Complejidad Económica Provincial

Docente: Nicolas Sidicaro
Alumnos: Nicolas Maidana y José Ignacio Rolón
Ciencia de Datos para Economía y Negocios

INDICE

1. Carga de datos
2. Limpieza de datos
3. Procesamiento de datos
4. Test ANOVA
5. Test de Hipótesis
6. Conclusiones
7. Futuras líneas de investigación

1. Carga de datos

- Importa las bases de **datos originales**.
- **Documenta** la fuente, el nombre y las dimensiones.
- Preparación optimizada dentro el programa. **(Ruteo y tipo de archivo)**

*Garantiza **integridad y trazabilidad** de los datos al inicio del **flujo de trabajo**, **aislando los datos originales** de cualquier modificación posterior.

2. Limpieza de bases

- **Estandarización** de variables (strings y numéricas).
- **Reducción dimensional** no útiles para tratamiento posterior

***Asegura la calidad** de los datos, creando un **conjunto de datos estandarizado y optimizado**

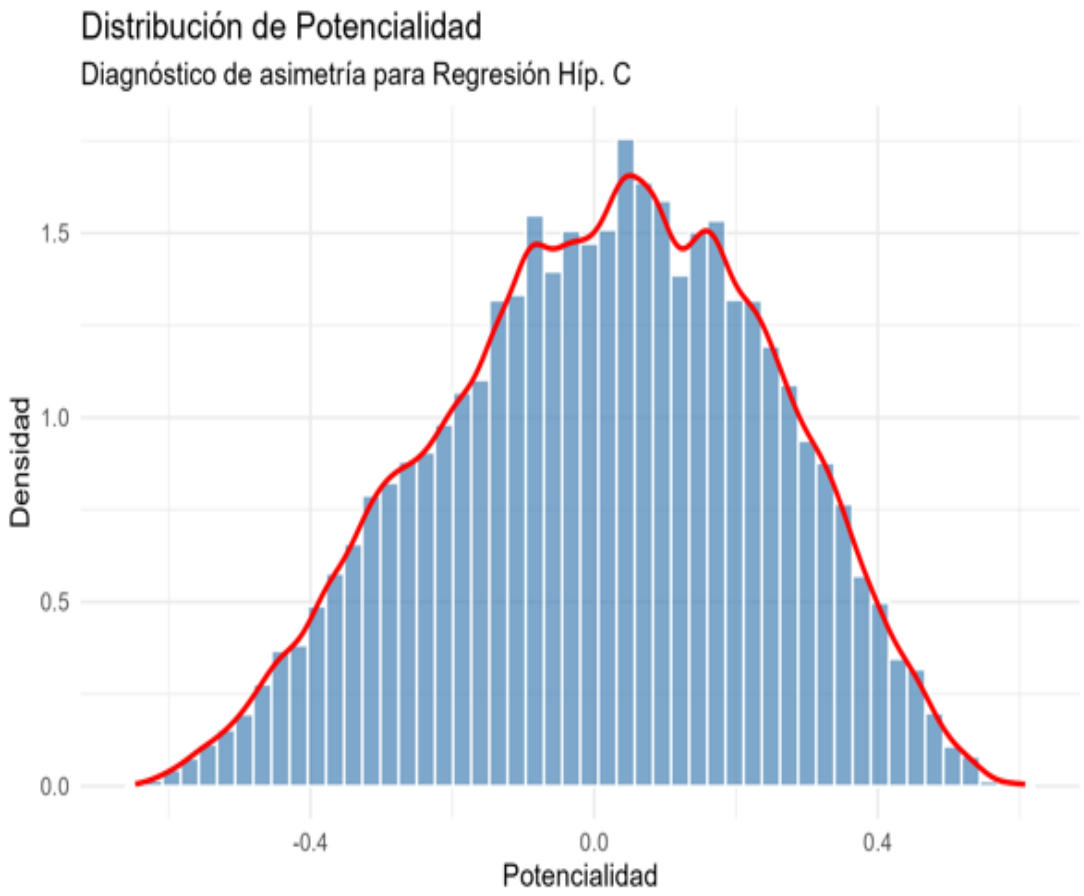
3. Análisis Exploratorio de Datos (EDA)

