

# Econometría Financiera

## Práctica 1: Estimaciones de modelos ARIMA

José Antonio Burgos Francisco

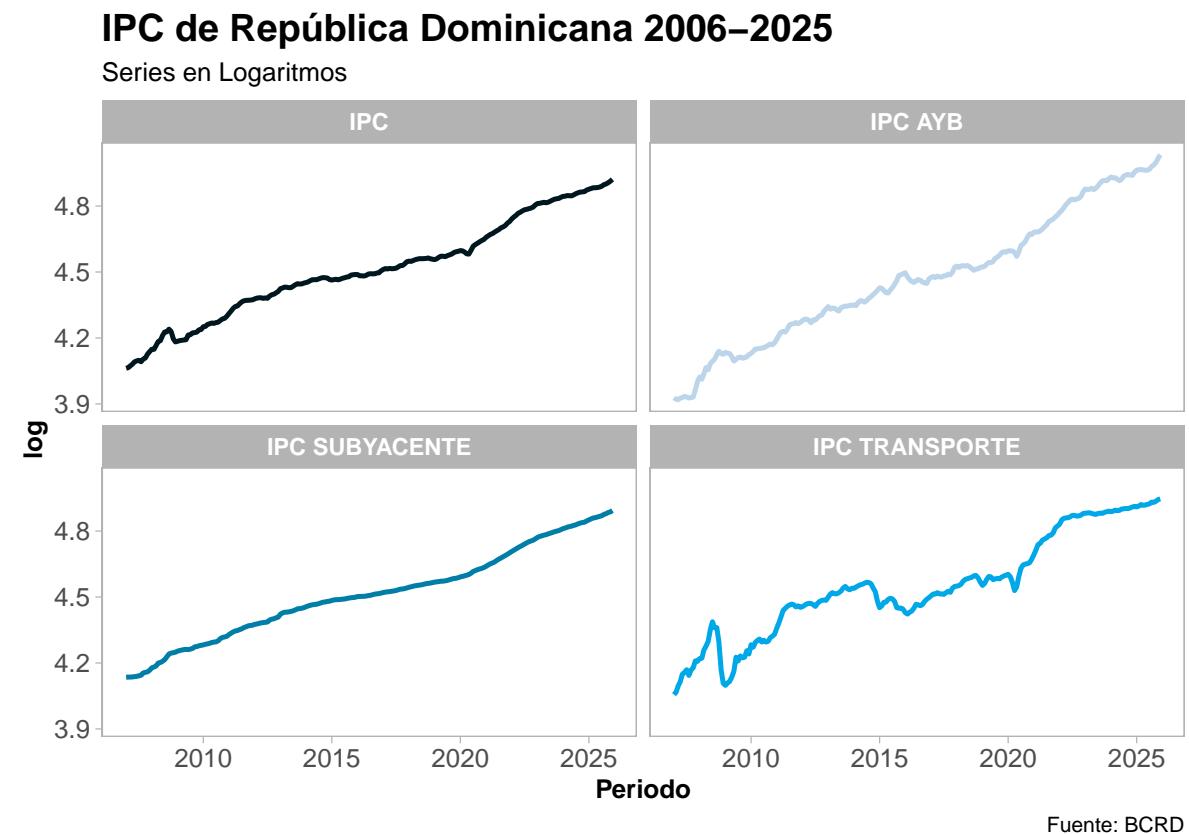
### Índice de contenidos

<b>Visualización de las Series</b>	<b>3</b>
Gráfico1: Series en logaritmos . . . . .	3
Gráfico 2: Series en primeras diferencias . . . . .	4
Gráfico 3: Series en Variación Interanual . . . . .	5
<b>Análisis de Raíz Unitaria</b>	<b>6</b>
Prueba Dickey-Fuller Aumentada (ADF). . . . .	6
Transformación de serie en primera diferencia . . . . .	6
<b>Preparación de los datos</b>	<b>7</b>
Estadísticas descriptivas . . . . .	7
Correlaciones . . . . .	7
Gráfico 4: Primeras diferencias logarítmicas del IPC . . . . .	8
<b>Identificación del Modelo ARIMA</b>	<b>9</b>
Gráfico 5: Función de autocorrelación simple (ACF) . . . . .	9
Gráfico 6: Función de autocorrelación parcial (PACF) . . . . .	10
Justificación de modelo ARMA apropiado . . . . .	10
<b>Estimación del modelo</b>	<b>11</b>
Resultados de la estimación . . . . .	11
Evaluación de los modelos . . . . .	12
Gráfico 6: Comportamiento de los residuos . . . . .	12
Gráfico 8: ACF de los residuos . . . . .	13
Gráfico 9: Histograma de los residuos . . . . .	14
Pruebas estadísticas . . . . .	14
<b>Conclusión</b>	<b>15</b>

