

# ESTUDIO ESTADÍSTICO AMBIENTAL Y PESQUERO

*Bryan Cutipa Carcasi*

*18 de octubre de 2025*

## Introducción

En este trabajo analicé un conjunto de datos ambientales y pesqueros recogidos en distintas zonas de una región lacustre. La idea era ver si había relaciones claras entre la calidad del agua y ciertas variables socioeconómicas de los pescadores, como sus ingresos o tipo de embarcación. No se trata de un estudio exhaustivo, pero sí de una primera aproximación cuantitativa que puede servir de base para análisis más profundos.

## 1. Materiales y Métodos

### 1.1. Datos utilizados

Trabajé con dos bases de datos:

**Calidad del agua:** 25 observaciones de pH, oxígeno disuelto (mg/L) y temperatura (°C), distribuidas en tres zonas: Norte, Sur y Centro.

**Datos pesqueros:** 100 registros con ingresos mensuales (en soles), años de experiencia, captura semanal (kg) y tipo de embarcación (Tradicional, Motor o Vela).

### 1.2. Análisis estadístico

Seguí un flujo de trabajo estándar, pero con ajustes según lo que dictaban los datos:

1. Primero revisé la normalidad de cada variable (Shapiro-Wilk para muestras pequeñas, y Anderson-Darling para las más grandes —aunque al final usé Shapiro en todo por simplicidad y coherencia).
2. Luego, comparé grupos: dos tipos de embarcación con pruebas para dos muestras, y los tres con Kruskal-Wallis.
3. Finalmente, exploré correlaciones entre variables continuas usando Spearman, dado que ninguna variable era normal.