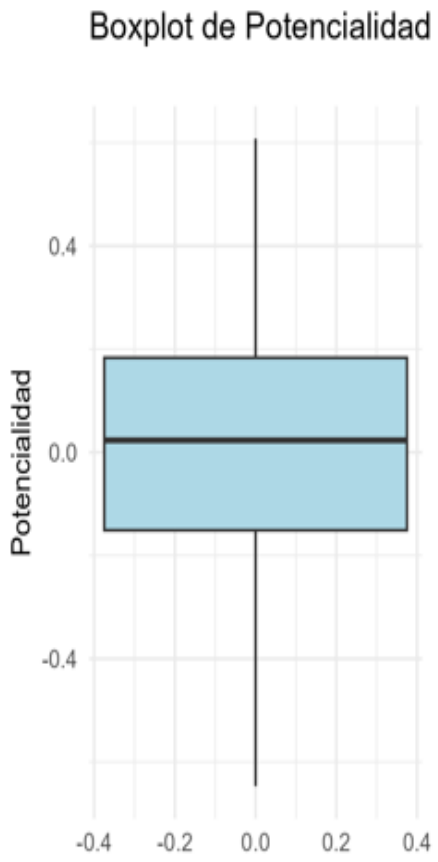
- Base Potencial
- Base Export

- **Verificación Estructural** sobre datos/variables.
- Manejo de **Datos Faltantes** (NAs): cuantificación y diagnóstico específico.
- **Estadísticas Descriptivas:** métricas clave (**Media**, **Mediana**, Desviación Estándar, IQR, Mín/Máx) para las **variables continuas**.
- **Visualización para Diagnóstico:** boxplots + distribución

*__Verifica__ la calidad de los **datos**, confirma la necesidad de **manejar la asimetría** y el **rol de los *outliers*** para nuestras **variables clave**, e identifica el **patrón** de los **NAs**, **guiando** las **transformaciones** y el **modelado inferencial subsiguiente**.

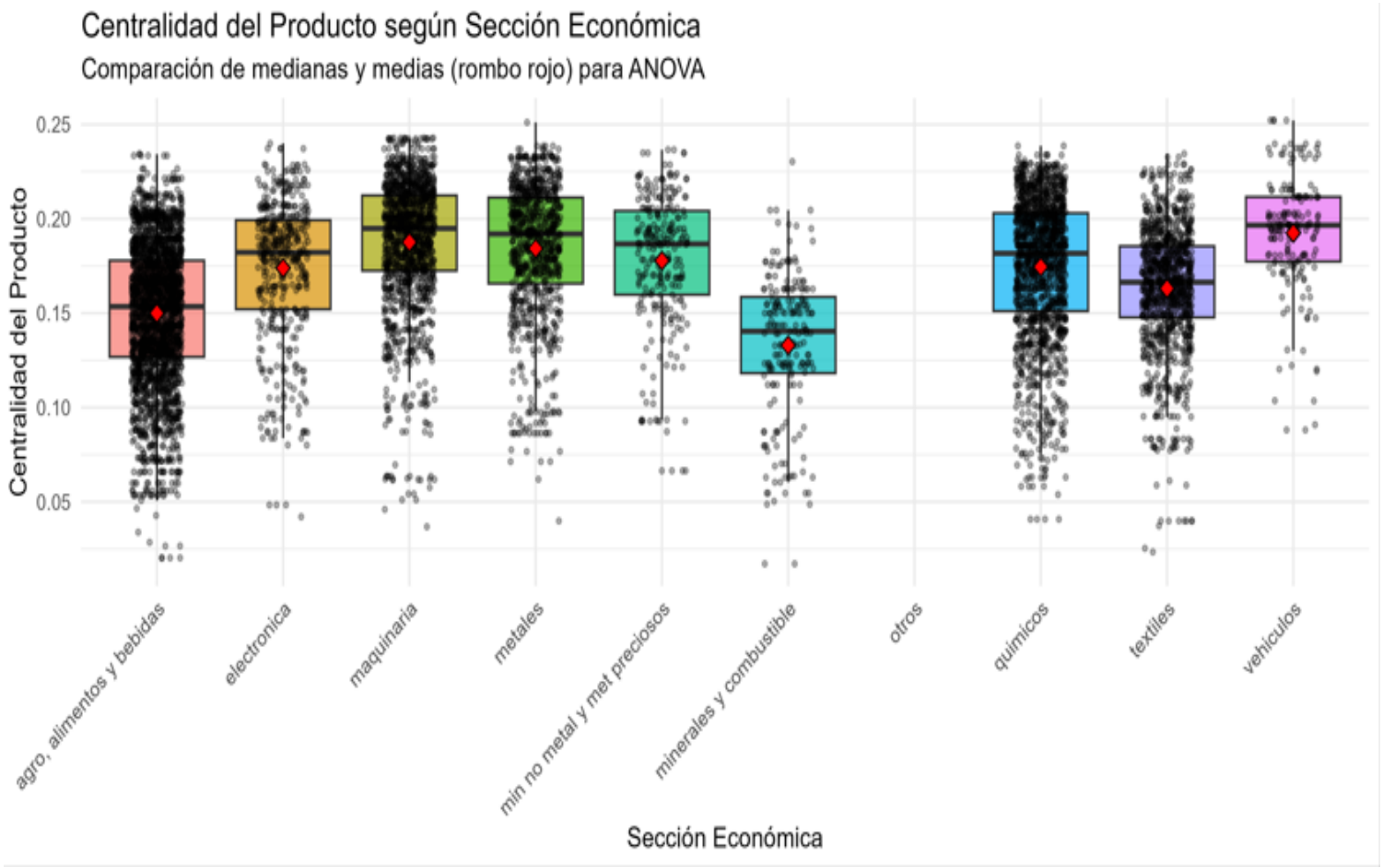
3. Base Pontecialidad (EDA)





