

Introducción a Series de Tiempo

Tendencia, Estacionalidad y Correlación Espuria

Nicolás Sidicaro

2025-11-14

¿Qué es una Serie de Tiempo?

Definición: Secuencia de observaciones de una variable tomadas en intervalos regulares de tiempo

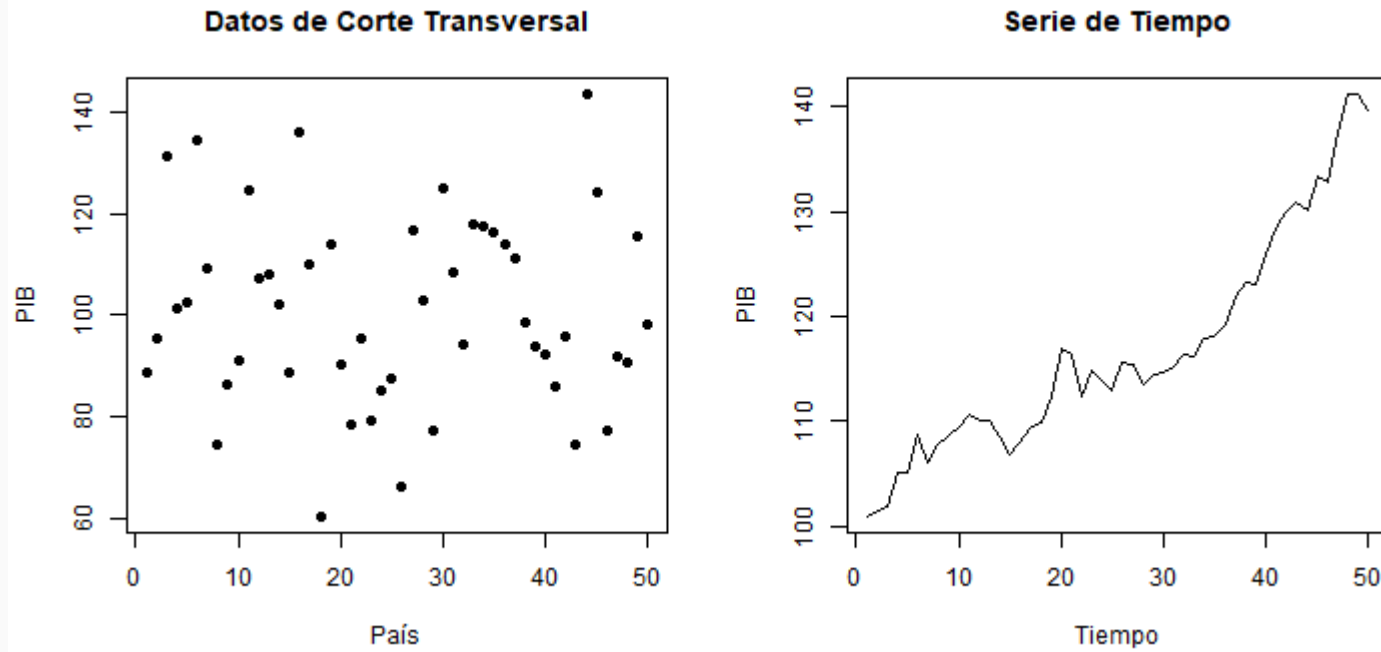
Características principales:

- Los datos están ordenados temporalmente
- El orden importa (no podemos reordenar las observaciones)
- Existe dependencia temporal (correlación serial)

Ejemplos económicos:

- PIB trimestral
- Tasa de inflación mensual
- Precio de acciones diario
- Producción industrial mensual

¿Por qué son diferentes?



- **Izquierda:** Observaciones independientes (supuesto de regresión clásica)
- **Derecha:** Observaciones dependientes en el tiempo