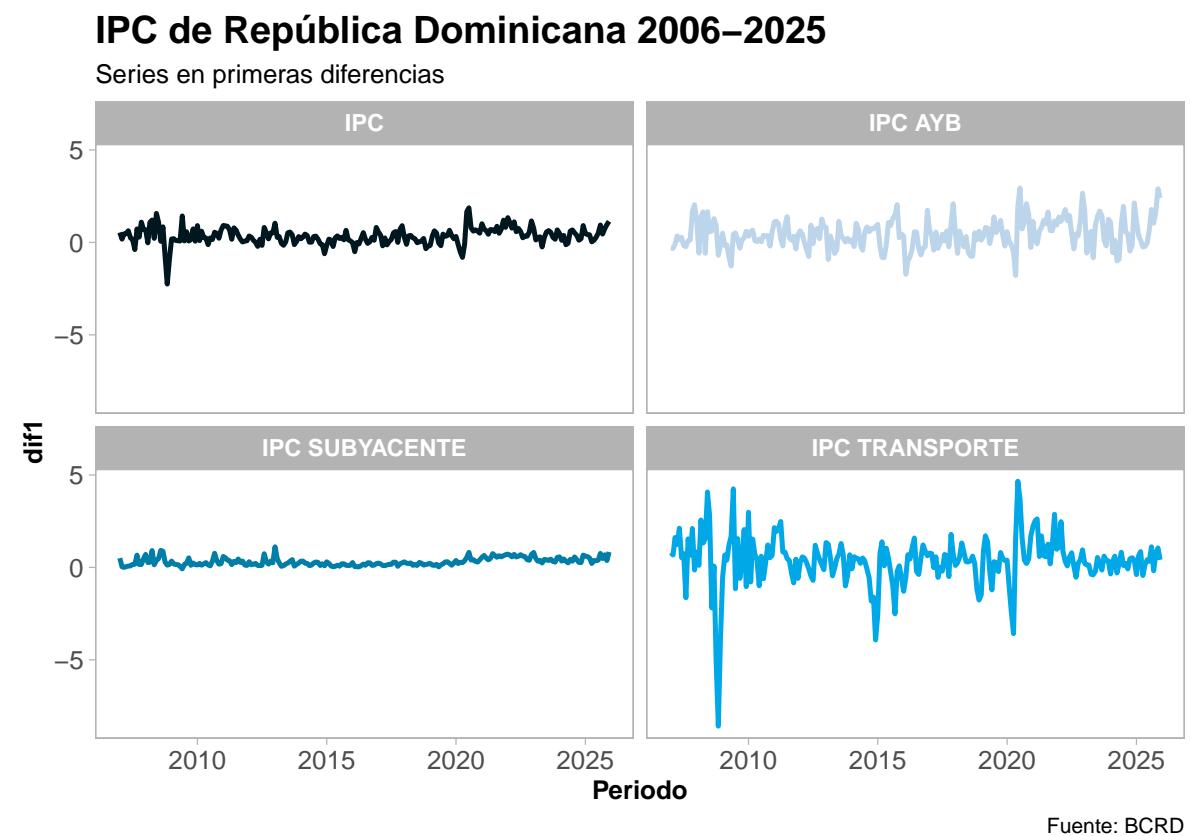
<b>Apéndices</b>	<b>16</b>
Apéndice A: Dickey-Fuller Aumentada - series logaritmos . . . . .	16
Apéndice B: Dickey-Fuller Aumentada - series primera diferencia logaritmos . . . . .	20
Apéndice C . . . . .	24
Apéndice C1: Estadísticos descriptivos de las primeras diferencias logarítmicas del IPC . . . . .	24
Apéndice C2: Matriz de correlaciones entre las primeras diferencias logarítmicas del IPC . . . . .	24
Apéndice D: Resultados de la estimación de modelos ARMA(1,1) . . . . .	25
Apéndice E: Test Ljung-Box autocorrelación en residuos . . . . .	25

## Visualización de las Series

Gráfico1: Series en logaritmos



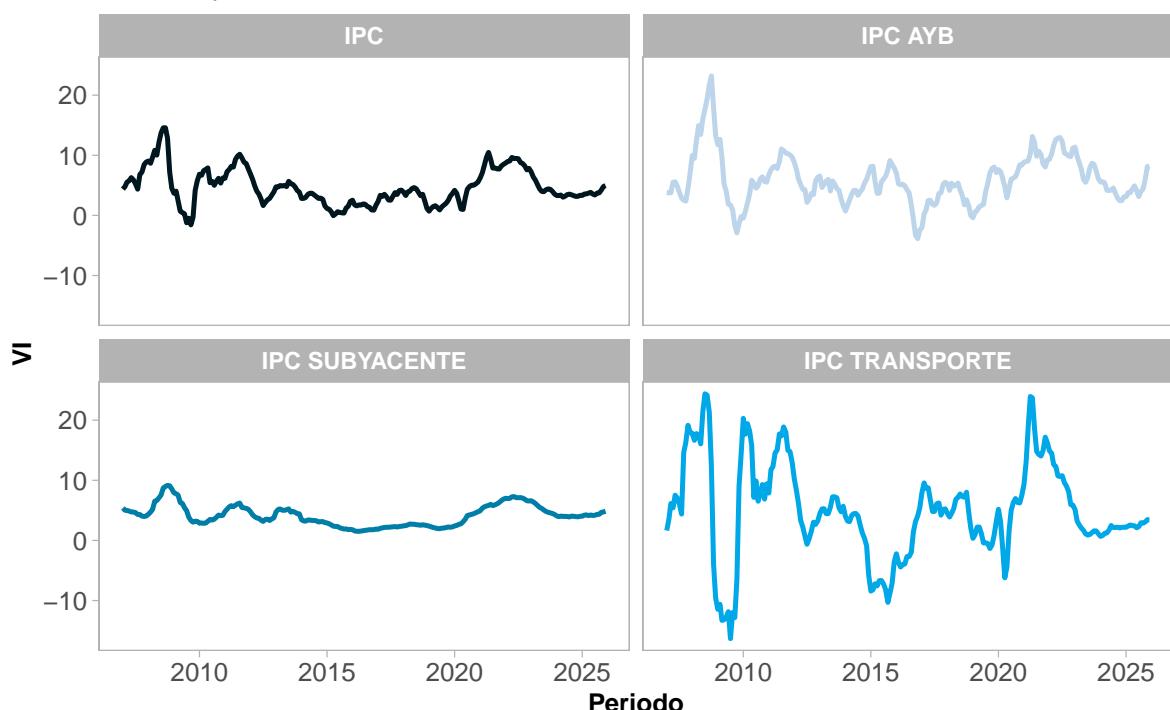
**Gráfico 2: Series en primeras diferencias**



**Gráfico 3: Series en Variación Interanual**

### **IPC de República Dominicana 2006–2025**

Variación porcentual interanual



Fuente: BCRD

## Análisis de Raíz Unitaria

### Prueba Dickey-Fuller Aumentada (ADF).

**Tabla 1:** Resultados del test de Dickey-Fuller aumentado (ADF): Series en logaritmo

Serie	Estadístico ADF ( $\tau_3$ )	Valor crítico 5 %	Nivel de significancia	Conclusión
IPC	-2.013	-3.43	5 %	No estacionaria
IPC subyacente	-1.813	-3.43	5 %	No estacionaria
IPC A&B	-2.088	-3.43	5 %	No estacionaria
IPC transporte	-2.624	-3.43	5 %	No estacionaria

Los resultados del test de Dickey-Fuller aumentado (ADF) indican que ninguna de las series en niveles rechaza la hipótesis nula de presencia de raíz unitaria al 5 % de significancia, ver [Apéndice A](#). En consecuencia, se concluye que las series no son estacionarias en niveles. Se procede a transformar las series mediante diferenciación de primer orden, con el objetivo de inducir estacionariedad.