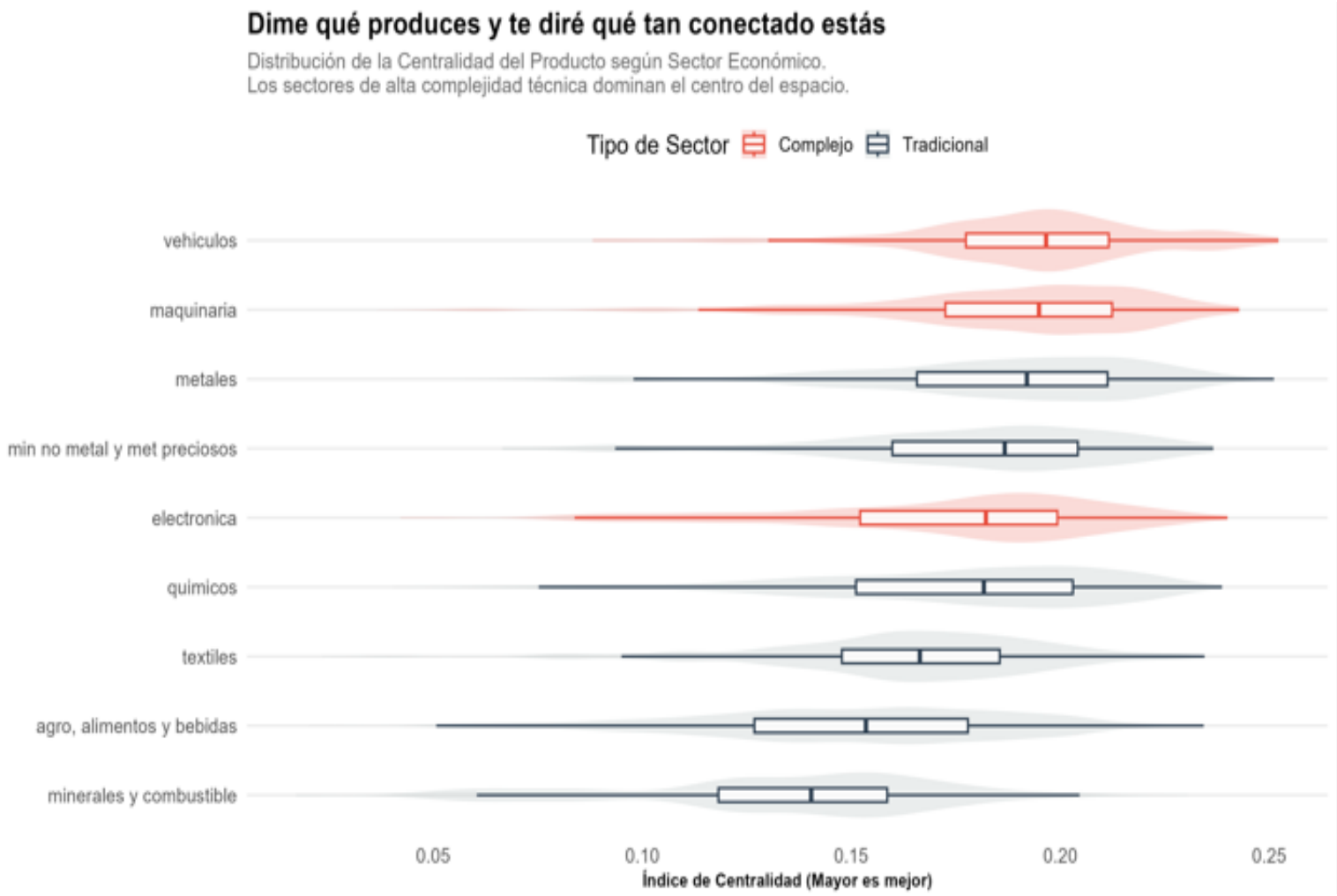

```
--- DESCRIPTIVAS CLAVE (BASE POTENCIAL) ---
> print(descriptivas_potencial,)
                        Estadistica                valor
1                                 n    127266.000000000
2                 potencialidad_Media          0.010987835
3               potencialidad_Mediana          0.023300000
4            potencialidad_Desvio_Std          0.231137929
5                   potencialidad_IQR          0.334300000
6                   potencialidad_Min         -0.647100000
7                   potencialidad_Max          0.607900000
8         complejidad_producto_Media          0.007711314
9       complejidad_producto_Mediana          0.157700000
10 complejidad_producto_Desvio_Std          0.998865321
11          complejidad_producto_IQR          1.424600000
12          complejidad_producto_Min         -4.657100000
13          complejidad_producto_Max          2.668500000
14                 distancia_Media          0.986160829
15               distancia_Mediana          0.991400000
16            distancia_Desvio_Std          0.013739186
17                   distancia_IQR          0.014000000
18                   distancia_Min          0.801300000
19                   distancia_Max          1.000000000
20               fob_mundial_Media    3855235.626321563
21             fob_mundial_Mediana     684275.280000000
22          fob_mundial_Desvio_Std   21432366.394400638
23                 fob_mundial_IQR    2133088.700000000
24                 fob_mundial_Min         16.110000000
25                 fob_mundial_Max  985996987.220000029
26                       n_Media    127266.000000000
27                     n_Mediana    127266.000000000
28                   n_Desvio_Std                   NA
29                         n_IQR          0.000000000
30                         n_Min    127266.000000000
31                         n_Max    127266.000000000
```

