

# Análisis de Series de Tiempo de Precios de Acciones

Julian Rojas y Natalia Tangarife

2025-10-18



# Contents

<b>Propuesta de Análisis</b>	<b>5</b>
0.1 Información a Utilizar . . . . .	5
0.2 Importancia del Pronóstico y Valor Agregado . . . . .	8
0.3 Fuentes de Datos y Permisos de Uso . . . . .	9
0.4 Impacto Esperado . . . . .	10
0.5 Visualización de las Series de Tiempo . . . . .	11
0.6 Series de Tiempo Completas . . . . .	11
0.7 Análisis con Promedios Móviles . . . . .	14
0.8 Análisis de Rezagos . . . . .	18
0.9 Estacionalidad Anual . . . . .	23
0.10 Síntesis de Visualización . . . . .	23
<b>1 Literature</b>	<b>25</b>
<b>2 Methods</b>	<b>27</b>
2.1 math example . . . . .	27
<b>3 Applications</b>	<b>29</b>
3.1 Example one . . . . .	29
3.2 Example two . . . . .	29
<b>4 Final Words</b>	<b>31</b>



# Propuesta de Análisis

## 0.1 Información a Utilizar

Para este curso trabajaremos con **series de tiempo de precios diarios de acciones** de seis empresas cotizadas en mercados estadounidenses, divididas en dos sectores:

- **Tecnología:** Apple (AAPL), Microsoft (MSFT), Tesla (TSLA)
- **Farmacéuticas:** Pfizer (PFE), Moderna (MRNA), Johnson & Johnson (JNJ)

Los datos abarcan el período **2015-2025 (10 años)**, proporcionando un total de **14,286 observaciones**. Las variables incluyen precios de cierre, apertura, máximos, mínimos y volúmenes de negociación diarios, obtenidos mediante la librería **quantmod** que accede a **Yahoo Finance**.

### 0.1.1 Estadísticas Descriptivas del Dataset

Estadísticas descriptivas de las series de tiempo analizadas

Ticker

Sector

Obs.

Inicio

Fin

Precio.Mín....

Precio.Máx....

Volatilidad....

Retorno.Total....

AAPL

Tecnología

2514

2015-10-13

2025-10-10

22.58

259.02

29.21

777.61

MSFT

Tecnología

2514

2015-10-13

2025-10-10

46.68

535.64

26.96

989.70

TSLA

Tecnología

2514

2015-10-13

2025-10-10

9.58

479.86

59.30

2728.89

PFE

Farmacéutica

2514

2015-10-13

2025-10-10

21.59

61.25

24.00

-20.81

MRNA

Farmacéutica

1720

2018-12-07

2025-10-10

12.26

484.47

72.08

44.25

JNJ

Farmacéutica

2514

2015-10-13

2025-10-10

94.53

191.08

18.40

99.81

**Tabla 1.** Resumen estadístico del dataset con 6 activos y 14,286 observaciones totales. Tesla presenta el mayor retorno (+2,728%) y Moderna la mayor volatilidad (72%).

Este período incluye cuatro fases claramente diferenciadas:

- **Pre-COVID (2015-2019):** Período de crecimiento estable y expansión económica
- **Crisis COVID-19 (2020):** Caída abrupta del mercado y alta volatilidad
- **Período de Vacunas (2021):** Desarrollo y distribución de vacunas COVID-19
- **Post-pandemia (2022-2025):** Nuevas dinámicas de mercado

## 0.1.2 Comparación por Sector

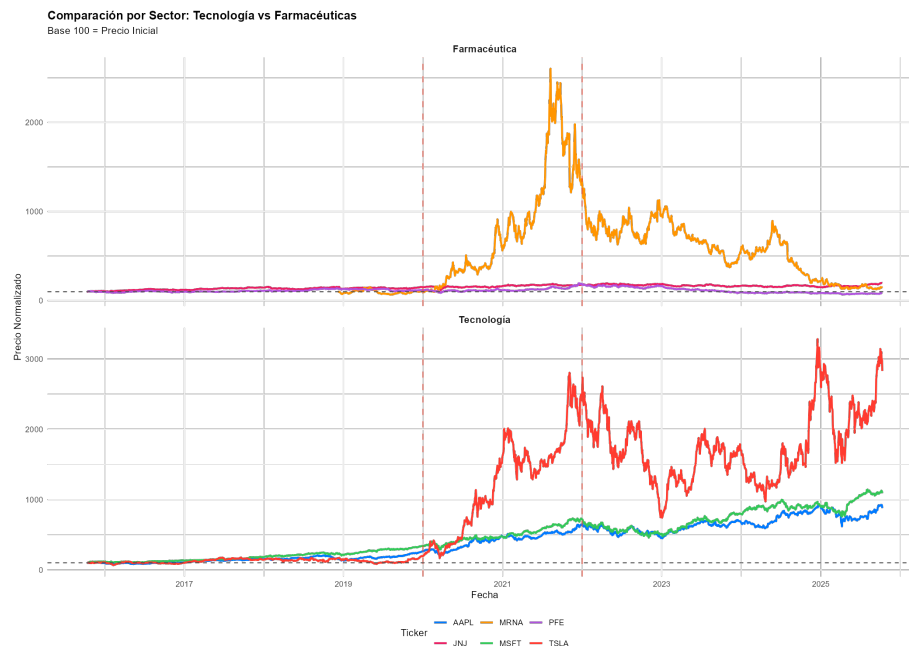


Figure 1: Comparación de desempeño normalizado por sector. Panel superior: Farmacéuticas con Moderna mostrando crecimiento explosivo durante vacunas. Panel inferior: Tecnología con Tesla liderando los retornos. Líneas rojas verticales marcan el período COVID-19.

La Figura 1 muestra el comportamiento diferenciado entre sectores. El sector tecnológico presenta crecimiento sostenido con Tesla liderando (+2,728%), mientras que el farmacéutico muestra un pico en Moderna durante vacunas seguido de corrección. Este contraste será analizado en capítulos posteriores.

## 0.2 Importancia del Pronóstico y Valor Agregado

### 0.2.1 El Problema

Los mercados financieros presentan comportamientos complejos que se intensifican durante crisis globales. El COVID-19 evidenció esto cuando los mercados experimentaron caídas abruptas, alta volatilidad y recuperaciones diferenciadas por sector. Los inversionistas y gestores de riesgo necesitan herramientas para anticipar movimientos de precios incluso en contextos de alta incertidumbre.