### Transformación de serie en primera diferencia

```
ipcs_log_diff <- map(ipc_log, diff)      # Primera diferencia de logaritmos
test_diff <- map(ipcs_log_diff, urca::ur.df(.x, type = "trend", lags = 4))
```

**Tabla 2:** Resultados del test de Dickey-Fuller aumentado (ADF): Series con primeras diferencias

Serie	Estadístico ADF ( $\tau_3$ )	Valor crítico 5 %	Nivel de significancia	Conclusión
IPC	-6.043	-3.43	5 %	Estacionaria
IPC subyacente	-3.902	-3.43	5 %	Estacionaria
IPC A&B	-6.406	-3.43	5 %	Estacionaria
IPC transporte	-7.654	-3.43	5 %	Estacionaria

Luego de aplicar la transformación en primeras diferencias, los resultados del test ADF indican que todas las series rechazan la hipótesis nula de raíz unitaria al 5 % de significancia. En consecuencia, se concluye que las series transformadas son estacionarias. Para más detalles del test véase el Apéndice B.

## Preparación de los datos

### Estadísticas descriptivas

Tabla 3: Estadísticos descriptivos de las primeras diferencias logarítmicas del IPC

Serie	Media	Varianza	Mínimo	Máximo
IPC	0.0038	0.0000308	-0.0333	0.0235
IPC subyacente	0.0034	0.00000575	-0.0011	0.0138
IPC A&B	0.0048	0.0000810	-0.0211	0.0380
IPC transporte	0.0038	0.0003130	-0.1250	0.0641

### Correlaciones

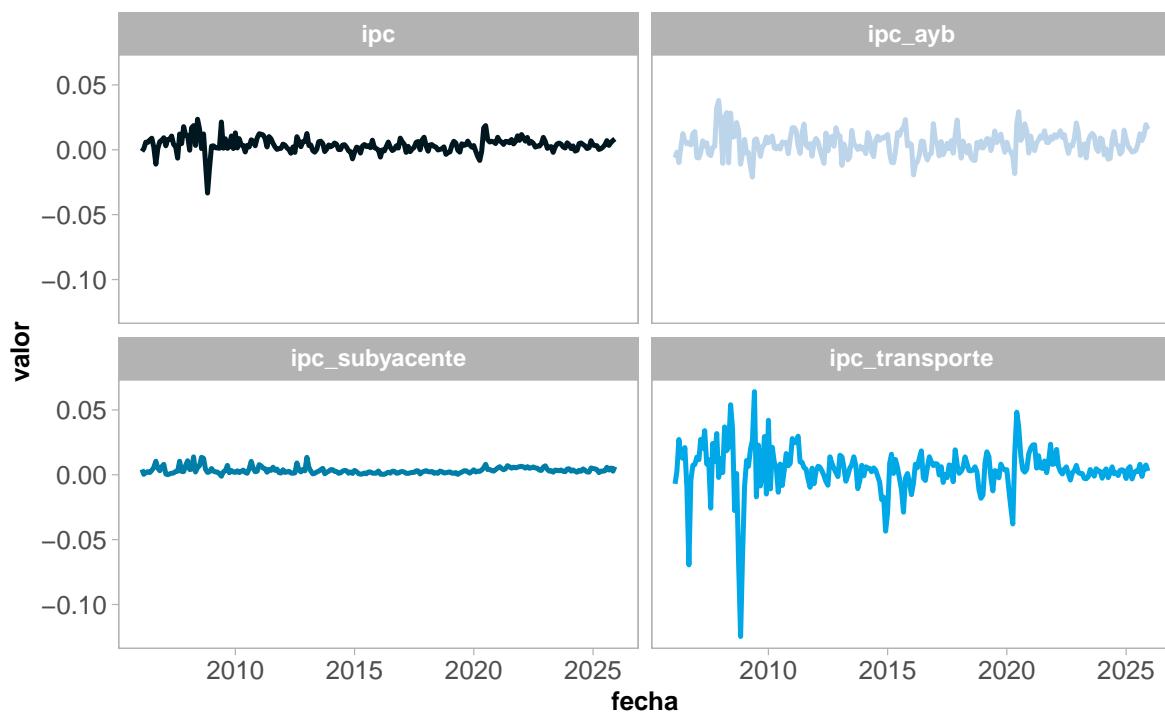
Tabla 4: Matriz de correlaciones entre las primeras diferencias logarítmicas del IPC

	IPC	IPC subyacente	IPC A&B	IPC transporte
IPC	1.000			
IPC subyacente	0.39	1.000		
IPC A&B	0.60	0.40	1.000	
IPC transporte	0.84	0.06	0.14	1.000