Los Cuatro Componentes de una Serie

$$Y_t = T_t + S_t + C_t + I_t$$

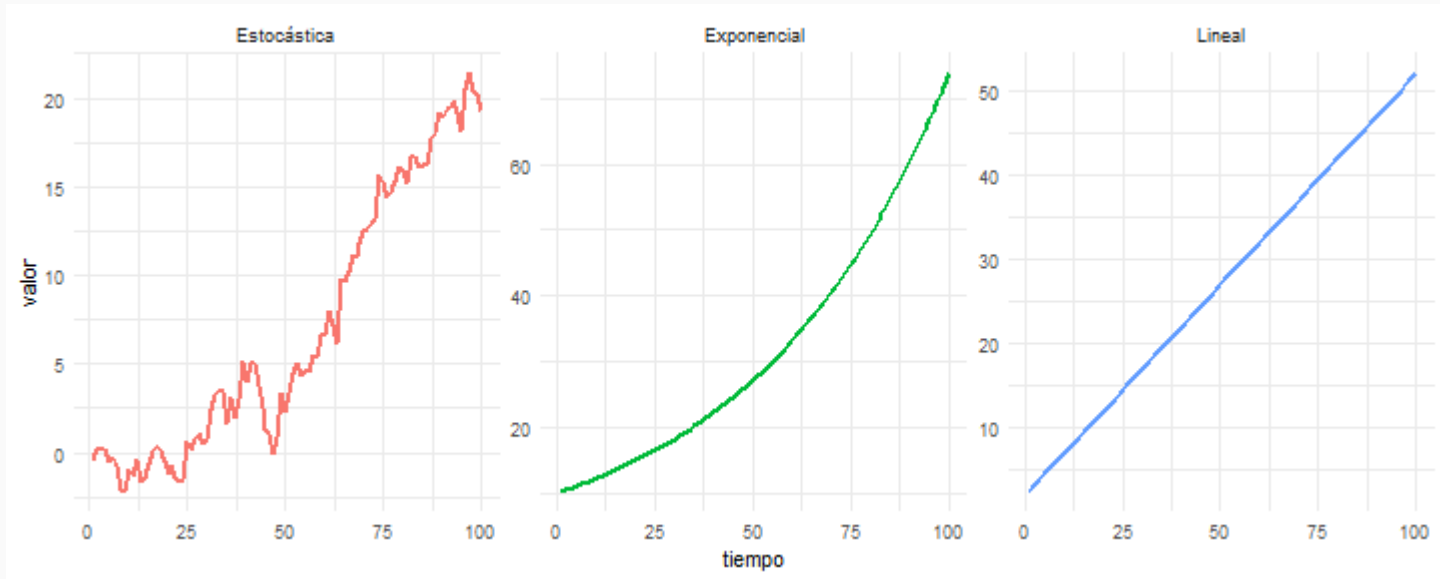
1. **Tendencia (T):** Movimiento de largo plazo (crecimiento o declive)
2. **Estacionalidad (S):** Patrones que se repiten en períodos fijos (mensual, trimestral)
3. **Ciclo (C):** Fluctuaciones de medio plazo (ciclos económicos)
4. **Irregular (I):** Variaciones aleatorias o impredecibles

Tendencia

Movimiento general de largo plazo de la serie

Tipos comunes:

- **Lineal:** Crecimiento o declive constante
- **Exponencial:** Tasa de crecimiento constante
- **Estocástica:** Random walk



Estacionalidad

Patrones regulares que se repiten en períodos fijos

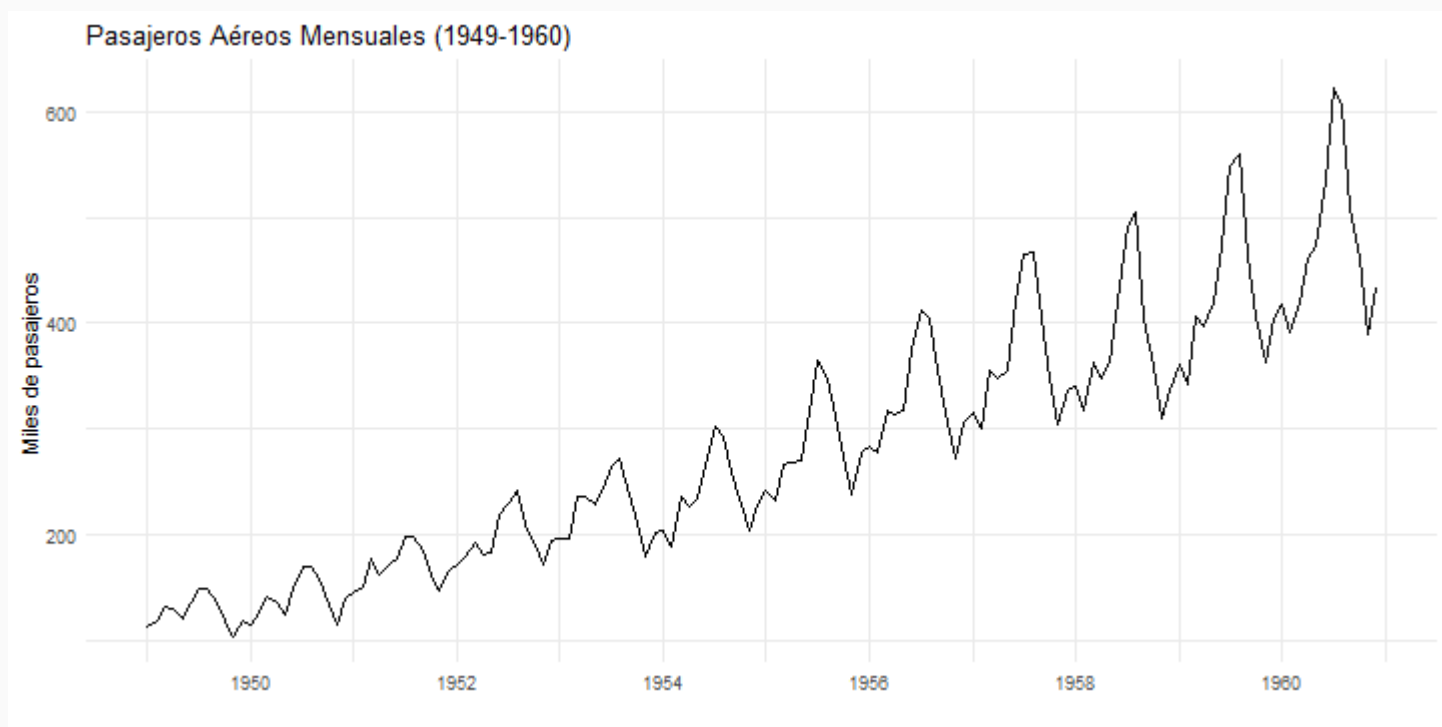
Ejemplos económicos:

- **Ventas minoristas:** Picos en diciembre (fiestas)
- **Turismo:** Alta en verano, baja en invierno
- **Construcción:** Baja en épocas de más lluvia (clima)
- **Desempleo:** Aumenta post-fiestas (despidos temporales)

Importante: Frecuencia = cantidad de observaciones por ciclo

- Datos mensuales: frecuencia = 12
- Datos trimestrales: frecuencia = 4

Visualizando Estacionalidad



Patrón claro: **crece en verano, baja en invierno** (cada año)

Modelos Aditivo vs Multiplicativo

Modelo Aditivo: $Y_t = T_t + S_t + I_t$

- La estacionalidad es **constante** en el tiempo
- Variaciones absolutas similares

Modelo Multiplicativo: $Y_t = T_t \times S_t \times I_t$

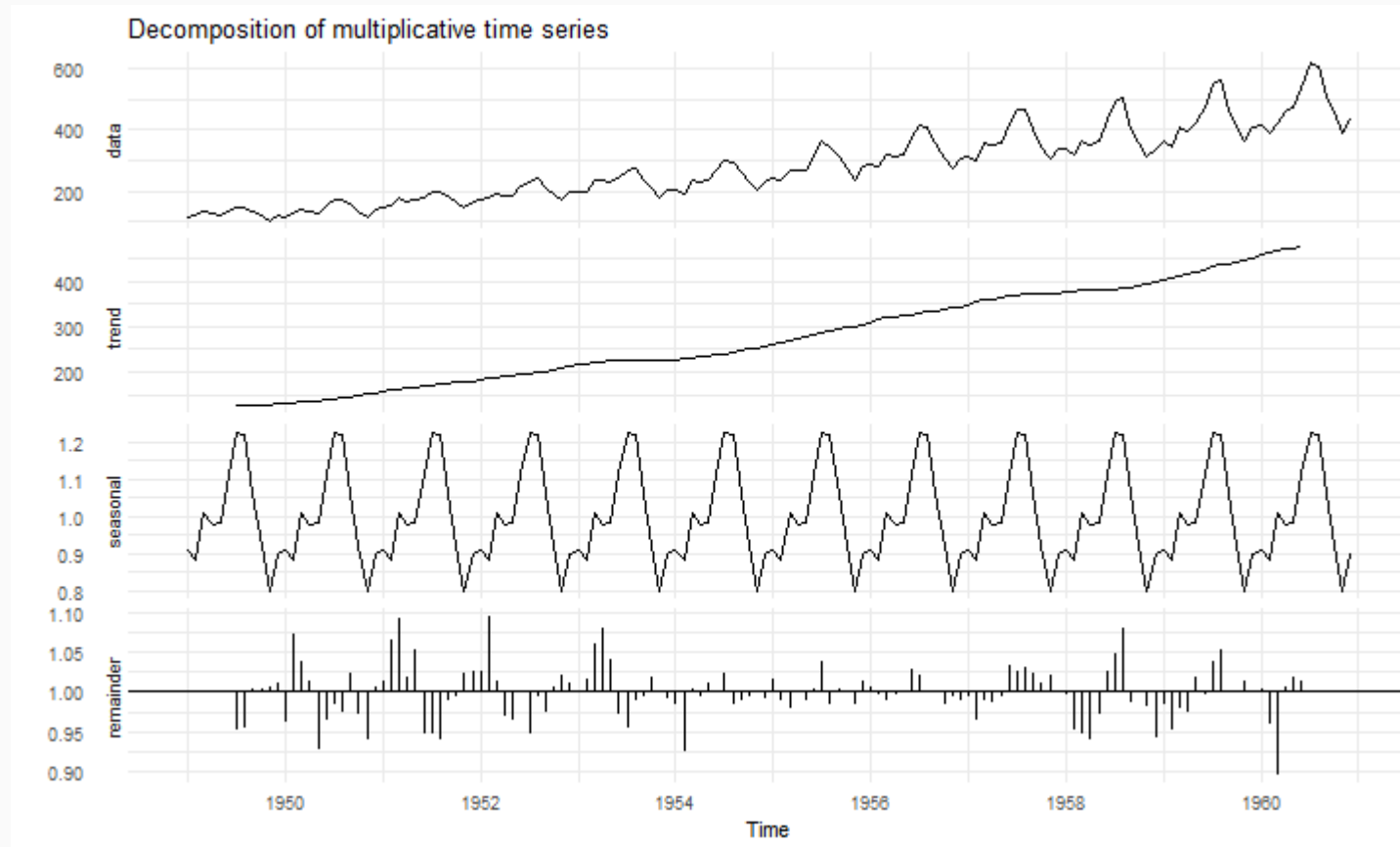
- La estacionalidad **crece** con la tendencia
- Variaciones proporcionales (más común en economía)

¿Cómo elegir?