### 0.2.2 El Valor Agregado

Este proyecto analiza **series de tiempo de precios de acciones** durante un período de 10 años que incluye eventos extremos. El valor agregado reside en:

**1. Análisis con Datos Reales Abundantes:** Con 14,286 observaciones totales (2,514 por activo principal y 1,720 para MRNA), los análisis tienen suficiente poder estadístico para identificar patrones robustos, tendencias de largo plazo y quiebres estructurales.

**2. Múltiples Regímenes de Mercado:** El período analizado captura diferentes contextos de mercado, desde estabilidad pre-COVID hasta volatilidad extrema durante la pandemia (hasta 72% anual en MRNA) y posterior normalización.

**3. Eventos Extremos Documentados:** El dataset incluye el crash de marzo 2020, el desarrollo de vacunas y la recuperación post-pandemia, permitiendo estudiar quiebres estructurales en series de tiempo y evaluar capacidad predictiva ante eventos de baja probabilidad pero alto impacto.

**4. Comparación Intersectorial Cuantificada:** Los datos revelan contrastes marcados:

- **Tecnología:** Retornos totales entre +777% (AAPL) y +2,728% (TSLA)
- **Farmacéuticas:** Comportamiento heterogéneo desde -20% (PFE) hasta +44% (MRNA)
- **Volatilidad:** Rango de 18% (JNJ) hasta 72% (MRNA)

**5. Caracterización Estadística:** Los datos permiten identificar propiedades como estacionariedad, autocorrelación, heterocedasticidad y cambios de régimen en volatilidad, aspectos que serán desarrollados en capítulos posteriores.

**6. Aplicación a Valoración de Opciones:** Los análisis de volatilidad histórica y comportamiento de precios se integran con el modelo Black-Scholes para mejorar la valoración de opciones financieras.

## 0.3 Fuentes de Datos y Permisos de Uso

**Fuente:** Yahoo Finance a través de la librería `quantmod` en R. Es una fuente pública reconocida en el sector financiero que permite acceso a datos históricos sin restricciones para uso académico y de investigación.

**Especificaciones técnicas:**

- **Período:** 2015-2025 (10 años, excepto MRNA que inicia en 2018)
- **Observaciones totales:** 14,286 datos distribuidos en 6 activos

- **Frecuencia:** Diaria (aproximadamente 252 días de trading por año)
- **Acceso:** API pública sin permisos especiales requeridos
- **Rango de precios:** Desde \$9.58 (TSLA mínimo) hasta \$535.64 (MSFT máximo)

**Variables recopiladas:**

- Precios: Cierre, apertura, máximo, mínimo (valores diarios en USD)
- Volumen de negociación diario
- Variables derivadas: Retornos diarios, retornos logarítmicos, volatilidad histórica
- Clasificación temporal: Períodos COVID (Pre, Pandemia, Vacunas, Post)

## 0.4 Impacto Esperado

El análisis de series de tiempo con más de 14,000 observaciones reales beneficia a:

**Inversionistas:** Comprensión documentada de cómo diferentes sectores responden a choques sistémicos, con evidencia cuantitativa de retornos y volatilidades observados durante crisis.

**Gestores de riesgo:** Identificación de patrones de volatilidad durante eventos extremos, con datos reales que muestran variaciones desde 18% hasta 72% de volatilidad anualizada según el activo y el período.

**Analistas financieros:** Caracterización cuantitativa de resiliencia sectorial respaldada por datos históricos de una década, incluyendo el evento más disruptivo de los mercados financieros en la última generación.

**Traders de opciones:** Estimación mejorada de volatilidad para valoración de derivados, con datos históricos que documentan cambios de régimen en volatilidad durante diferentes fases del mercado.

**Académicos:** Evidencia empírica robusta sobre comportamiento de series financieras durante crisis globales, con suficientes observaciones para análisis estadísticamente significativos y validación de modelos de series de tiempo.

---

**Nota:** Este documento constituye la propuesta inicial del proyecto. Los capítulos posteriores desarrollarán en detalle el análisis exploratorio de las series, pruebas de estacionariedad, modelado de volatilidad, identificación de quiebres estructurales y su integración con modelos de valoración de opciones financieras.

## 0.5 Visualización de las Series de Tiempo

Las visualizaciones tienen como objetivo explorar y comunicar los patrones, tendencias y comportamientos presentes en las series de tiempo de precios de acciones durante el período 2015-2025, con énfasis en el impacto del COVID-19.

## 0.6 Series de Tiempo Completas

Los siguientes gráficos proporcionan una visión general de la evolución de los precios de cada activo a lo largo del período 2015-2025.

### 0.6.1 Sector Tecnológico

Observaciones clave del sector tecnológico:

- **Apple (AAPL):** Muestra un crecimiento sostenido de \$22.58 a \$259.02 (+778%), con volatilidad moderada (29.2% anual). Durante el COVID-19, experimentó una caída breve seguida de recuperación acelerada.
- **Microsoft (MSFT):** Presenta el comportamiento más estable del sector con crecimiento constante de \$46.68 a \$535.64 (+990%). La volatilidad de 27% anual es la más baja del sector tecnológico. Mínima afectación durante el crash de marzo 2020.
- **Tesla (TSLA):** Exhibe el comportamiento más volátil (59.3% anual) y el mayor retorno (+2,729%). Se observa crecimiento casi exponencial desde 2019, con alta sensibilidad a eventos de mercado.

### 0.6.2 Sector Farmacéutico

Observaciones clave del sector farmacéutico:

- **Pfizer (PFE):** Comportamiento estable con retorno negativo (-20.8%). Volatilidad moderada (24% anual). Pico durante el anuncio y distribución de vacunas, seguido de corrección.
- **Moderna (MRNA):** La mayor volatilidad del dataset (72.1% anual). Crecimiento explosivo durante el desarrollo de vacunas (diciembre 2020), alcanzando \$484.47 desde \$12.26. Posterior corrección drástica reflejando la normalización post-pandemia.
- **Johnson & Johnson (JNJ):** La menor volatilidad de todo el dataset (18.4% anual). Comportamiento defensivo con retorno total de +99.8%. Mínima afectación durante COVID-19.