**Gráfico 4: Primeras diferencias logarítmicas del IPC**

### **Primeras diferencias logarítmicas del IPC**

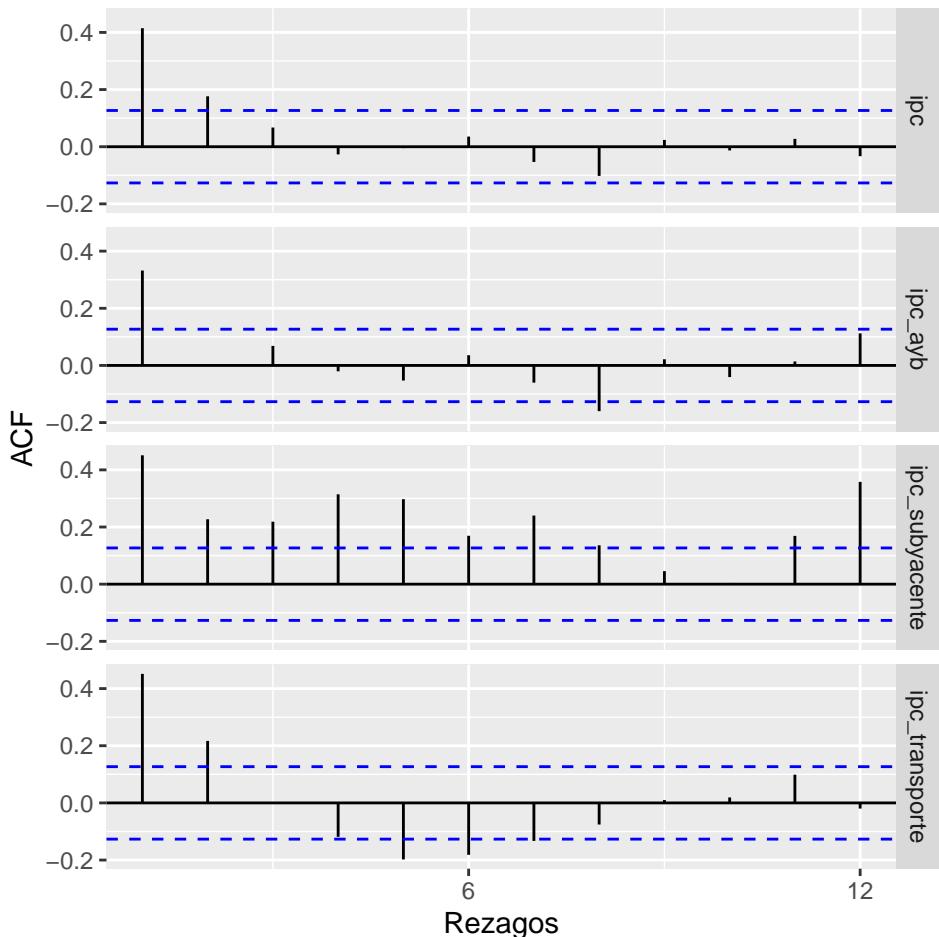
República Dominicana 2006 – 2025



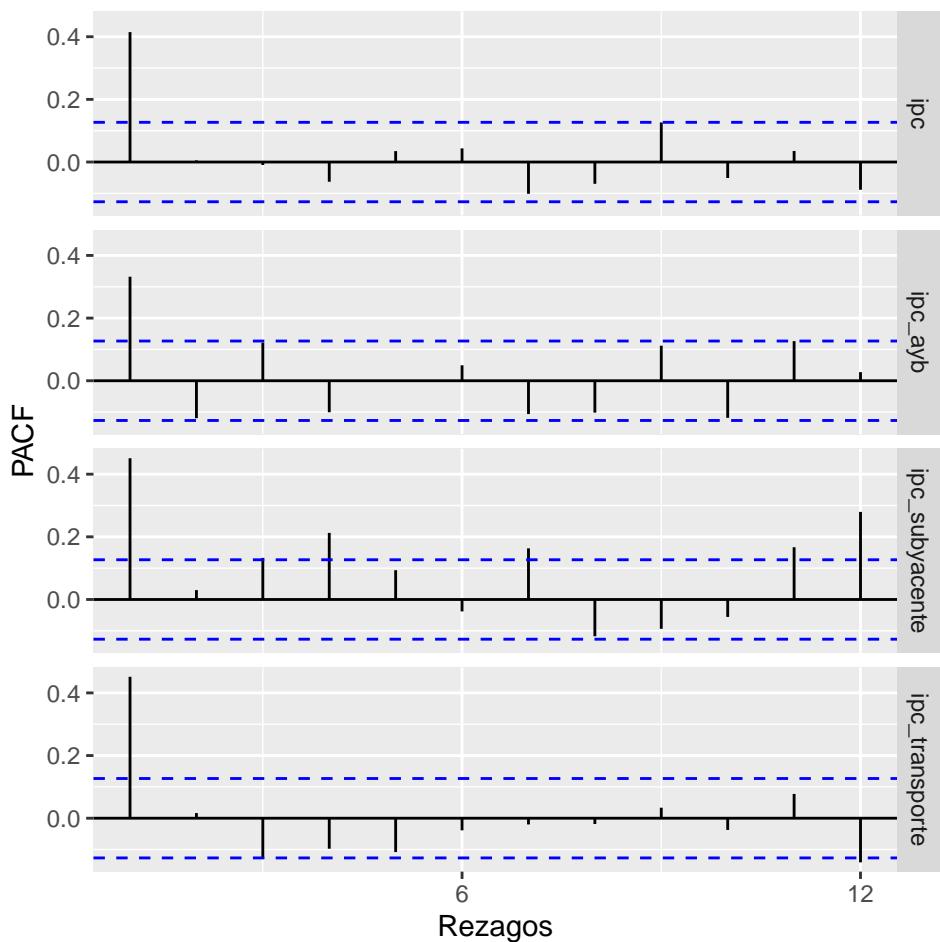
Fuente: elaboración propia con datos del BCRD

## Identificación del Modelo ARIMA

Gráfico 5: Función de autocorrelación simple (ACF)



**Gráfico 6: Función de autocorrelación parcial (PACF)**



#### Justificación de modelo ARMA apropiado

El análisis de las funciones de autocorrelación (ACF) y autocorrelación parcial (PACF) de las primeras diferencias logarítmicas sugiere que las series presentan una dinámica de corto plazo dominada por la persistencia en el primer rezago. En particular, para el IPC general, IPC de alimentos y bebidas, y el IPC de transporte, la PACF muestra un corte claro en el primer rezago, mientras que la ACF decae gradualmente, lo cual es consistente con un proceso AR(1).