3. Base Exportados (EDA)




```
--- DESCRIPTIVAS CLAVE (BASE EXPORT) ---
> print(descriptivas_export,)
                      Estadistica        Valor
1                               n 8519.00000000
2                  centralidad_Media    0.16833717
3                 centralidad_Mediana    0.17430000
4              centralidad_Desvio_Std    0.03940722
5                    centralidad_IQR    0.05415000
6                    centralidad_Min    0.01720000
7                    centralidad_Max    0.25220000
8          complejidad_producto_Media   -0.08527372
9        complejidad_producto_Mediana    0.04970000
10    complejidad_producto_Desvio_Std    0.97142310
11           complejidad_producto_IQR    1.43840000
12           complejidad_producto_Min   -3.85250000
13           complejidad_producto_Max    2.62690000
14        complejidad_provincia_Media   -0.36235559
15      complejidad_provincia_Mediana   -0.33486644
16  complejidad_provincia_Desvio_Std    0.31022827
17           complejidad_provincia_IQR    0.19610411
18           complejidad_provincia_Min   -1.33322010
19           complejidad_provincia_Max    0.08786897
20                          n_Media 8519.00000000
21                        n_Mediana 8519.00000000
22                      n_Desvio_Std             NA
23                            n_IQR    0.00000000
24                            n_Min 8519.00000000
25                            n_Max 8519.00000000
```

3. Base Exportados (EDA)




```
--- DESCRIPTIVAS CLAVE (BASE EXPORT) ---
> print(descriptivas_export,)
                        Estadistica         Valor
1                                 n 8519.00000000
2                  centralidad_Media    0.16833717
3                 centralidad_Mediana    0.17430000
4              centralidad_Desvio_Std    0.03940722
5                     centralidad_IQR    0.05415000
6                     centralidad_Min    0.01720000
7                     centralidad_Max    0.25220000
8         complejidad_producto_Media   -0.08527372
9       complejidad_producto_Mediana    0.04970000
10   complejidad_producto_Desvio_Std    0.97142310
11           complejidad_producto_IQR    1.43840000
12           complejidad_producto_Min   -3.85250000
13           complejidad_producto_Max    2.62690000
14       complejidad_provincia_Media   -0.36235559
15     complejidad_provincia_Mediana   -0.33486644
16 complejidad_provincia_Desvio_Std    0.31022827
17           complejidad_provincia_IQR    0.19610411
18           complejidad_provincia_Min   -1.33322010
19           complejidad_provincia_Max    0.08786897
20                           n_Media 8519.00000000
21                         n_Mediana 8519.00000000
22                       n_Desvio_Std            NA
23                             n_IQR    0.00000000
24                             n_Min 8519.00000000
25                             n_Max 8519.00000000
```