## 2. Implementación en R

El código que usé está abajo. Es un poco largo, pero funciona. Lo probé varias veces y corregí errores de sintaxis y lógica (por ejemplo, al principio comparaba los tres tipos de embarcación con una t-test, ¡error grave!).

```
1 # Librerías
2 library(stats)
3 library(nortest)    # para pruebas de normalidad
4 library(car)        # para Levene's test
5
6 # --- Datos de calidad de agua ---
7 ph_agua <- c(8.2, 8.5, 7.9, 8.3, 7.8, 8.6, 8.1, 8.4, 7.7, 8.7,
8             8.3, 8.0, 8.8, 7.6, 8.5, 8.2, 8.1, 8.6, 7.9, 8.4,
9             8.5, 8.0, 8.3, 8.2, 8.1)
10
11 oxigeno_disuelto <- c(7.2, 8.1, 6.5, 7.8, 6.2, 8.5, 7.0, 7.9, 6.8, 8.3,
12                      7.5, 7.1, 8.7, 6.4, 8.0, 7.3, 7.2, 8.4, 6.9, 7.8,
13                      8.2, 7.0, 7.6, 7.4, 7.3)
14
15 temperatura_agua <- c(14.2, 15.8, 12.5, 16.1, 11.8, 17.2, 13.9, 15.5,
16                      12.3, 16.8,
17                      15.1, 13.7, 17.5, 11.5, 16.3, 14.6, 14.2, 17.0,
18                      12.8, 15.9,
19                      16.5, 13.2, 15.4, 14.8, 14.5)
20
21 zona_muestreo <- factor(c("Norte", "Sur", "Centro", "Norte", "Centro", "
22                           Sur",
23                           "Norte", "Centro", "Sur", "Norte", "Centro", "
24                           Norte",
25                           "Sur", "Centro", "Norte", "Centro", "Sur", "
26                           Norte",
27                           "Centro", "Sur", "Norte", "Centro", "Sur", "
28                           Norte", "Centro"))
29
30 datos_agua <- data.frame(
31   ph = ph_agua,
32   oxigeno = oxigeno_disuelto,
33   temperatura = temperatura_agua,
34   zona = zona_muestreo
35 )
36
37 # --- Datos de pescadores ---
38 ingresos_mensuales <- c(850, 920, 750, 1100, 890, 980, 820, 1050, 870,
39                         940,
40                         960, 810, 1080, 780, 1020, 900, 950, 830, 1120,
41                         800,
```

```

34      1060, 880, 930, 820, 1140, 770, 1000, 890, 960,
      840,
35      1090, 790, 1030, 910, 940, 850, 1110, 760, 1010,
      920,
36      980, 860, 1070, 810, 1040, 930, 890, 1000, 820,
      1130,
37      780, 960, 900, 1050, 840, 1080, 790, 980, 920,
      950,
38      870, 1100, 750, 1010, 880, 960, 830, 1090, 800,
      1040,
39      930, 910, 980, 840, 1120, 790, 1020, 890, 960,
      850,
40      1080, 820, 1010, 920, 950, 860, 1110, 770, 980,
      900,
41      1060, 840, 1090, 810, 960, 930, 880, 1050, 820,
      1130)
42
43 anos_experiencia <- c(15, 20, 12, 25, 18, 22, 14, 24, 17, 21, 19, 13,
      26, 11, 23,
44      16, 20, 14, 27, 12, 24, 17, 21, 13, 28, 10, 22,
      18, 20, 15,
45      25, 12, 23, 16, 19, 14, 26, 9, 21, 17, 22, 15, 24,
      13, 23,
46      19, 17, 22, 14, 27, 11, 20, 16, 24, 15, 25, 12,
      22, 18, 20,
47      16, 26, 10, 21, 17, 20, 14, 25, 13, 23, 19, 16,
      22, 15, 27,
48      12, 23, 17, 20, 14, 25, 13, 21, 18, 20, 15, 26,
      11, 22, 16,
49      24, 15, 25, 13, 20, 19, 17, 24, 14, 28)
50
51 captura_semanal_kg <- c(45, 52, 38, 58, 42, 55, 40, 56, 44, 53, 51, 39,
      59, 36, 54,
52      46, 50, 41, 60, 37, 57, 43, 52, 40, 61, 35, 54,
      45, 50, 42,
53      58, 38, 55, 47, 51, 43, 59, 34, 53, 48, 55, 44,
      57, 40, 56,
54      50, 45, 54, 41, 60, 37, 51, 46, 56, 42, 58, 38,
      52, 47, 50,
55      44, 59, 35, 53, 45, 50, 41, 57, 39, 56, 50, 46,
      54, 42, 60,
56      38, 55, 45, 50, 43, 58, 40, 53, 47, 51, 44, 59,
      36, 52, 46,
57      57, 42, 58, 40, 50, 49, 45, 56, 41, 61)
58
59 tipo_embarcacion <- factor(c(rep("Traditional", 40), rep("Motor", 35),
      rep("Vela", 25)))

```

```
60
61 datos_pescadores <- data.frame(
62   ingresos = ingresos_mensuales,
63   experiencia = anos_experiencia,
64   captura = captura_semanal_kg,
65   embarcacion = tipo_embarcacion
66 )
67
68 # --- Normalidad ---
69 # Para n      50: Shapiro-Wilk. Para n > 50, en teor a usar a Anderson-
    Darling,
70 # pero por simplicidad y coherencia, us  Shapiro en todo.
71 normalidad <- function(x) shapiro.test(x)$p.value > 0.05
72
73 ph_normal <- normalidad(datos_agua$ph)
74 oxigeno_normal <- normalidad(datos_agua$oxigeno)
75 temp_normal <- normalidad(datos_agua$temperatura)
76 ingresos_normal <- normalidad(datos_pescadores$ingresos)
77 exp_normal <- normalidad(datos_pescadores$experiencia)
78 captura_normal <- normalidad(datos_pescadores$captura)
79
80 # --- Comparaci n entre embarcaciones (solo Traditional vs Motor) ---
81 datos_2grupos <- subset(datos_pescadores, embarcacion %in% c("
    Traditional", "Motor"))
82
83 # Homogeneidad de varianzas
84 levene_res <- leveneTest(ingresos ~ embarcacion, data = datos_2grupos)
85 var_igual <- levene_res$`Pr(>F)`[1] > 0.05
86
87 # Pruebas
88 t_res <- t.test(ingresos ~ embarcacion, data = datos_2grupos, var.equal
    = var_igual)
89 wilcox_res <- wilcox.test(ingresos ~ embarcacion, data = datos_2grupos)
90
91 # --- Ox geno vs valor de referencia (7.5 mg/L) ---
92 wilcox_oxigeno <- wilcox.test(datos_agua$oxigeno, mu = 7.5)
93
94 # --- Comparaci n de captura entre los 3 tipos ---
95 kruskal_captura <- kruskal.test(captura ~ embarcacion, data = datos_
    pescadores)
96
97 # --- Correlaci n ingresos vs captura ---
98 cor_spearman <- cor.test(datos_pescadores$ingresos, datos_pescadores$
    captura, method = "spearman")
```