- Si la amplitud estacional aumenta → Multiplicativo
- Si la amplitud estacional es constante → Aditivo

Descomposición de Series

Objetivo: Separar los componentes para entenderlos individualmente



¿Qué es la Estacionariedad?

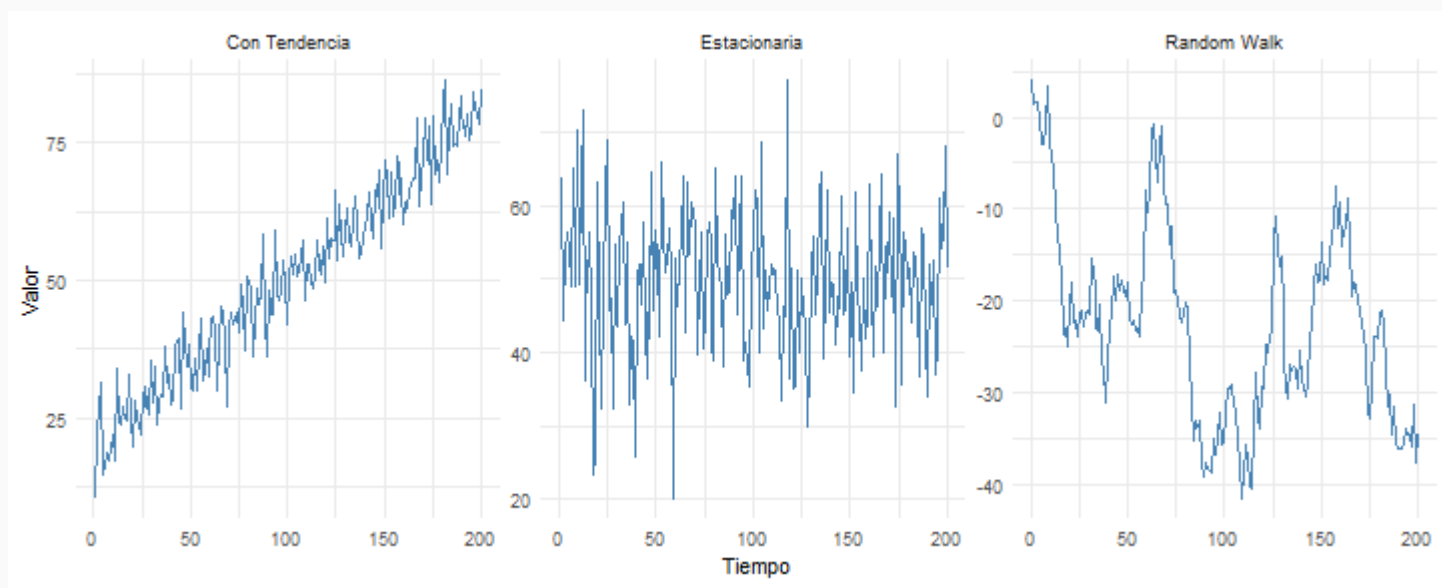
Una serie es **estacionaria** si sus propiedades estadísticas no cambian en el tiempo:

1. **Media constante:** $E(Y_t) = \mu$ para todo t
2. **Varianza constante:** $Var(Y_t) = \sigma^2$ para todo t
3. **Autocovarianza constante:** $Cov(Y_t, Y_{t-k})$ solo depende de k

¿Por qué importa?

- Muchos modelos estadísticos asumen estacionariedad
- Regresiones con series no estacionarias pueden dar resultados falsos