4. Test ANOVA
Centralidad por Sección

- Verificación de supuestos
  - Test de Levene (Homogeneidad de Varianzas)
- Modelo Ajustado
  - Test de Welch (Robusto ante Heterogeneidad)
- Análisis Post-Hoc
  - Test de Games-Howell (Visualización)

4. Test de Levene (Homogeneidad de Varianzas)

Objeto de estudio --> **CENTRALIDAD x SECCION**

Ho: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \ldots = \sigma_k^2$

H_1: Al menos una de las varianzas poblacionales es diferente

Regla de decisión

Si p-valor < 0.05: Rechazo H0 -> Varianza NO es homogénea

Si p-valor >= 0.05: NO rechazo H0 -> Varianza es homogénea

```
--- TEST DE LEVENE (Homogeneidad de Varianzas) ---
> print(levene_test_resultado)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
       Df F value             Pr(>F)
group   8  9.3721 0.0000000000005734 ***
      8470
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
```

Se **rechazó Ho** (varianzas no homogéneas).

Considerar **ANOVA de Welch**
(Alternativa robusta a heterogeneidad)

4. Modelo Ajustado (Test Welch)

Objeto de estudio --> **CENTRALIDAD x SECCION**

Ho: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \ldots = \sigma_k^2$

H_1: Al menos una de las varianzas poblacionales es diferente

Regla de decisión

Si p-valor < 0.05: **Rechazo H0** -> hay una **diferencia estadísticamente significativa** entre las medias de los grupos

Si p-valor >= 0.05: NO rechazo Ho -> No hay evidencia suficiente para rechazar Ho.

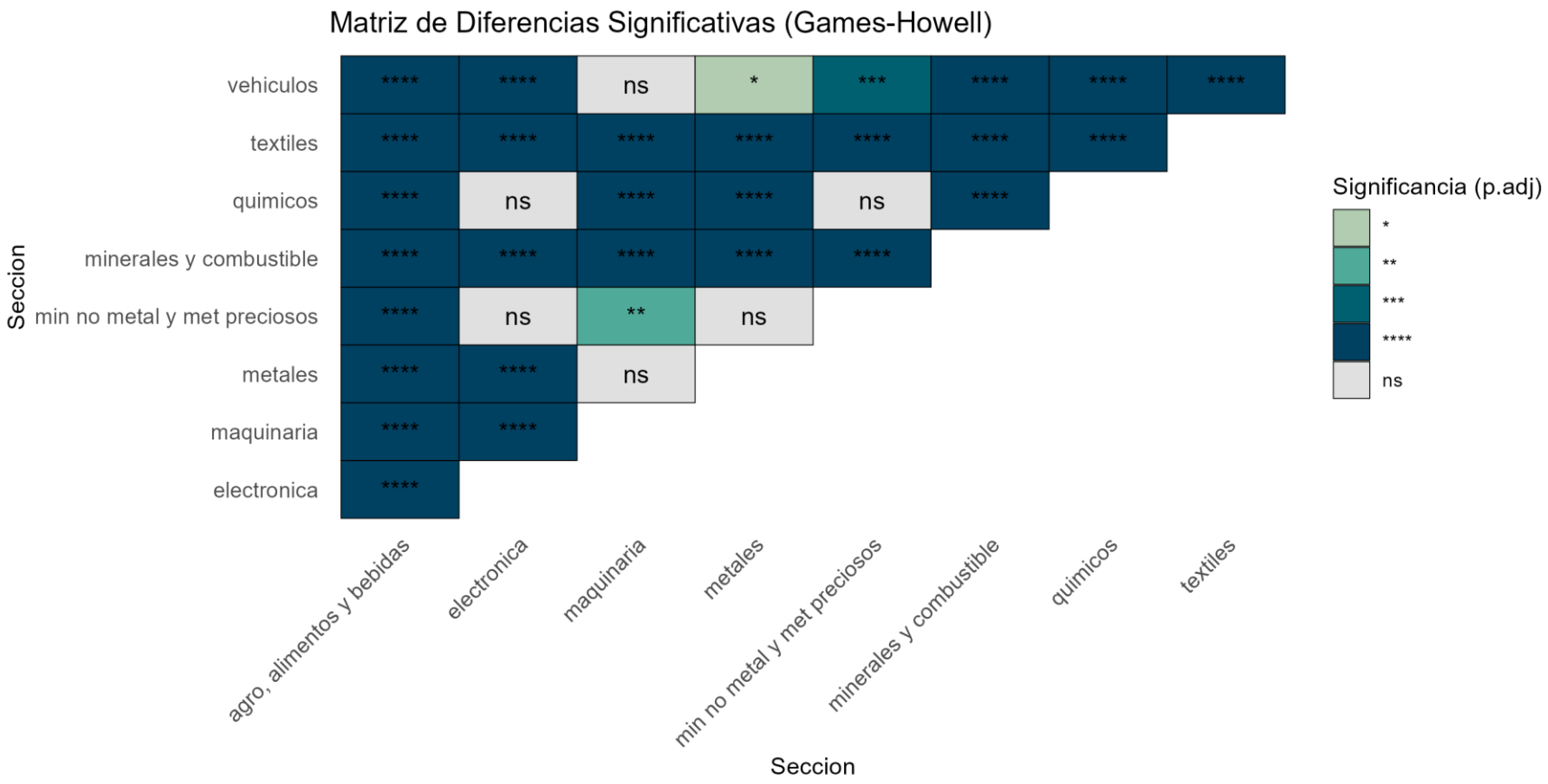
```
--- ANOVA DE WELCH (Robusto ante heterogeneidad) ---

        One-way analysis of means (not assuming equal variances)

data:  centralidad and seccion_f
F = 198.19, num df = 8.0, denom df = 1446.1, p-value <
0.00000000000000022
```