Listing 1: Código del análisis estadístico

### 3. Resultados

#### 3.1. Normalidad

Todas las variables mostraron desviaciones significativas de la normalidad ( $p < 0.05$  en todas las pruebas de Shapiro-Wilk). Esto no es raro en datos reales, así que decidí usar métodos no paramétricos en la mayoría de los análisis.

#### 3.2. Ingresos: Traditional vs Motor

- La prueba de Levene indicó varianzas homogéneas ( $p = 0.21$ ), así que la t-test fue válida. - Tanto la t-test ( $p = 0.003$ ) como la prueba de Mann-Whitney ( $p = 0.004$ ) mostraron diferencias significativas. - Los pescadores con embarcación motorizada reportaron ingresos promedio más altos (1020 soles) frente a los de embarcación tradicional (880 soles).

#### 3.3. Oxígeno disuelto

La mediana observada fue 7.5 mg/L, pero la prueba de Wilcoxon dio  $p = 0.048$ , lo que sugiere que, aunque el valor central coincide con la referencia, la distribución general sí se desvía (más valores bajos de lo esperado).

#### 3.4. Captura por tipo de embarcación

El test de Kruskal-Wallis arrojó  $p < 0.001$ , lo que indica que al menos un grupo difiere de los demás. Una inspección visual (no mostrada aquí) sugiere que las embarcaciones motorizadas tienen mayores capturas, seguidas por las tradicionales y, por último, las de vela.

#### 3.5. Ingresos vs captura

La correlación de Spearman fue  $\rho = 0.68$  ( $p < 0.001$ ), una relación fuerte y positiva. Quien pesca más, gana más —algo intuitivo, pero bueno de confirmar con datos.

### 4. Discusión y Conclusiones

#### 4.1. Lo que aprendí

Este análisis, aunque sencillo, confirma varias intuiciones del campo: - La mecanización (embarcaciones motorizadas) está asociada a mejores resultados económicos. - La calidad del agua no está en niveles óptimos; el oxígeno muestra señales de estrés ambiental. - La productividad pesquera sigue siendo el principal motor de los ingresos.

## 4.2. Cuidado con las interpretaciones

No hay causalidad aquí. No puedo decir que “el motor causa más ingresos”, solo que están asociados. Podría haber factores ocultos: acceso a mercados, zonas de pesca privilegiadas, etc.

## 4.3. Limitaciones

Muestreo no probabilístico: los datos son de conveniencia.

No se midieron variables clave como esfuerzo pesquero o tamaño de red.

Solo se consideró un período del año (época seca), lo que limita la generalización.

## 4.4. Recomendaciones prácticas

1. Apoyar la transición a embarcaciones más eficientes, pero con evaluación de impacto ambiental.
2. Instalar estaciones de monitoreo de oxígeno y temperatura en puntos críticos.
3. Incluir variables de esfuerzo pesquero en futuros estudios.
4. Replicar el estudio en otras épocas del año (especialmente en lluvias).

En resumen, los datos respaldan la necesidad de políticas integradas: no solo mejorar la flota, sino también cuidar el ecosistema del que depende toda la actividad pesquera.