Series No Estacionarias



El Problema: Correlación Espuria

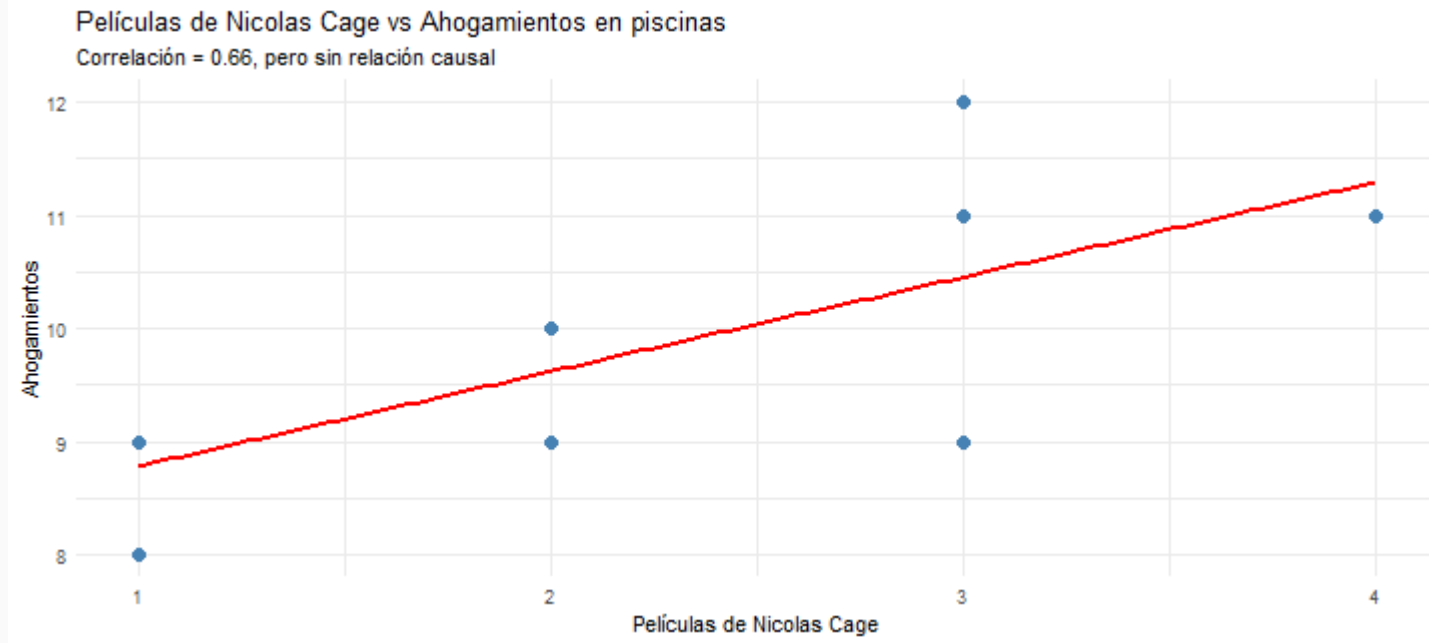
Definición: Relación estadística fuerte entre dos variables que en realidad no tienen conexión causal

¿Por qué ocurre?

- Ambas series tienen tendencia
- Ambas son no estacionarias
- La regresión detecta correlación en las tendencias, no en las variables

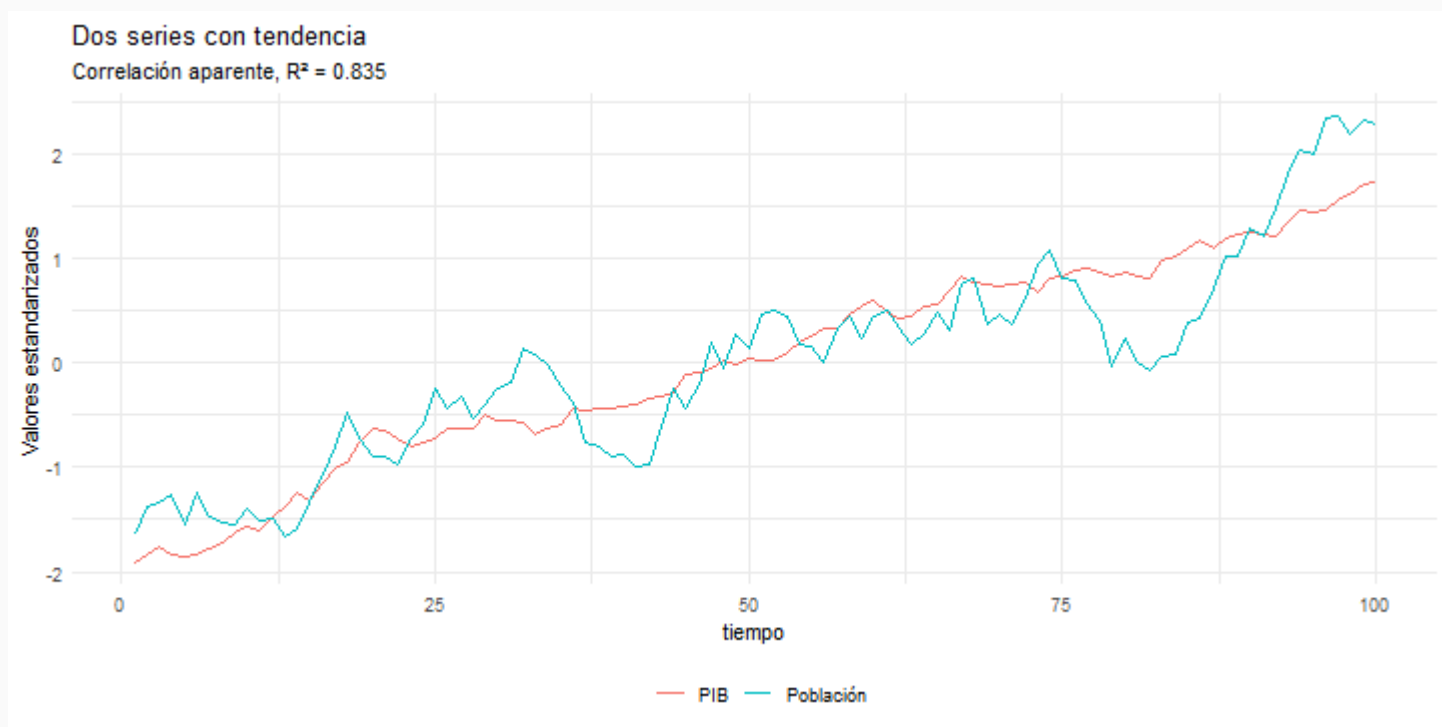
Resultado: p-valores significativos, R^2 alto, ¡pero conclusiones falsas!