## Estimación del modelo

### Resultados de la estimación

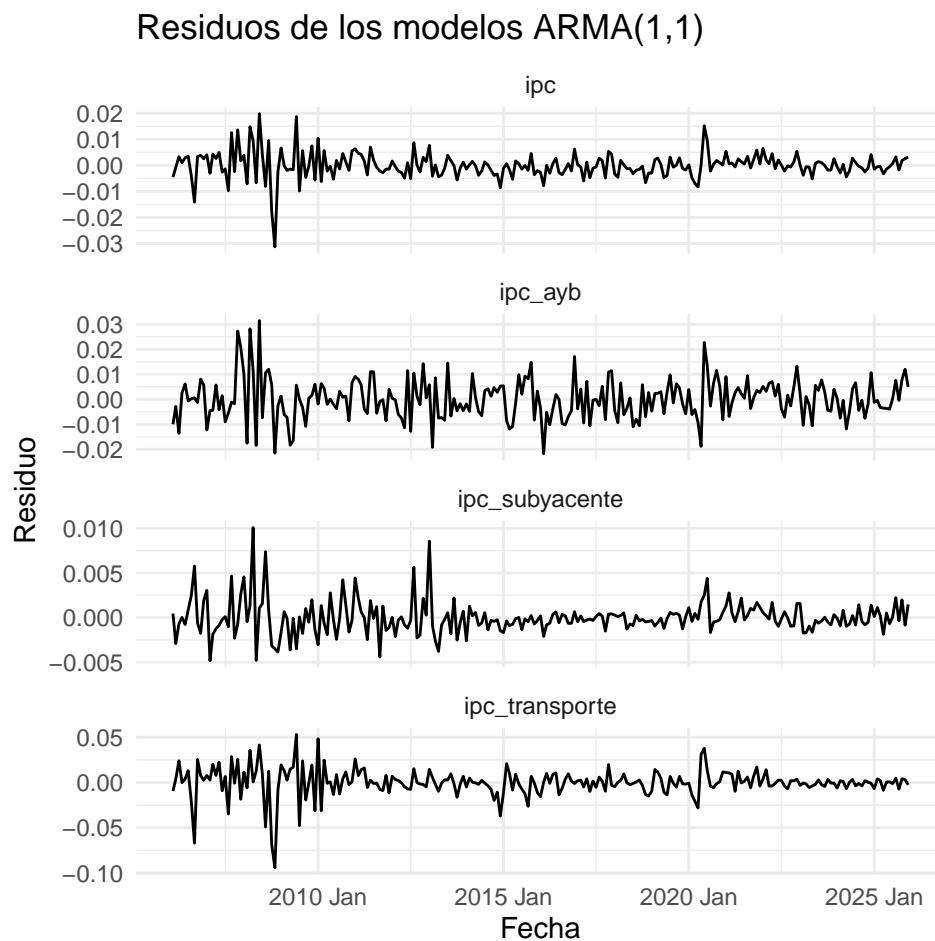
```
modelos_arma <- ipc_to_model |>
  group_by(key) |>
  model(arma11 = ARIMA(value ~ pdq(1, 0, 1)))
```

Tabla 5: Resultados de la estimación de modelos ARMA(1,1) para las primeras diferencias logarítmicas del IPC

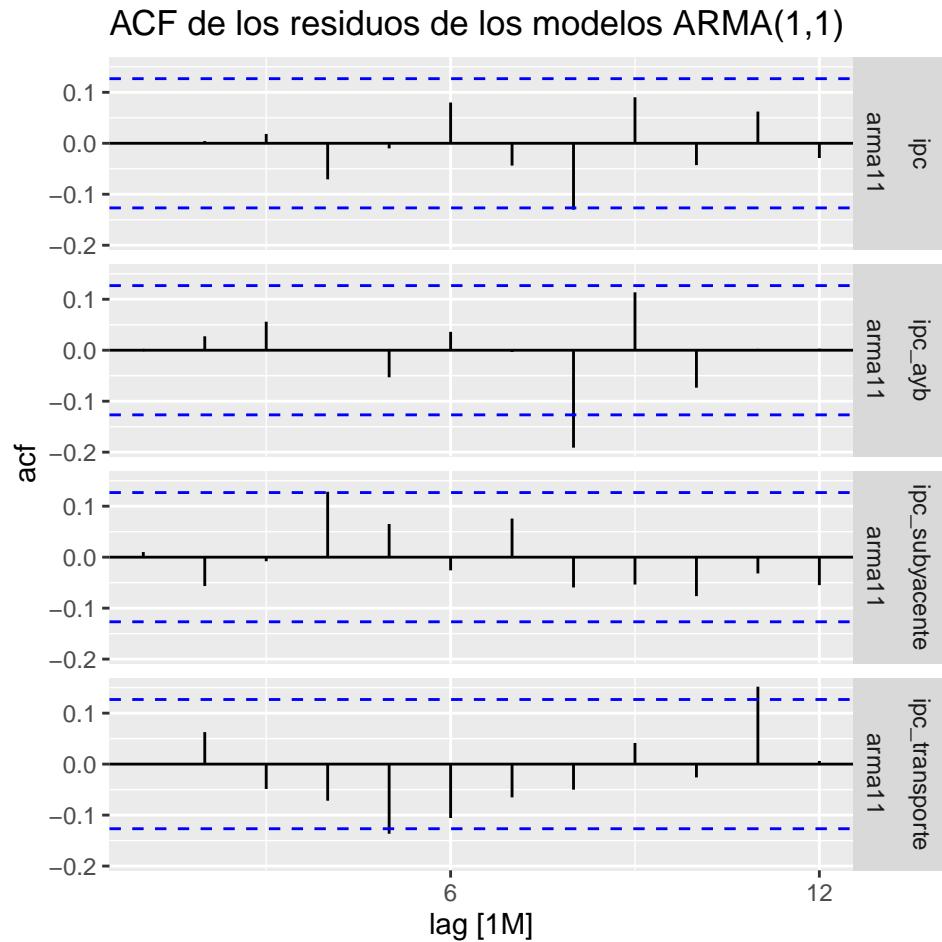
Serie	Modelo	Log-verosimilitud	AIC	AICc	BIC
IPC	ARMA(1,1)	925.00	-1842.00	-1842.00	-1828.00
IPC subyacente	ARMA(1,1)	1160.00	-2308.00	-2308.00	-2287.00
IPC A&B	ARMA(1,1)	807.00	-1604.00	-1604.00	-1587.00
IPC transporte	ARMA(1,1)	654.00	-1295.00	-1295.00	-1274.00