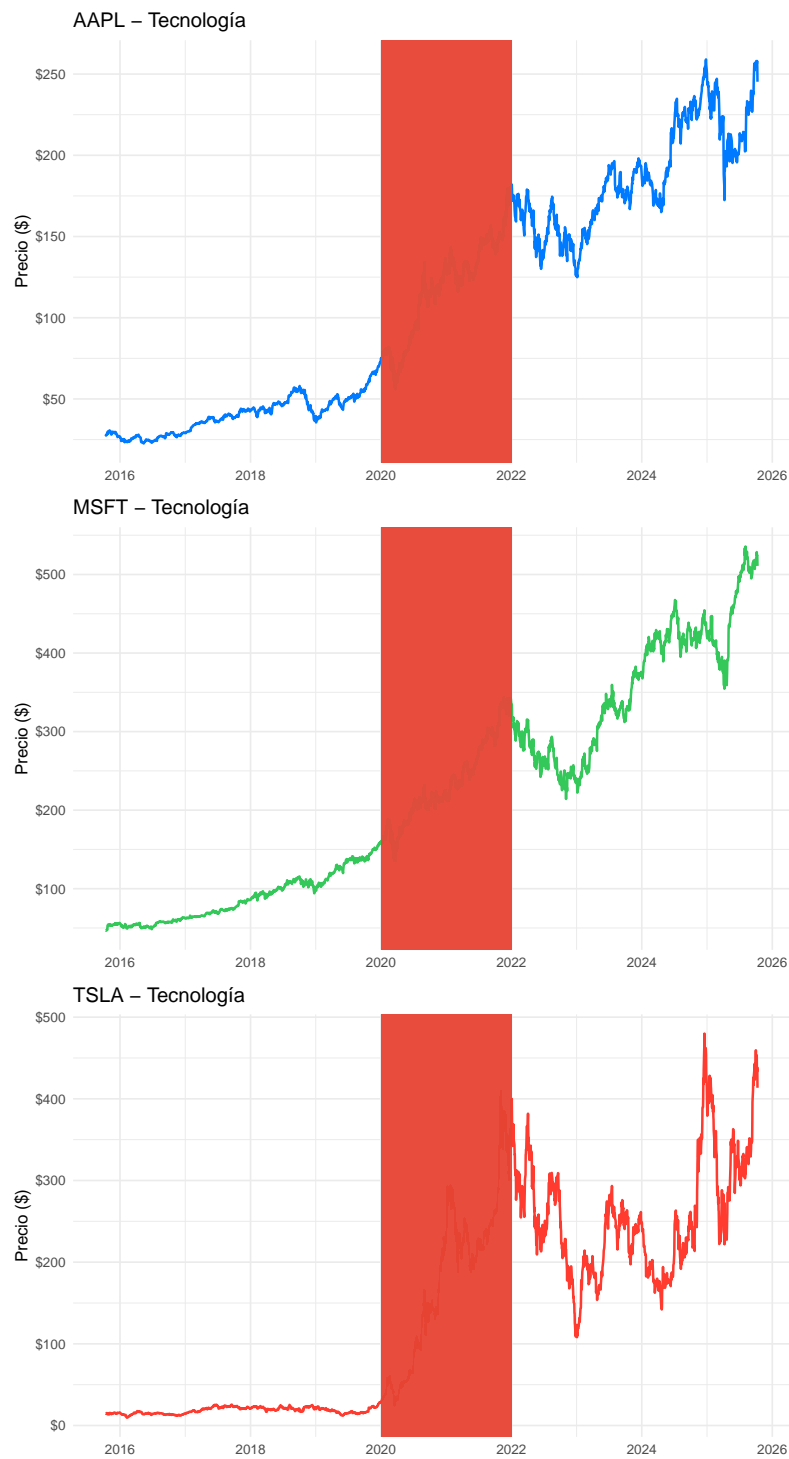


Figure 2: Series de tiempo del sector tecnológico. Se observa el crecimiento explosivo de Tesla post-2019, la estabilidad relativa de Apple y Microsoft, y el impacto del COVID-19 (área sombreada) en las tres empresas.



Figure 3: Series de tiempo del sector farmacéutico. Destaca el pico dramático de Moderna durante el período de vacunas (2020-2021), mientras que Pfizer y J&J muestran comportamientos más estables.

## 0.7 Análisis con Promedios Móviles

Los promedios móviles permiten suavizar la volatilidad diaria y visualizar tendencias subyacentes. Se calculan promedios de 7, 30 y 90 días.