Ejemplo Clásico: Nicolas Cage



Moraleja: Correlación \neq Causalidad (especialmente con series temporales)

Ejemplo Económico Espurio



Problema: La regresión dirá que existe una relación significativa

Detectando el Problema

Test de Dickey-Fuller Aumentado (ADF)

- H_0 : La serie tiene raíz unitaria (no estacionaria)
- H_1 : La serie es estacionaria

Interpretación:

- p-valor < 0.05: Rechazamos $H_0 \rightarrow$ Serie estacionaria ✓
- p-valor > 0.05: No rechazamos $H_0 \rightarrow$ Serie no estacionaria X

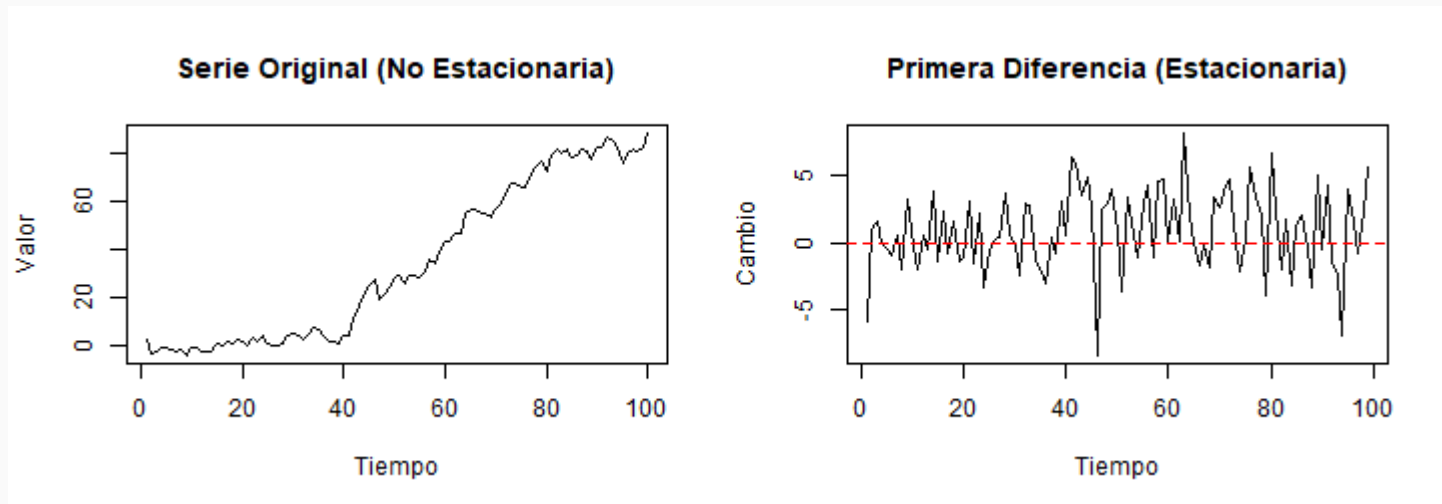
Solución 1: Diferenciación

Primera diferencia: $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$

- Elimina tendencias lineales
- Convierte series no estacionarias en estacionarias

Segunda diferencia: $\Delta^2 Y_t = \Delta Y_t - \Delta Y_{t-1}$

- Para tendencias cuadráticas
- Menos común



Solución 2: Trabajar con Tasas de Crecimiento

En economía, frecuentemente usamos:

Variación porcentual:

$$\text{Cambio } \% = \frac{Y_t - Y_{t-1}}{Y_{t-1}} \times 100$$

Diferencia logarítmica:

$$\Delta \log(Y_t) = \log(Y_t) - \log(Y_{t-1}) \approx \text{tasa de crecimiento}$$

Ventajas:

- Estabiliza varianza
- Elimina tendencia exponencial
- Interpretación económica directa

Desestacionalización: ¿Por qué importa?