## Evaluación de los modelos

Gráfico 6: Comportamiento de los residuos

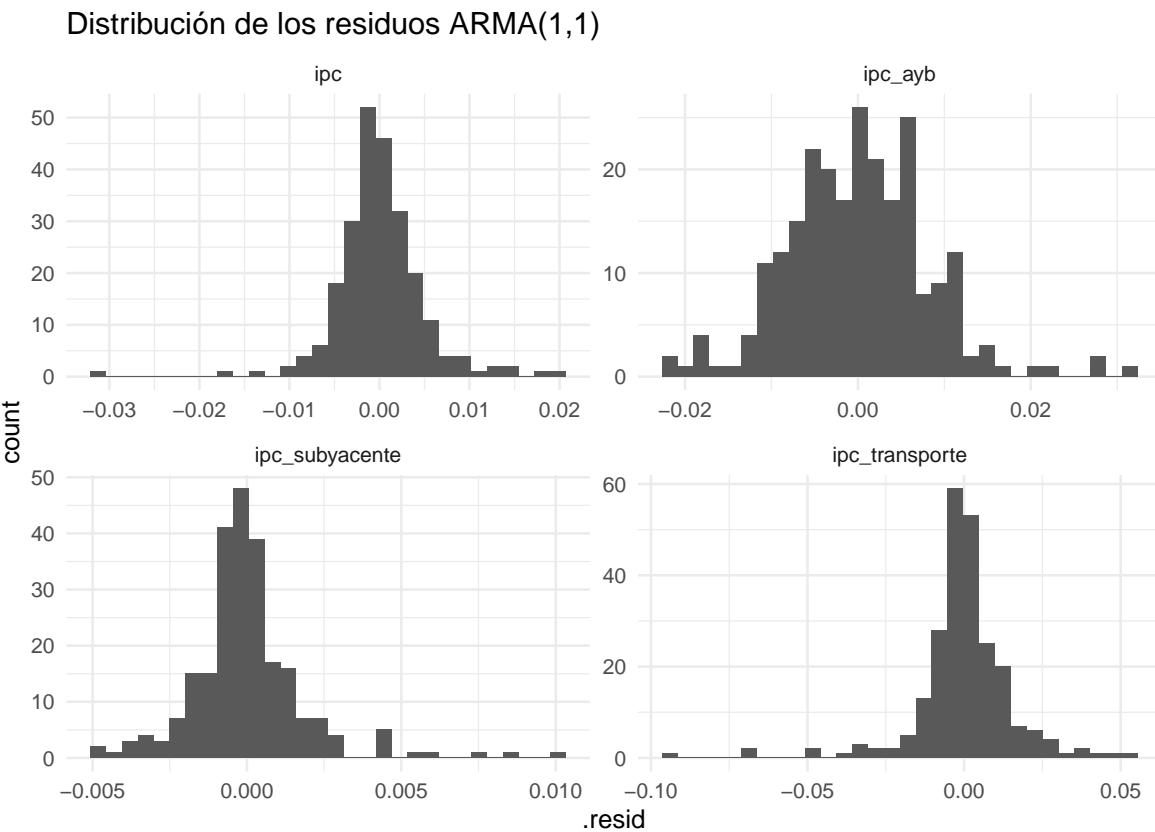


**Gráfico 8: ACF de los residuos**



La función de autocorrelación (ACF) de los residuos de los modelos ARMA(1,1) no muestra patrones sistemáticos ni picos persistentes a lo largo de los rezagos considerados. En la mayoría de los casos, las autocorrelaciones se mantienen dentro de las bandas de confianza, lo que indica ausencia de dependencia serial remanente en los residuos.

**Gráfico 9: Histograma de los residuos**



La distribución de los residuos de los modelos ARMA(1,1) muestra una forma aproximadamente simétrica y centrada en torno a cero para todas las series, lo que sugiere que el modelo captura adecuadamente la dinámica media de los datos.

### Pruebas estadísticas

**Tabla 6: Test Ljung-Box autocorrelación en residuos**

Serie	Modelo	Estadístico Q	p-valor
ipc	arma11	11.323	0.501
ipc_ayb	arma11	15.670	0.207
ipc_subyacente	arma11	11.577	0.480
ipc_transporte	arma11	18.283	0.107

*La prueba de Ljung–Box aplicada a los residuos de los modelos ARMA(1,1) no rechaza la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación hasta el rezago 12 en ninguna de las series analizadas ( $p$ -valores mayores a 0.10). Este resultado sugiere que los residuos se comportan como ruido blanco, lo que respalda la adecuada especificación de los modelos estimados.*

## **Conclusión**

*Los resultados muestran que las variaciones del IPC y de sus componentes pueden describirse adecuadamente mediante modelos ARMA(1,1), lo que evidencia la existencia de dependencia temporal de corto plazo en las series. El IPC subyacente presenta mayor persistencia, mientras que los componentes de A&B y transporte responden con mayor intensidad a choques transitorios. Los criterios de información confirman la idoneidad de los modelos estimados y el análisis de residuos no revela autocorrelación remanente significativa, respaldando la validez de la especificación adoptada.*