### 0.7.1 Promedios Móviles - Tecnología

```
## Warning: Removed 6 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 29 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 89 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 6 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 29 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 89 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 6 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 29 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 89 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

#### Interpretación de promedios móviles:

- **SMA 7 días:** Reacciona rápidamente a cambios, útil para identificar reversiones de corto plazo.
- **SMA 30 días:** Revela tendencias de mediano plazo, filtrando ruido diario.
- **SMA 90 días:** Muestra la tendencia de largo plazo, especialmente útil para identificar cambios de régimen durante COVID-19.

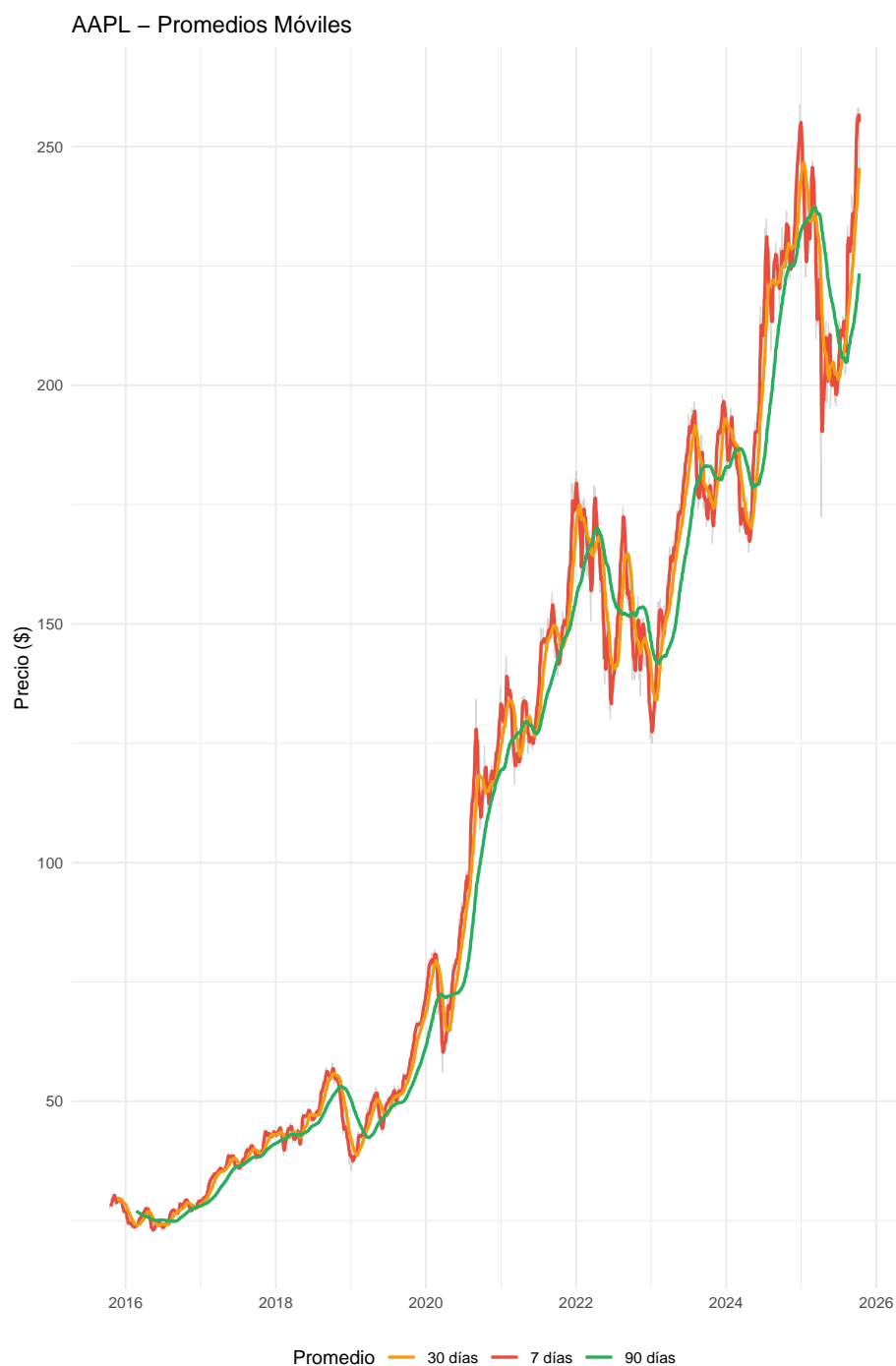


Figure 4: Series con promedios móviles del sector tecnológico. Las líneas suavizadas (SMA 7, 30, 90 días) revelan las tendencias subyacentes y confirman el crecimiento sostenido post-COVID.

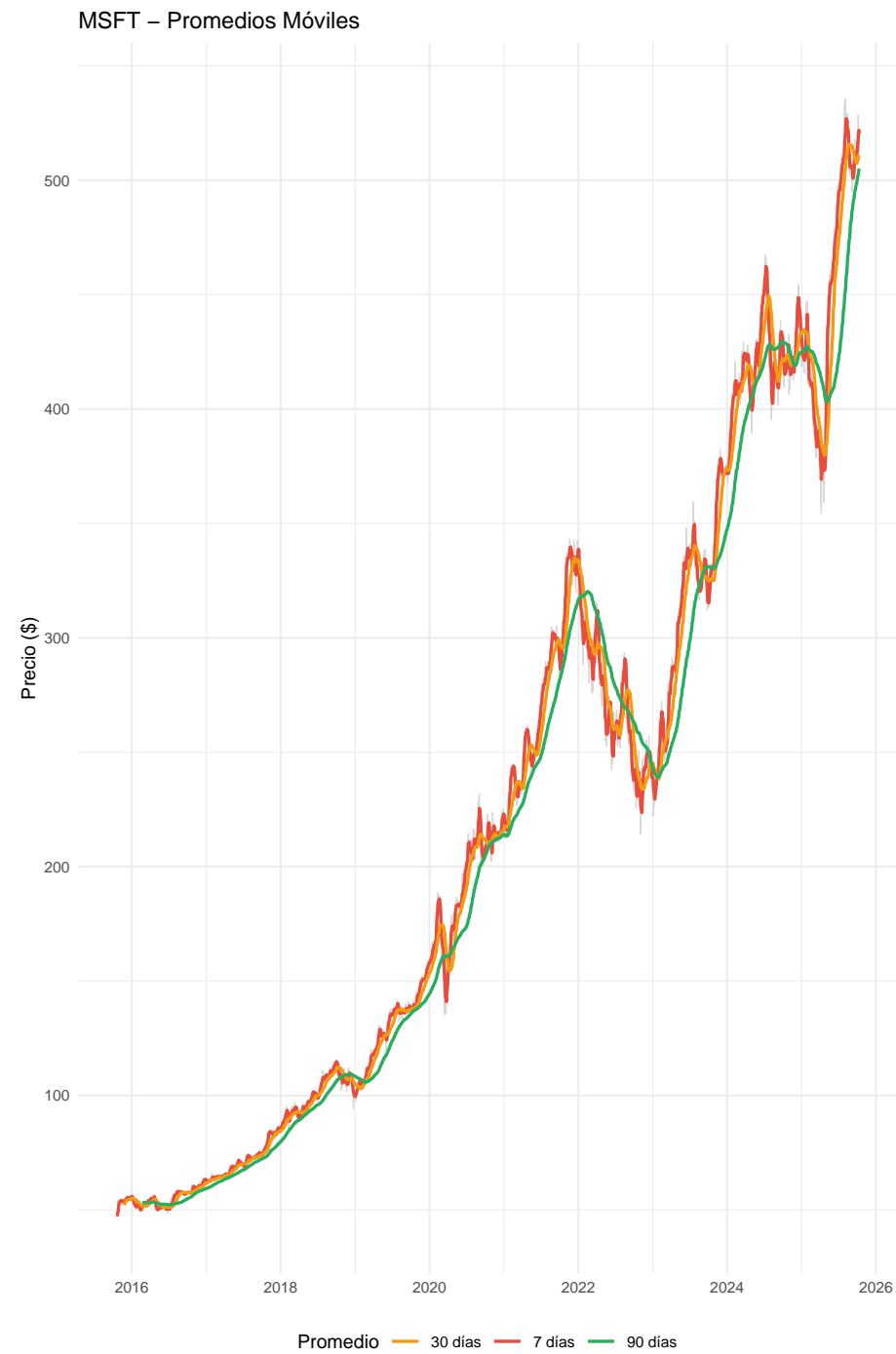


Figure 5: Series con promedios móviles del sector tecnológico. Las líneas suavizadas (SMA 7, 30, 90 días) revelan las tendencias subyacentes y confirman el crecimiento sostenido post-COVID.



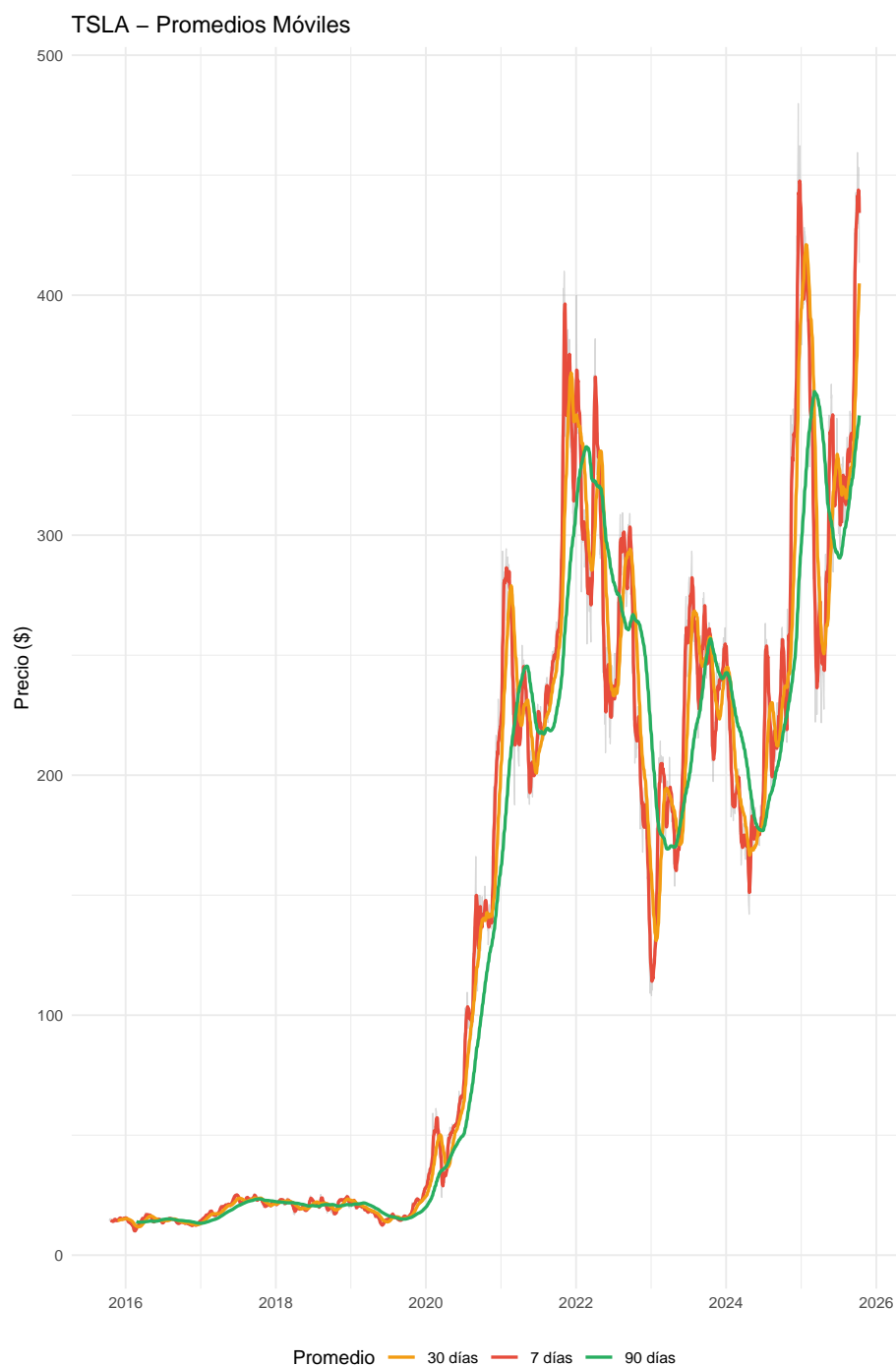


Figure 6: Series con promedios móviles del sector tecnológico. Las líneas suavizadas (SMA 7, 30, 90 días) revelan las tendencias subyacentes y confirman el crecimiento sostenido post-COVID.

## 0.7.2 Promedios Móviles - Farmacéuticas

