         DLE         DLY        DLID        DLPT      DT1959      DT1975      DT1991    Constant
         LP     0.594      0.0985      -0.582      -0.153     -0.0344      -0.417      -0.158      -0.841       0.424      0.0468
         LM    -0.257       0.849      -0.478      -0.817       0.139      -0.309     -0.0285      -0.479       0.974       0.048

Residual correlations and standard errors:
                   LP          LM
         LP         1
         LM     0.342           1
       S.E.     0.072      0.0911
```

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Resultados de la estimación

Modelo VAR I(2) imponiendo restricciones $\beta_2 = 1 - \beta_4,\ \beta_4 = \beta_5$

```
log-likelihood        272.415587  -log|Omega|          10.1784911
-T/2log|Omega|        615.798712
SC                   -2.63990924  AIC                 -3.72587747
no. of observations          121  no. of parameters            47
no. of dependent vars, p       2  with lag length               2
weakly exogenous vars          4  with lag length               2
restr. deterministics          3  with lag length               2
rank of Pi-alpha*beta', r      1  columns in beta, p1          10
rank of I(2) matrix, s1        0  I(2) trends, s2-p-r-s1        1
no. of restrictions            3  identified                  Yes
estimation:    Triangular+BFGS  Strong convergence
Constant/Trend:          CIDRIFT

Restrictions on columns of beta:
    CVec(1)        one -one-b     b     *     *     b     *     *     *     0
Test of restrictions on beta:              Chi^2(3)  =   2.4865 [0.4777]
```

# Los resultados de la estimación

$$\ln P_t = 0{,}86 \ln M_t - 0{,}76 \ln Y_t + 0{,}14 \ln E_t + 0{,}14 \ln P^*_{Tt} + 0{,}2 \ln \left( \frac{i_t}{1 + i_t} \right) + \ldots$$

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Conclusión

En un modelo de optimización intertemporal de economía abierta con dos bienes y sector público Se obtiene que el nivel de precios de equilibrio depende de la cantidad de dinero, el producto, la tasa de interés, el tipo de cambio y el precio internacional de los transables.

A partir de esos determinantes se elabora un modelo de corrección al equilibrio y se estima un modelo VAR I(2) cointegrado que explica la dinámica de la inflación en Argentina en el período 1900-2022.

El modelo VAR I(2) permitió estimar la ecuación del nivel de precios de equilibrio, obtener los coeficientes y calcular algunos parámetros profundos de la economía, Por ejemplo, una elasticidad PIB de la demanda de dinero de 0.88 y una participación de los transables en la canasta de consumo de 0.15.

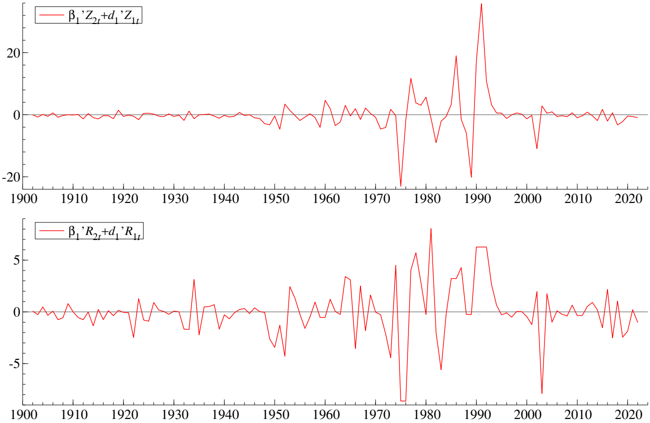
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Conclusión

Si bien este último valor puede parecer bajo, es consistente con el bajo nivel de pass-through (0.16) luego de la maxidevaluación del 2002.

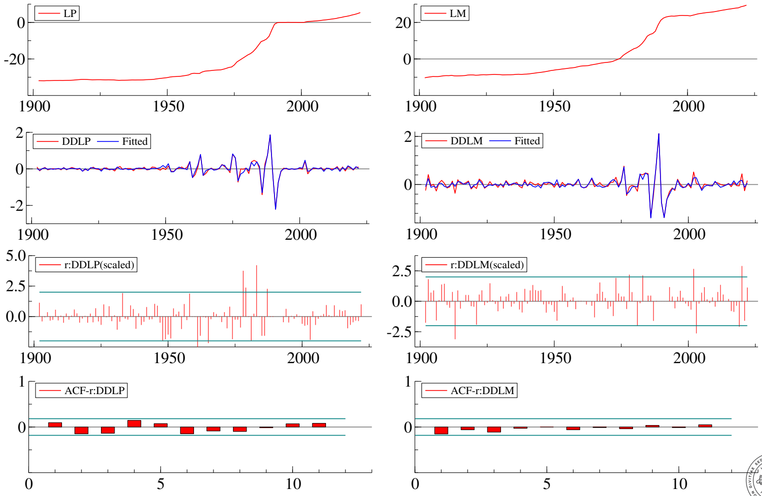
Finalmente, la aplicación empírica del modelo al caso argentino representa una validación de la teoría que hemos desarrollado.

# Relación de cointegración




FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

# Gráfico de los resultados del modelo VAR I(2)



# Referencias


Johansen, S. (1992). A representation of vector autoregressive processes integrated of order 2. *Econometric Theory*, *8*, 188-202.