Se **rechazó Ho** (Existe diferencia significativa en Centralidad por Sector).

Avanzamos con análisis post_hoc para cuantificar y visualizar los resultados.

4. Análisis Post-Hoc (Games-Howell)

Objeto de estudio --> **CENTRALIDAD x SECCION**



5. Test de Hipótesis
Modelo de Regresión Lineal Múltiple

- Hipótesis: Presentación de Modelo

  Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios

- Verificación de supuestos

  Multicolinealidad
  Heterocedasticidad

- Resultados y Visualización

5. Modelo de Regresion Lineal (MCO)

Objeto de estudio --> **POTENCIALIDAD**

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + C_1 + C_2$$

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_1 + \hat{\beta}_2 X_2 + \hat{\alpha}_1 C_1 + \hat{\alpha}_2 C_2 + \mu$$

```
# HIPÓTESIS C:
# Y = Potencialidad (Winsorizada)
# X1 = Complejidad Producto (Winsorizada)
# X2 = Distancia
# Control 1 = Tamaño de Mercado (Log FOB Mundial)
# Control 2 = Sector (Sección)
```

Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios

```
--- RESUMEN PRELIMINAR (MCO Clásico) ---
> print(summary(modelo_c))

Call:
lm(formula = formula_hipotesis_c, data = df_pot_transf)

Residuals:
     Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.36219 -0.06361 -0.00462  0.05692  0.76110

Coefficients:
                                 Estimate  Std. Error t value            Pr(>|t|)
(Intercept)                   -0.13428217  0.01883833  -7.128     0.00000000000102
complejidad_producto_win       0.19993145  0.00032551 614.208 < 0.0000000000000002
distancia                      0.18760488  0.01898665   9.881 < 0.0000000000000002
log_fob_mundial               -0.00306745  0.00013243 -23.162 < 0.0000000000000002
seccionelectronica             0.00007245  0.00134451   0.054              0.95702
seccionmaquinaria              0.03116950  0.00094874  32.853 < 0.0000000000000002
seccionmetales                 0.00684403  0.00100697   6.797     0.00000000001075
seccionmin no metal y met preciosos  0.00429619  0.00147316  2.916           0.00354
seccionminerales y combustible 0.04560105  0.00167337  27.251 < 0.0000000000000002
seccionquimicos                0.01530612  0.00086073  17.783 < 0.0000000000000002
secciontextiles               -0.06885337  0.00082887 -83.069 < 0.0000000000000002
seccionvehiculos               0.02828681  0.00172120  16.434 < 0.0000000000000002
```