```
## Warning: Removed 6 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 29 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 89 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 6 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 29 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 89 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 6 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 29 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

```
## Warning: Removed 89 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_line()`).
```

## 0.8 Análisis de Rezagos

Los gráficos de rezago permiten identificar dependencia temporal en las series, evaluando si el precio de hoy está correlacionado con el precio de días anteriores.

```
## Warning: Removed 1 row containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_point()`).
```

```
## Warning: Removed 7 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_point()`).
```

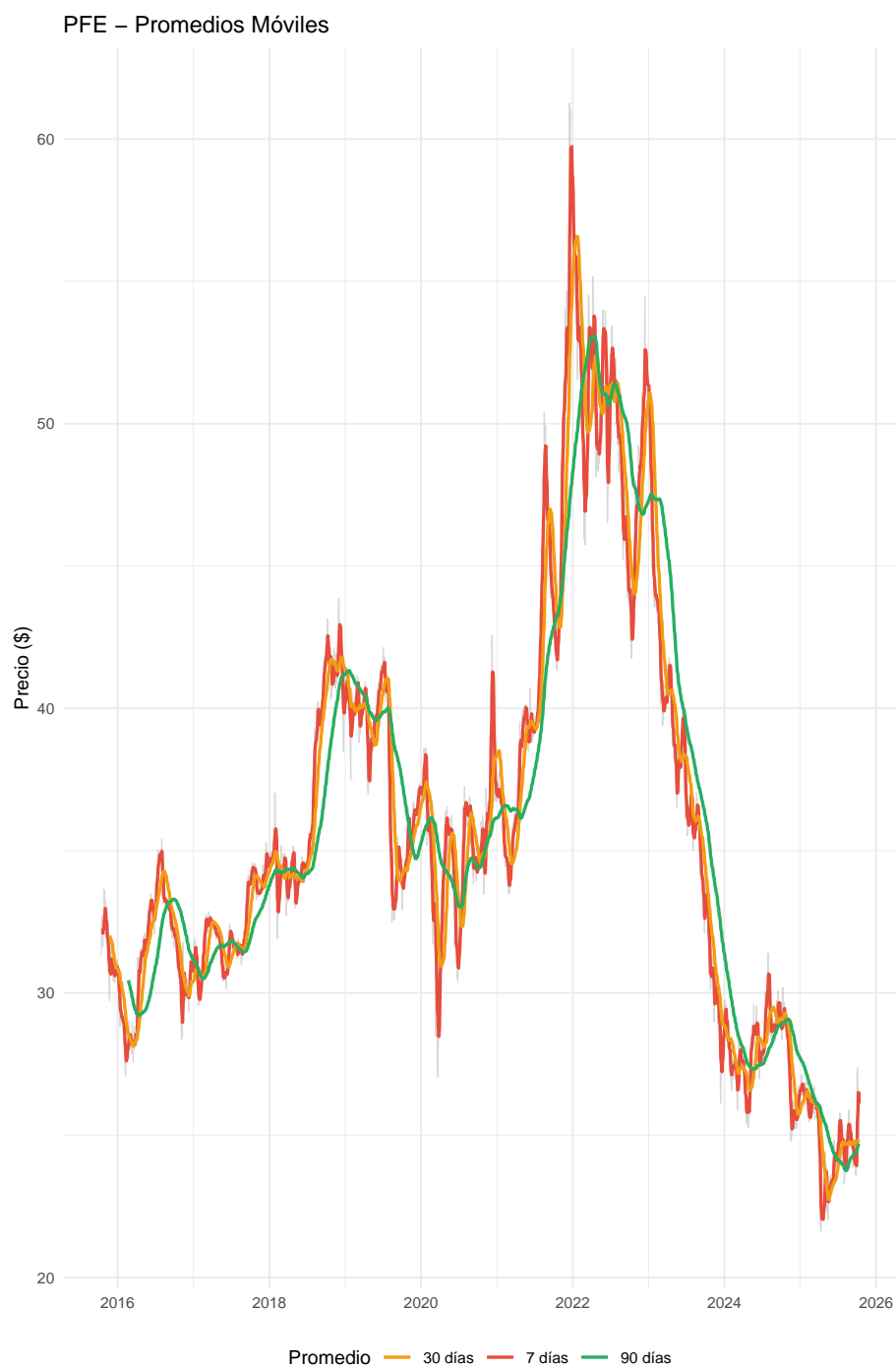


Figure 7: Series con promedios móviles del sector farmacéutico. El caso de Moderna es particularmente interesante, mostrando cómo los promedios capturan el ciclo completo de auge y corrección.

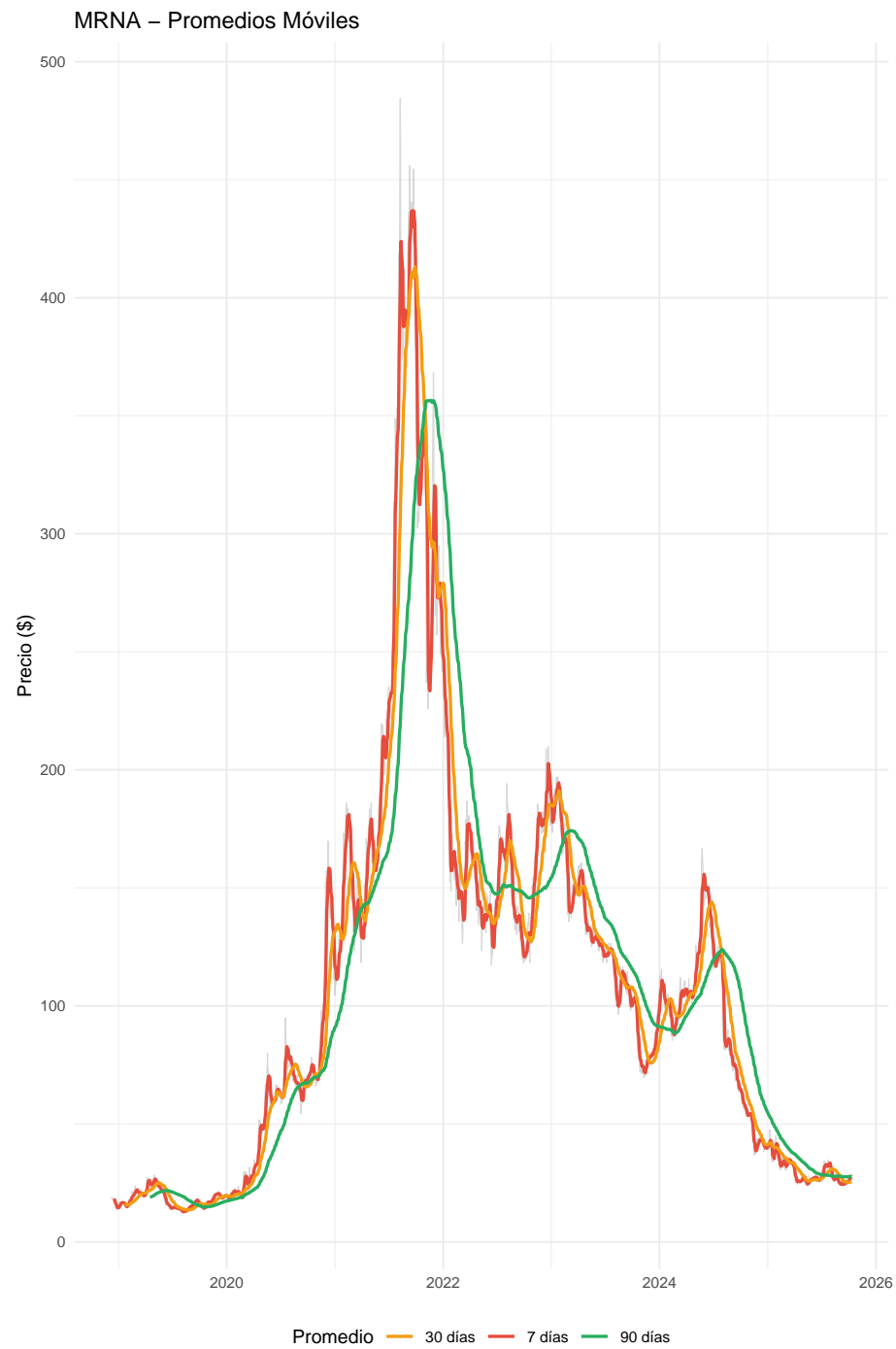


Figure 8: Series con promedios móviles del sector farmacéutico. El caso de Moderna es particularmente interesante, mostrando cómo los promedios capturan el ciclo completo de auge y corrección.