Objetivo: Remover el componente estacional para ver mejor la tendencia y ciclo

Aplicaciones prácticas:

- Comparar series de diferentes períodos sin distorsión estacional
- Identificar puntos de inflexión en el ciclo económico
- Mejorar la precisión de pronósticos de corto plazo
- Facilitar análisis de regresión con variables temporales

Ejemplo: El PIB de Argentina suele crecer en Q4 (fiestas, aguinaldo)

- Si veo crecimiento en Q4 2024, ¿es por estacionalidad o por mejora real?
- La serie desestacionalizada elimina este efecto repetitivo

Métodos de Desestacionalización

1. Descomposición Clásica (ya vimos)

- Separa componentes aditivos o multiplicativos
- Simple pero rígido (patrón estacional fijo)

2. STL (Seasonal-Trend decomposition using Loess)

- Más robusto a outliers
- Permite variación del patrón estacional

3. X-13ARIMA-SEATS

- Método "oficial" usado por INDEC, BEA, Eurostat
- Incorpora efectos de calendario y valores atípicos
- Basado en modelos ARIMA

4. ARIMA para desestacionalización

- Modela automáticamente la estructura de la serie
- Identifica el tipo y orden de diferenciación necesaria

Introducción rápida a ARIMA

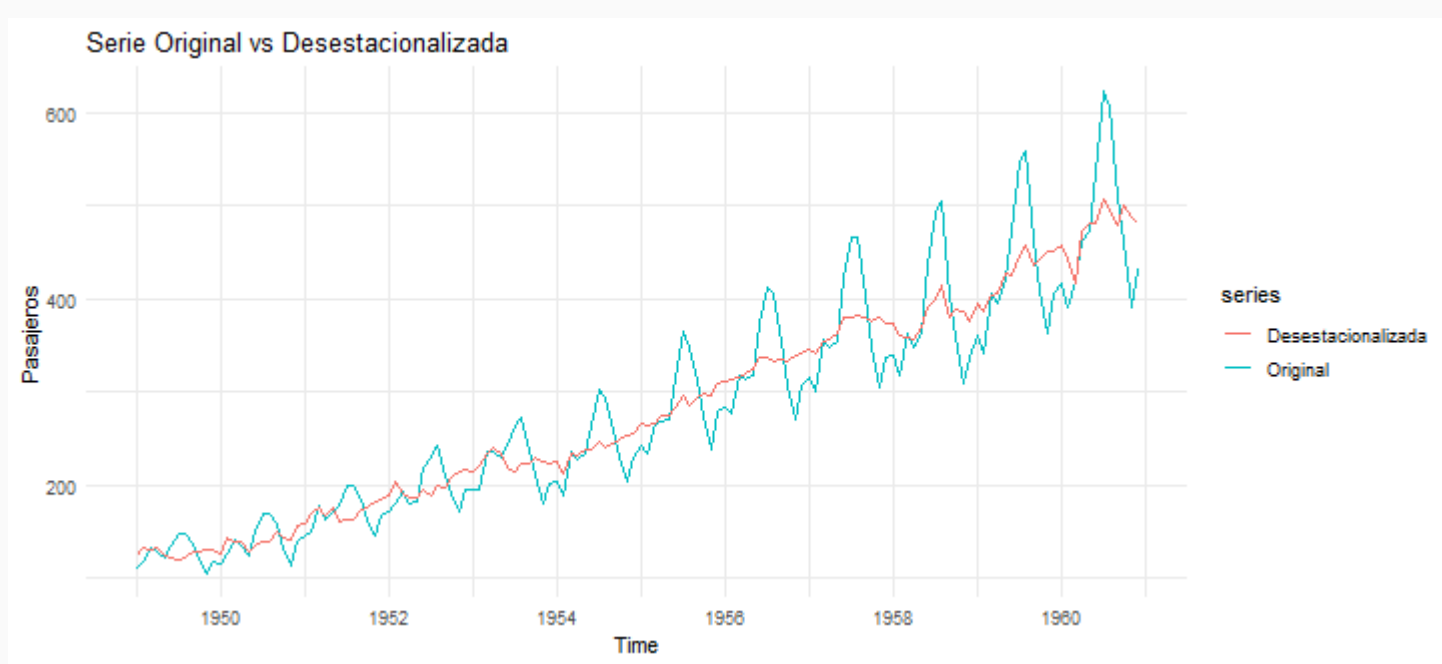
ARIMA = **A**uto**R**egressive **I**ntegrated **M**oving **A**verage

Estructura: $\text{ARIMA}(p, d, q) \times (P, D, Q)_s$

- **p**: Orden autorregresivo (AR) - valores pasados
- **d**: Orden de diferenciación (I) - para estacionarizar
- **q**: Orden de media móvil (MA) - errores pasados
- **P, D, Q**: Versión estacional de p, d, q
- **s**: Frecuencia estacional (12 para mensual, 4 para trimestral)