## Apéndices

### Apéndice A: Dickey-Fuller Aumentada - series logaritmos

```
map(test_log, summary)

$ipc
#####
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #
#####

Test regression trend

Call:
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + tt + z.diff.lag)

Residuals:
    Min          1Q      Median          3Q          Max
-0.0301829 -0.0023644 -0.0000173  0.0021730  0.0191807

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 7.777e-02 3.732e-02  2.084  0.0383 *
z.lag.1     -1.847e-02 9.172e-03 -2.013  0.0452 *
tt          6.116e-05 3.184e-05  1.921  0.0560 .
z.diff.lag1 4.111e-01 6.557e-02  6.270 1.79e-09 ***
z.diff.lag2 1.934e-02 7.095e-02  0.273  0.7855
z.diff.lag3 2.312e-02 7.095e-02  0.326  0.7449
z.diff.lag4 -5.155e-02 6.579e-02 -0.784  0.4341
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.005088 on 228 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1916,    Adjusted R-squared:  0.1703
F-statistic: 9.007 on 6 and 228 DF,  p-value: 7.749e-09

Value of test-statistic is: -2.0134 9.7486 2.1247
```

```

Critical values for test statistics:
      1pct  5pct 10pct
tau3 -3.99 -3.43 -3.13
phi2  6.22  4.75  4.07
phi3  8.43  6.49  5.47

$ipc_subyacente

#####
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #
#####

Test regression trend

Call:
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + tt + z.diff.lag)

Residuals:
    Min         1Q     Median        3Q        Max
-0.0072803 -0.0011502 -0.0003454  0.0008352  0.0104388

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 3.837e-02 2.045e-02  1.877 0.061811 .
z.lag.1     -9.003e-03 4.965e-03 -1.813 0.071096 .
tt          2.726e-05 1.542e-05  1.767 0.078486 .
z.diff.lag1 4.055e-01 6.459e-02  6.277 1.72e-09 ***
z.diff.lag2 -2.251e-02 7.011e-02 -0.321 0.748456
z.diff.lag3  4.616e-02 6.996e-02  0.660 0.510024
z.diff.lag4  2.212e-01 6.448e-02  3.431 0.000714 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.002086 on 228 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.2673,    Adjusted R-squared:  0.248
F-statistic: 13.86 on 6 and 228 DF,  p-value: 2e-13

Value of test-statistic is: -1.8133 6.7248 1.6713

Critical values for test statistics:

```

```

      1pct  5pct 10pct
tau3 -3.99 -3.43 -3.13
phi2  6.22  4.75  4.07
phi3  8.43  6.49  5.47

$ipc_ayb

#####
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #
#####

Test regression trend

Call:
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + tt + z.diff.lag)

Residuals:
    Min         1Q     Median        3Q       Max
-0.0216470 -0.0052201  0.0000209  0.0050964  0.0294287

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 1.121e-01 5.200e-02 2.155   0.0322 *
z.lag.1     -2.785e-02 1.334e-02 -2.088   0.0379 *
tt          1.248e-04 6.005e-05 2.078   0.0389 *
z.diff.lag1 4.054e-01 6.539e-02 6.199 2.63e-09 ***
z.diff.lag2 -1.710e-01 6.981e-02 -2.449   0.0151 *
z.diff.lag3 1.764e-01 6.954e-02 2.537   0.0119 *
z.diff.lag4 -8.117e-02 6.590e-02 -1.232   0.2194
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.008334 on 228 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1612,    Adjusted R-squared:  0.1392
F-statistic: 7.304 on 6 and 228 DF,  p-value: 3.747e-07

Value of test-statistic is: -2.0881 9.6944 2.1821

Critical values for test statistics:
      1pct  5pct 10pct

```

```

tau3 -3.99 -3.43 -3.13
phi2  6.22  4.75  4.07
phi3  8.43  6.49  5.47

$ipc_transporte

#####
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #
#####

Test regression trend

Call:
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + tt + z.diff.lag)

Residuals:
      Min        1Q    Median        3Q       Max
-0.094862 -0.004228  0.000481  0.006097  0.046152

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept) 1.604e-01 6.009e-02 2.669   0.00815 ** 
z.lag.1     -3.837e-02 1.462e-02 -2.624   0.00927 ** 
tt          1.283e-04 5.221e-05 2.458   0.01471 *  
z.diff.lag1 4.390e-01 6.498e-02 6.756 1.17e-10 *** 
z.diff.lag2 1.017e-01 7.053e-02 1.442   0.15080    
z.diff.lag3 -6.801e-02 7.072e-02 -0.962   0.33719    
z.diff.lag4 -6.709e-02 6.563e-02 -1.022   0.30778    
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01558 on 228 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.2496,    Adjusted R-squared:  0.2299 
F-statistic: 12.64 on 6 and 228 DF,  p-value: 2.659e-12

Value of test-statistic is: -2.6242 4.0776 3.4619

Critical values for test statistics:
      1pct  5pct 10pct
tau3 -3.99 -3.43 -3.13

```

```
phi2  6.22  4.75  4.07  
phi3  8.43  6.49  5.47
```

## Apéndice B: Dickey-Fuller Aumentada - series primera diferencia logarítmos

```
map(test_diff, summary)  
  
$ipc  
  
#####  
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #  
#####  
  
Test regression trend  
  
Call:  
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + tt + z.diff.lag)  
  
Residuals:  
    Min         1Q     Median        3Q       Max  
-0.0311394 -0.0026183 -0.0002759  0.0022865  0.0188296  
  
Coefficients:  
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)  
(Intercept) 2.493e-03 8.162e-04  3.055  0.00252 **  
z.lag.1     -6.023e-01 9.967e-02 -6.043 6.13e-09 ***  
tt          -1.796e-06 4.998e-06 -0.359  0.71967  
z.diff.lag1 1.560e-02 9.381e-02  0.166  0.86809  
z.diff.lag2 2.671e-02 8.602e-02  0.311  0.75644  
z.diff.lag3 4.315e-02 7.685e-02  0.561  0.57506  
z.diff.lag4 -3.425e-02 6.633e-02 -0.516  0.60618  
---  
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
  
Residual standard error: 0.005139 on 227 degrees of freedom  
Multiple R-squared:  0.2961,    Adjusted R-squared:  0.2775  
F-statistic: 15.91 on 6 and 227 DF,  p-value: 2.991e-15  
  
Value of test-statistic is: -6.0434 12.1936 18.2894
```

Critical values for test statistics:

	1pct	5pct	10pct
tau3	-3.99	-3.43	-3.13
phi2	6.22	4.75	4.07
phi3	8.43	6.49	5.47

\$ipc\_subyacente

```
#####
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #
#####
```