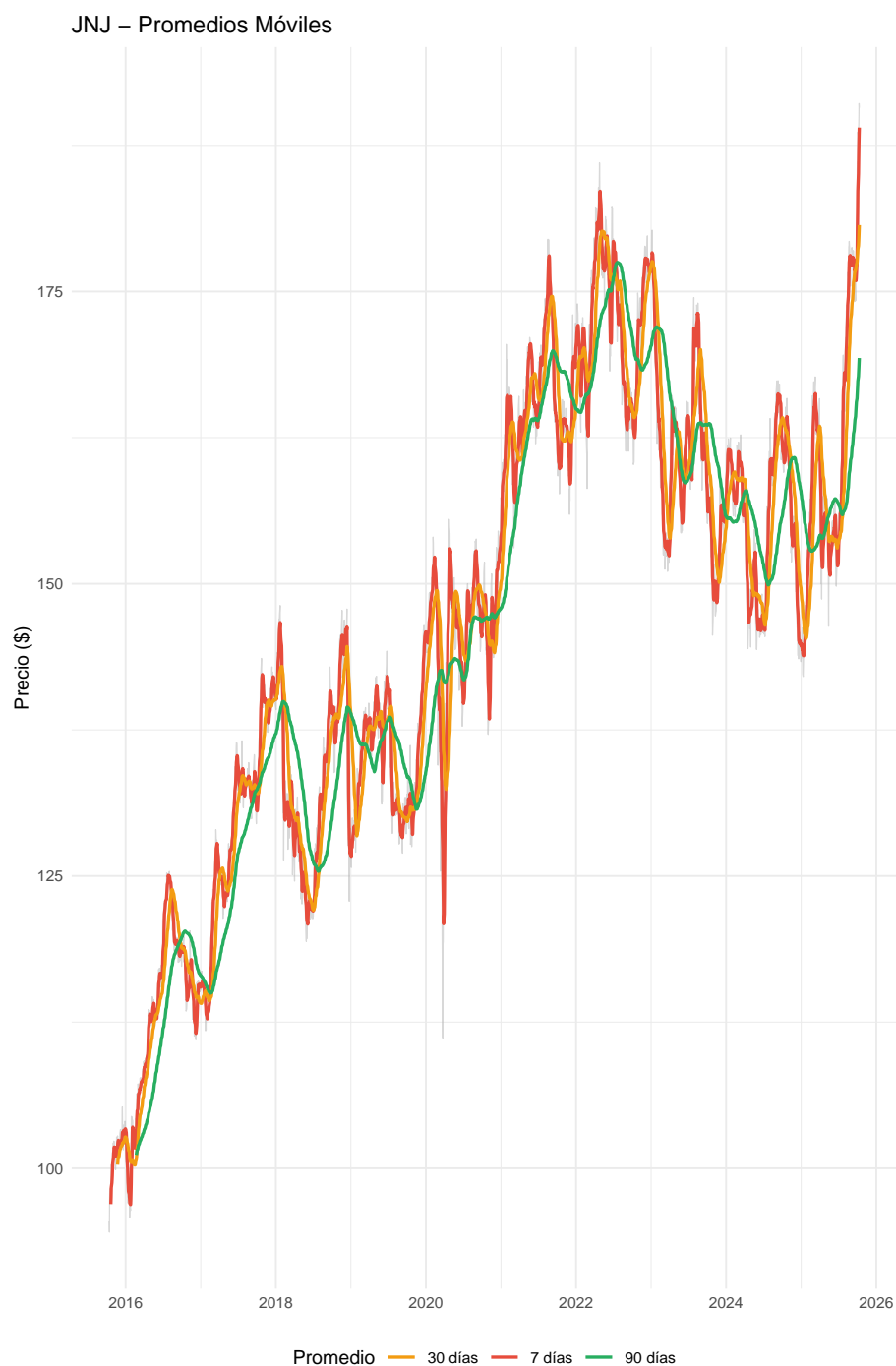


Figure 9: Series con promedios móviles del sector farmacéutico. El caso de Moderna es particularmente interesante, mostrando cómo los promedios capturan el ciclo completo de auge y corrección.

```
## Warning: Removed 1 row containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_point()`).
```

```
## Warning: Removed 7 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_point()`).
```

```
## Warning: Removed 1 row containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_point()`).
```

```
## Warning: Removed 7 rows containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_point()`).
```

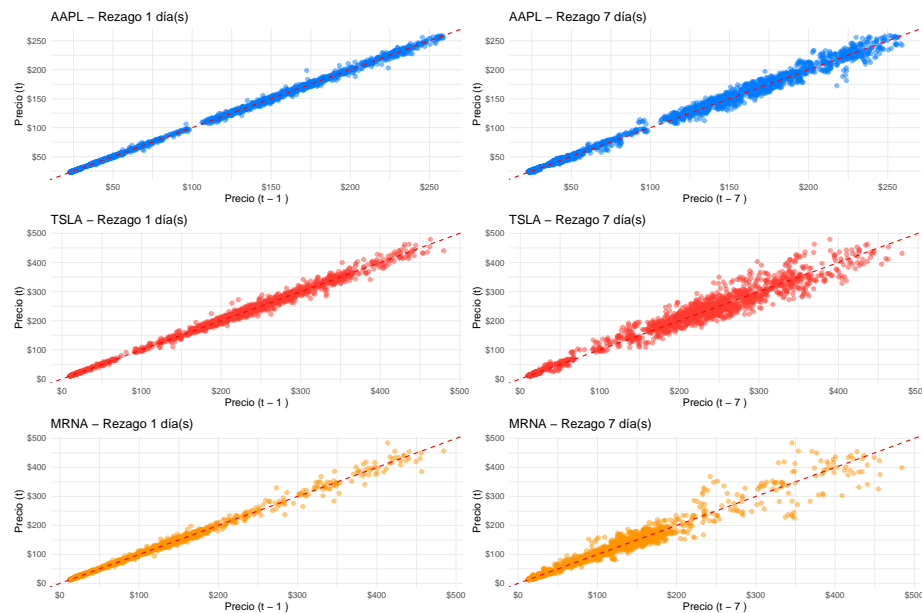


Figure 10: Gráficos de rezago para lag 1 y lag 7 días. La concentración de puntos en la diagonal sugiere autocorrelación positiva, especialmente en lag 1.

### Interpretación de rezagos:

- **Lag 1 (día anterior):** La mayoría de los puntos se concentran cerca de la diagonal, indicando autocorrelación positiva débil. Los precios tienden a persistir de un día al siguiente, especialmente en niveles bajos y altos.
- **Lag 7 (semana anterior):** Mayor dispersión que lag 1, sugiriendo autocorrelación semanal muy débil. Las ventas de un día específico no predicen confiablemente el mismo día de la semana siguiente, excepto en valores extremos.