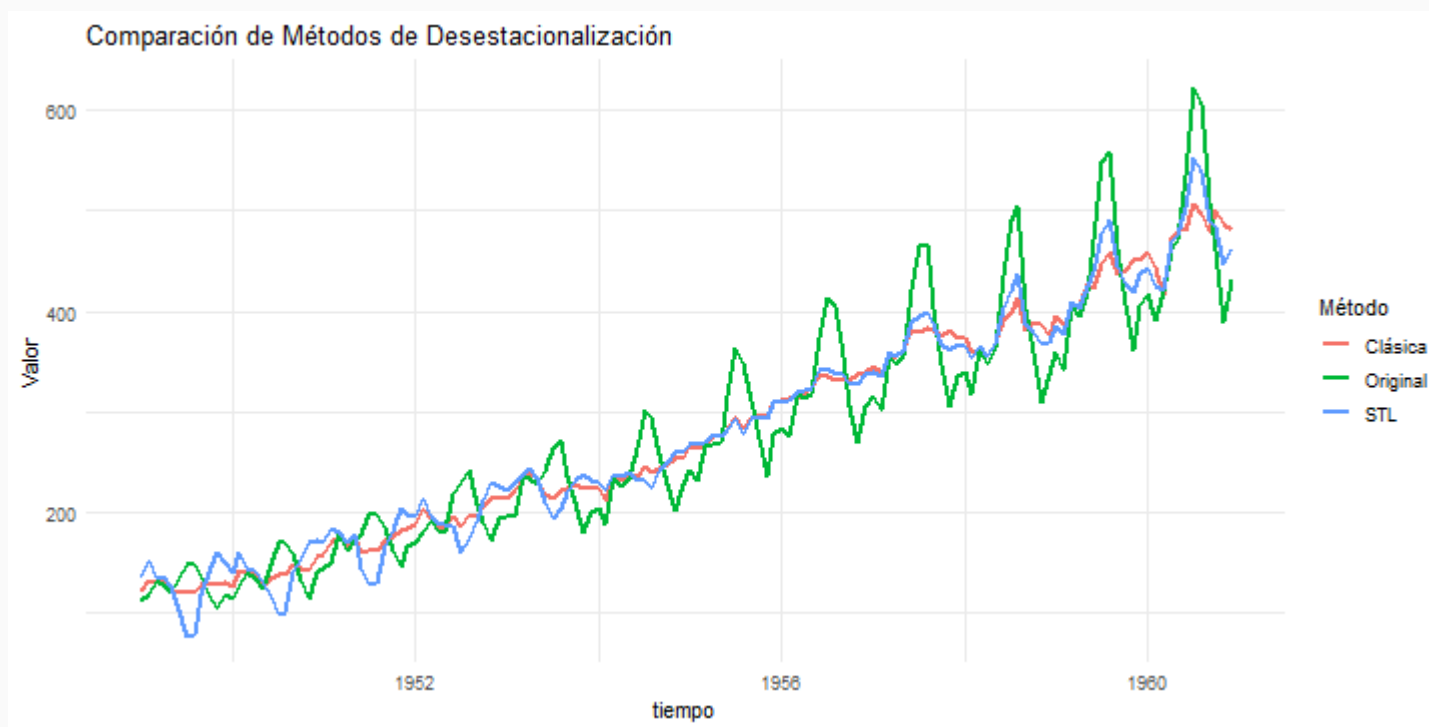
No profundizaremos en la selección manual, usaremos `auto.arima()`

ARIMA para Desestacionalización



La serie desestacionalizada muestra solo tendencia + ciclo + irregular

Comparación de Métodos



Los métodos dan resultados similares pero no idénticos

X-13ARIMA-SEATS: El Estándar Oficial

¿Qué es?

- Método desarrollado por U.S. Census Bureau
- Usado por INDEC, INE, BEA, Eurostat y bancos centrales
- Combina ARIMA con ajustes de calendario y outliers

Ventajas:

- Maneja efectos de calendario (días hábiles, Semana Santa móvil)
- Detecta y ajusta automáticamente outliers
- Produce diagnósticos de calidad detallados

En R: Paquete `seasonal`

```
library(seasonal)
modelo_x13 ← seas(mi_serie)
serie_ajustada ← final(modelo_x13)
```

Buenas Prácticas con Series de Tiempo

1. **Siempre graficar primero:** Identificar patrones visuales
2. **Verificar estacionariedad:** Usar tests formales (ADF)
3. **Transformar si es necesario:** Diferenciación, logs, etc.
4. **Cuidado con correlación espuria:** No regresar series con tendencia directamente
5. **Considerar estacionalidad:** Ajustar o desestacionalizar
6. **Interpretar en contexto:** Las series económicas tienen historia

¿Qué NO cubrimos hoy?

Debido al tiempo limitado, dejamos para otra vida:

- Modelos ARIMA (AutoRegresivos Integrados de Media Móvil)
- Función de Autocorrelación (ACF y PACF)
- Predicción/Forecasting formal
- Cointegración y modelos de corrección de errores
- Modelos GARCH para volatilidad
- Series multivariadas (VAR)

Estos requieren más tiempo y profundidad matemática

Recursos extra

Libros:

- Hyndman & Athanasopoulos - *Forecasting: Principles and Practice* (<https://robjhyndman.com/uwafiles/fpp-notes.pdf>)
- Wooldridge - *Introductory Econometrics* (cap. 10-12)

Online:

- OTexts.com/fpp3 (libro interactivo en R)

Paquetes de R:

- `forecast`: Modelos clásicos
- `tseries`: Tests y análisis
- `fable`: Framework moderno (tidyverse)

¡Gracias!