Test regression trend

Call:

```
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + tt + z.diff.lag)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.0070640	-0.0011132	-0.0002796	0.0007224	0.0096319

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	1.216e-03	4.129e-04	2.945	0.003564 **
z.lag.1	-3.288e-01	8.428e-02	-3.902	0.000126 ***
tt	-5.639e-07	2.031e-06	-0.278	0.781523
z.diff.lag1	-2.828e-01	9.099e-02	-3.108	0.002126 **
z.diff.lag2	-3.139e-01	8.425e-02	-3.726	0.000245 ***
z.diff.lag3	-2.721e-01	7.536e-02	-3.611	0.000375 ***
z.diff.lag4	-9.585e-02	6.619e-02	-1.448	0.148997

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.002093 on 227 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.3257, Adjusted R-squared: 0.3079

F-statistic: 18.27 on 6 and 227 DF, p-value: < 2.2e-16

Value of test-statistic is: -3.9017 5.0965 7.6119

```

Critical values for test statistics:
      1pct  5pct 10pct
tau3 -3.99 -3.43 -3.13
phi2  6.22  4.75  4.07
phi3  8.43  6.49  5.47

$ipc_ayb

#####
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #
#####

Test regression trend

Call:
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + tt + z.diff.lag)

Residuals:
    Min         1Q     Median        3Q        Max
-0.0217360 -0.0052347 -0.0004152  0.0052258  0.0290764

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 3.372e-03 1.258e-03  2.680  0.00789 **
z.lag.1     -7.176e-01 1.120e-01 -6.406 8.53e-10 ***
tt          1.167e-06 8.152e-06  0.143  0.88630
z.diff.lag1 1.155e-01 1.024e-01  1.127  0.26073
z.diff.lag2 -6.746e-02 9.330e-02 -0.723  0.47041
z.diff.lag3  9.821e-02 7.728e-02  1.271  0.20510
z.diff.lag4 -5.487e-04 6.624e-02 -0.008  0.99340
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.008422 on 227 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3603,    Adjusted R-squared:  0.3434
F-statistic: 21.31 on 6 and 227 DF,  p-value: < 2.2e-16

Value of test-statistic is: -6.4056 13.7103 20.5446

Critical values for test statistics:

```

```

      1pct  5pct 10pct
tau3 -3.99 -3.43 -3.13
phi2  6.22  4.75  4.07
phi3  8.43  6.49  5.47

$ipc_transporte

#####
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #
#####

Test regression trend

Call:
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + tt + z.diff.lag)

Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max 
-0.094059 -0.005065  0.000120  0.006471  0.048529

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept) 3.121e-03 2.165e-03  1.442  0.15080  
z.lag.1     -7.404e-01 9.673e-02 -7.654 5.54e-13 *** 
tt          -3.272e-06 1.526e-05 -0.214  0.83040  
z.diff.lag1 1.624e-01 8.887e-02  1.828  0.06894 .  
z.diff.lag2 2.383e-01 8.078e-02  2.950  0.00351 ** 
z.diff.lag3 1.587e-01 7.517e-02  2.111  0.03588 *  
z.diff.lag4 1.081e-01 6.566e-02  1.647  0.10093  
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01575 on 227 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3026,   Adjusted R-squared:  0.2842 
F-statistic: 16.41 on 6 and 227 DF,  p-value: 1.085e-15

Value of test-statistic is: -7.6541 19.5335 29.2985

Critical values for test statistics:
      1pct  5pct 10pct

```

```

tau3 -3.99 -3.43 -3.13
phi2  6.22  4.75  4.07
phi3  8.43  6.49  5.47

```

## Apéndice C

### Apéndice C1: Estadísticos descriptivos de las primeras diferencias logarítmicas del IPC

```

map_dfr(
  ipcs_log_diff,
  ~tibble::tibble(
    media      = mean(.x, na.rm = TRUE),
    varianza   = var(.x, na.rm = TRUE),
    minimo     = min(.x, na.rm = TRUE),
    maximo     = max(.x, na.rm = TRUE)),
  .id = "serie")

# A tibble: 4 x 5
  serie          media  varianza  minimo maximo
  <chr>        <dbl>    <dbl>    <dbl>  <dbl>
1 ipc         0.00377 0.0000308 -0.0333  0.0235
2 ipc_subyacente 0.00339 0.00000575 -0.00112 0.0138
3 ipc_ayb      0.00478 0.0000810 -0.0211  0.0380
4 ipc_transporte 0.00379 0.000313  -0.125   0.0641

```

### Apéndice C2: Matriz de correlaciones entre las primeras diferencias logarítmicas del IPC

```

df_ipcs <- dplyr::bind_cols(ipcs_log_diff)

cor_mat <- cor(df_ipcs, use = "pairwise.complete.obs")
round(cor_mat, 3)

```

	ipc	ipc_subyacente	ipc_ayb	ipc_transporte
ipc	1.000	0.392	0.600	0.841
ipc_subyacente	0.392	1.000	0.402	0.064
ipc_ayb	0.600	0.402	1.000	0.141
ipc_transporte	0.841	0.064	0.141	1.000

## Apéndice D: Resultados de la estimación de modelos ARMA(1,1)

```
modelos_arma |>
  glance() |>
  select(key, .model:BIC)

# A tibble: 4 x 7
  key      .model    sigma2 log_lik     AIC     AICc     BIC
  <chr>    <chr>    <dbl>   <dbl>   <dbl>   <dbl>   <dbl>
1 ipc      arma11 0.0000257    925. -1842. -1842. -1828.
2 ipc_ayb  arma11 0.0000693    807. -1604. -1604. -1587.
3 ipc_subyacente  arma11 0.00000357 1160. -2308. -2308. -2287.
4 ipc_transporte  arma11 0.000252    654. -1295. -1295. -1274.
```

## Apéndice E: Test Ljung-Box autocorrelación en residuos

```
pruebas_lb

# A tibble: 4 x 4
  key      .model lb_stat lb_pvalue
  <chr>    <chr>    <dbl>    <dbl>
1 ipc      arma11  11.3    0.501
2 ipc_ayb  arma11  15.7    0.207
3 ipc_subyacente  arma11  11.6    0.480
4 ipc_transporte  arma11  18.3    0.107
```