- **Observación sectorial:** Tesla y Moderna muestran mayor dispersión debido a su alta volatilidad, mientras que activos más estables como J&J presentan patrones más concentrados.

## 0.9 Estacionalidad Anual

El análisis de estacionalidad revela patrones recurrentes a lo largo del año calendario, particularmente relevantes durante el período COVID-19.

### Patrones estacionales identificados:

- **Marzo 2020:** Caída drástica en todos los activos coincidiendo con el crash COVID-19.
- **Noviembre-Diciembre:** Tradicionalmente meses fuertes para mercados financieros, patrón que se mantiene excepto durante 2020.
- **Primer trimestre:** Generalmente muestra precios más bajos, con recuperación hacia mediados de año. Patrón interrumpido en 2020 por el COVID.
- **Diferencias sectoriales:** El sector tecnológico muestra recuperación más rápida post-marzo 2020, mientras farmacéuticas tienen pico en el período de vacunas (Q4 2020 - Q1 2021).

## 0.10 Síntesis de Visualización

Las visualizaciones revelan hallazgos clave que serán profundizados en capítulos posteriores:

1. **Impacto COVID-19:** Claro quiebre estructural en marzo 2020 visible en todas las series.
2. **Divergencia sectorial:** Tecnología muestra recuperación en “V”, mientras farmacéuticas tienen comportamiento más heterogéneo.
3. **Volatilidad variable:** Moderna (72%) vs J&J (18%) ejemplifican el rango de comportamientos dentro del mismo sector.
4. **Autocorrelación limitada:** Los rezagos sugieren dependencia débil, indicando que modelos simples de persistencia no serán suficientes.
5. **Estacionalidad interrumpida:** El COVID-19 alteró patrones estacionales tradicionales, creando un nuevo régimen de mercado.

Estos patrones motivan el análisis formal de series de tiempo en los capítulos siguientes.

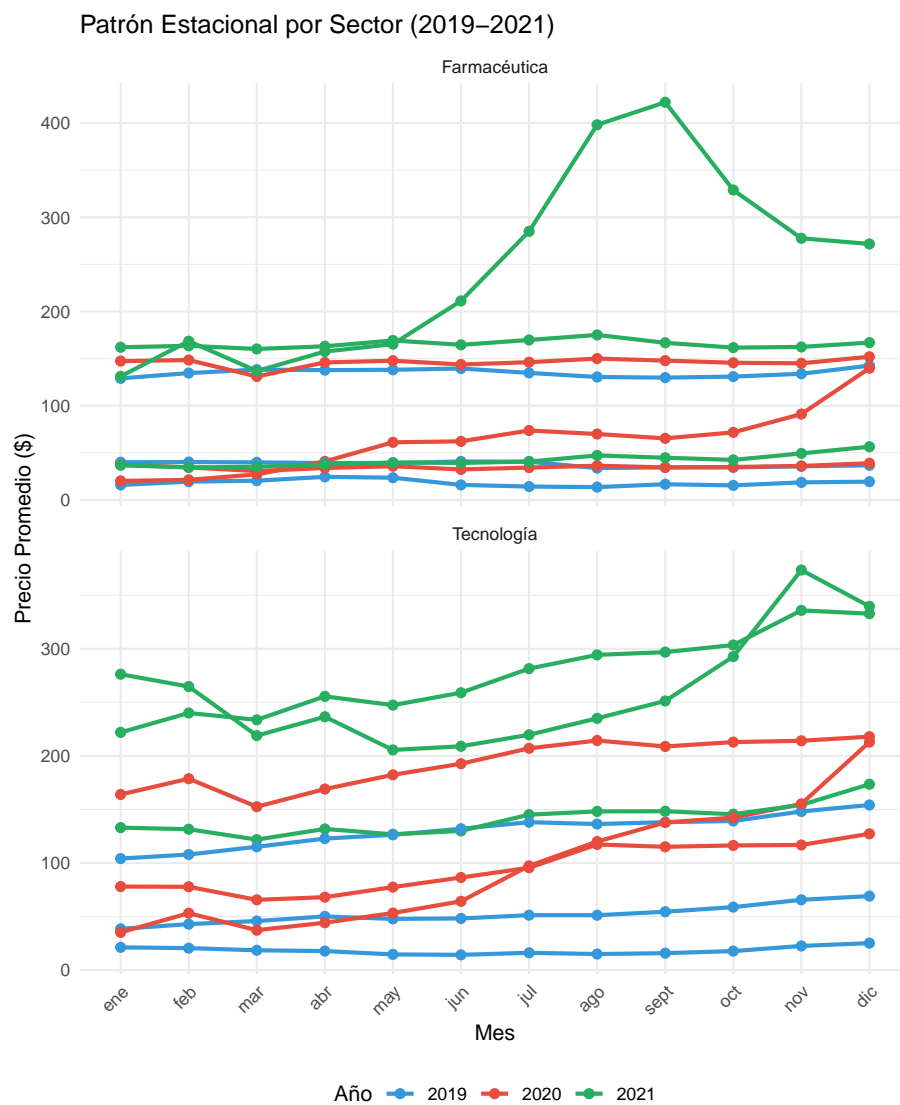


Figure 11: Patrón de precios mensuales por año. Se identifica claramente el impacto COVID en marzo 2020 y la recuperación diferenciada por sector.



# Chapter 1

## Literature

Here is a review of existing methods.



## Chapter 2

# Methods

We describe our methods in this chapter.

Math can be added in body using usual syntax like this

### 2.1 math example

$p$  is unknown but expected to be around  $1/3$ . Standard error will be approximated

$$SE = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \approx \sqrt{\frac{1/3(1-1/3)}{300}} = 0.027$$

You can also use math in footnotes like this<sup>1</sup>.

We will approximate standard error to  $0.027^2$

---

<sup>1</sup>where we mention  $p = \frac{a}{b}$

<sup>2</sup> $p$  is unknown but expected to be around  $1/3$ . Standard error will be approximated

$$SE = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \approx \sqrt{\frac{1/3(1-1/3)}{300}} = 0.027$$



## Chapter 3

# Applications

Some *significant* applications are demonstrated in this chapter.

### 3.1 Example one

### 3.2 Example two



## Chapter 4

# Final Words

We have finished a nice book.