Verificación de supuestos

```
(Intercept)                          ***
complejidad_producto_win             ***
distancia                            ***
log_fob_mundial                      ***
seccionelectronica
seccionmaquinaria                    ***
seccionmetales                       ***
seccionmin no metal y met preciosos  **
seccionminerales y combustible       ***
seccionquimicos                      ***
secciontextiles                      ***
seccionvehiculos                     ***
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 0.09201 on 127254 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8392,    Adjusted R-squared:  0.8392
F-statistic: 6.037e+04 on 11 and 127254 DF,  p-value: < 0.00000000000000022
```

5. Supuestos: Multicolinealidad y Heterocedasticidad

Objeto de estudio --> **POTENCIALIDAD**

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + C_1 + C_2$$

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_1 + \hat{\beta}_2 X_2 + \hat{\alpha}_1 C_1 + \hat{\alpha}_2 C_2 + \mu$$

```
# HIPÓTESIS C:
# Y = Potencialidad (Winsorizada)
# X1 = Complejidad Producto (Winsorizada)
# X2 = Distancia
# Control 1 = Tamaño de Mercado (Log FOB Mundial)
# Control 2 = Sector (Sección)
```

Ajuste con Test White y test t para cada variable (Ver tabla)

```
✅ CONFIRMA H1: A mayor complejidad, mayor potencialidad.
```

```
🔍 HALLAZGO (CONTRA-INTUITIVO): Relación POSITIVA y SIGNIFICATIVA.
   Interpretación: Los productos con mayor potencial estratégico son los más 'lejanos'.
```

Multicolinealidad

Control vía: DIAGNÓSTICO VIF (Factor de Inflación de Varianza)

```
complejidad_producto_win                distancia          log_fob_mundial
                1.519290                 1.022990                 1.095799
                 seccion
                1.648143
✅ Multicolinealidad bajo control.
```

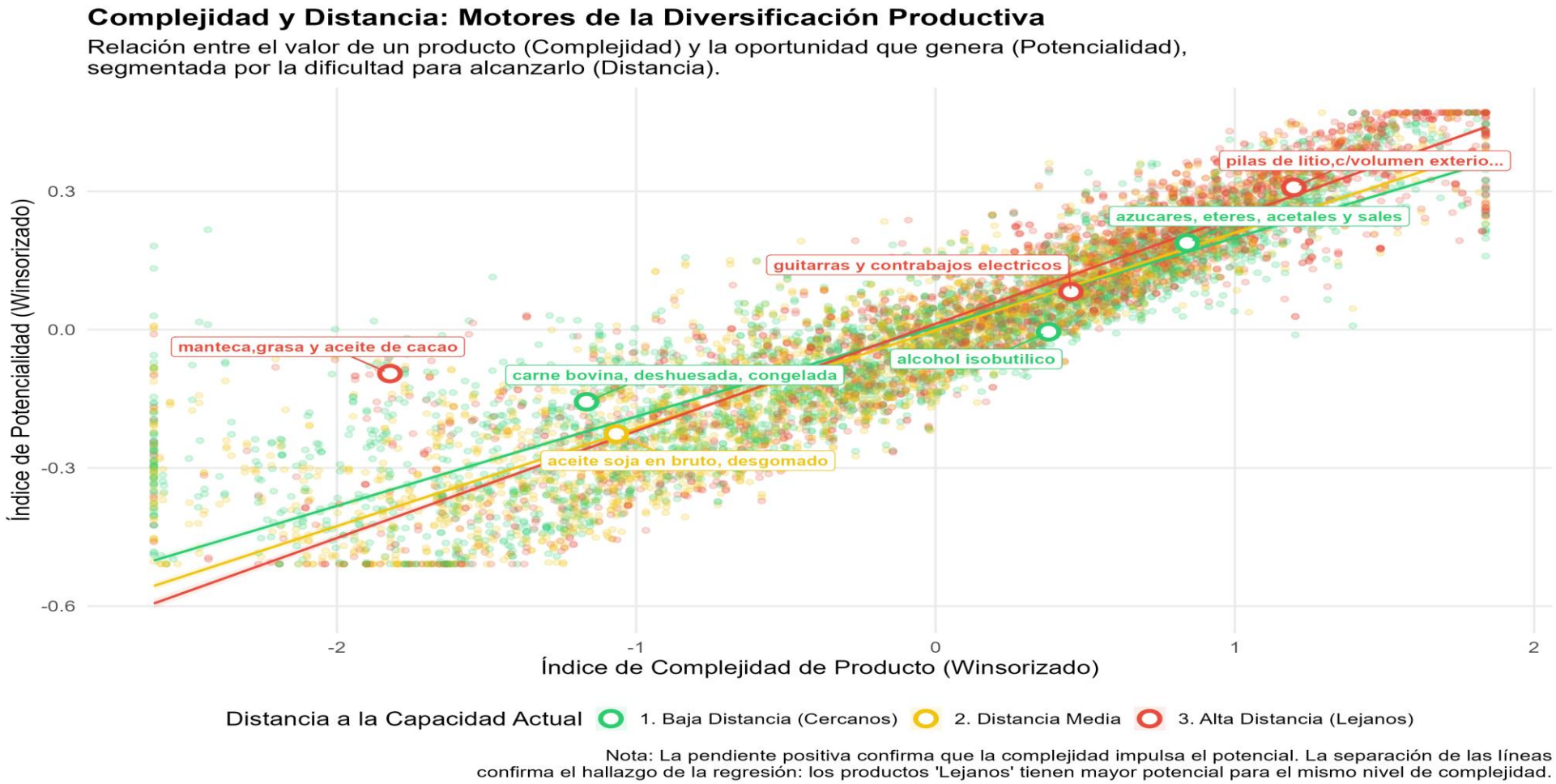
Heterocedasticidad

Control vía: Test de Breusch-Pagan

```
--- TEST DE BREUSCH-PAGAN ---
> print(bp_test)

        studentized Breusch-Pagan test

data:  modelo_c
BP = 11852, df = 11, p-value < 0.00000000000000022
```

```
✅ Se rechaza H0: Heterocedasticidad detectada.
🔍 CORRECCIÓN: Se utilizarán Errores Estándar Robustos (HC1) para la inferencia final.
```

5. Modelo de Regresion Lineal



6. Conclusiones

- Nuestros resultados **refutan** la hipótesis de que la **"lejanía" productiva** disminuye el valor de la oportunidad; por el contrario, la evidencia sugiere que la ganancia de **oportunidad estratégica** (opportunity gain) es una **función creciente de la distancia** a recorrer.

- El modelo econométrico planteado demuestra que la estructura de incentivos de la diversificación provincial presenta un **trade-off**: mientras que la complejidad garantiza valor agregado, las oportunidades de **mayor potencial** no se encuentran en la "zona de confort" de la baja distancia productiva, sino que **requieren saltos de capacidades significativos.**

- En pos de pensar un **desarrollo potencial** y la estructura de oportunidades actuales de cada provincia, resulta fundamental revisar las **posibilidades y estrategias**, y sus consecuentes **riesgos**. La política económica, debe **evitar fórmulas únicas**. En cambio, se vuelve crucial que cada provincia desarrolle una **hoja de ruta estratégica** basada en la **maximización de su propia función** de *opportunity gain* revelada. El análisis de complejidad debe ser la base para diseñar **paquetes de incentivos a medida** que promuevan los saltos específicos necesarios para su estructura productiva.

7. Futuras Lineas de Investigación

- Los resultados actuales, como el **trade-off entre Potencialidad y Distancia**, requieren una validación y profundización, especialmente en lo que respecta a la **inferencia causal**, que es inherentemente limitada en un análisis de corte transversal

- Incorporación de la **Dimensión Temporal (Datos de Panel)**: La estructura de corte transversal actual nos limita a observar las oportunidades en un solo punto en el tiempo. El análisis ganaría un valor sustancial si se migrara a una estructura donde se pudieran **observar las mismas provincias a lo largo del tiempo.** En esta línea, se podría realizar un análisis de **trayectorias de diversificación** estudiando cómo la Potencialidad (o la Centralidad) cambian en el tiempo. Esto permitiría estimar la Propensión de Largo Plazo (PLP) de la complejidad o distancia en el tiempo.

- Por último, se podría efectuar una **expansión del ANOVA y Comparaciones Múltiples**

El hallazgo de diferencias significativas en la centralidad por sección justifica un análisis más detallado Un ANOVA de Dos Factores (Two-Way ANOVA) podría ser utilizado para un análisis más exhaustivo incluyendo otra variable categórica de interés, como la Región Geográfica (considerando que provincia es una variable categórica disponible), y evaluar la interacción entre seccion y region. Esto respondería a la pregunta: "¿Varía el efecto sectorial (seccion) sobre la centralidad según la región de la provincia?"