

El impacto de la Obligación de Desembarque de la UE en las estrategias de pesca de la flota de arrastre costera española

Santiago Arce Pilo

- Introducción
- Metodología
- Resultados y discusión
- Conclusiones

Section 1

Introducción

Introducción: Gestión pesquera

- “El proceso integrado de recolección de información, análisis, planificación, consulta, adopción de decisiones, asignación de recursos y formulación y ejecución, así como imposición cuando sea necesario, de reglamentos o normas que rijan las actividades pesqueras para asegurar la productividad de los recursos y la consecución de otros objetivos” (FAO,2002)



Introducción: Descarte pesquero

- Parte de la captura que se devuelve al mar, ya sea muerta o moribunda, en lugar de ser desembarcada.
- Puede ocurrir por varias razones:
 - Los ejemplares capturados no cumplen con la talla mínima legal.
 - La especie no tiene valor comercial.
 - Sobre cuota
 - Los pescadores priorizan especies de mayor valor económico.



Landing Obligation (Obligación de desembarque):

- Medida implementada por la Unión Europea dentro de la Política Pesquera Común (PPC).
- Introducida en 2015 de forma gradual (2016 para la especie objeto de estudio)
- Objetivo principal: reducir los descartes en la pesca y promover un aprovechamiento más responsable de los recursos marinos.
- Va dirigido:
 - Todas las capturas de especies sujetas a cuota deben ser desembarcadas, aunque no sean comercialmente valiosas o no cumplan la talla mínima.
 - Creación de una nueva categoría (BMS) sujeta a esta normativa y que no puede ser comercializada para consumo humano.

Introducción:Objetivos del estudio

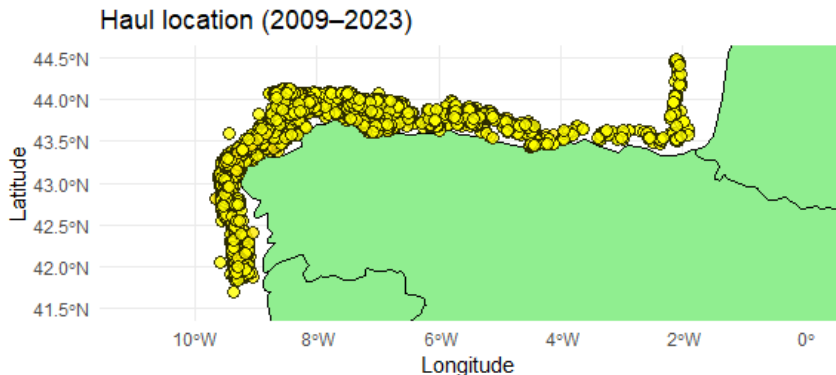
- Identificar el enfoque estadístico adecuado para modelar el proceso de descarte.
- Analizar los factores que influyen en el descarte.
- Evaluar el impacto de la Obligación de Desembarque.

Section 2

Metodología

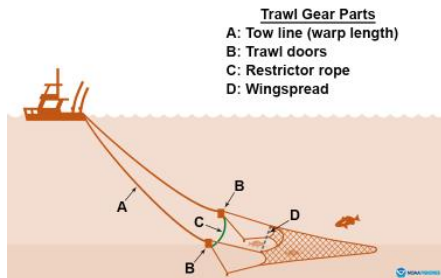
Materiales: Área de Estudio

- **Área de estudio:** Caladero nacional Cantábrico-Noroeste



Materiales: Diseño del Muestreo

- **Datos científicos del programa de muestreo de observadores a bordo** coordinado por el IEO-CSIC
- **Periodo:** 2009-2023
- **Diseño multietápico** (Buques → Mareas → Lances)
- **Métier: Baca**
 - Arte de arrastre dirigido a peces demersales
 - Especies objetivo: Jurel, Caballa, Gallo, Merluza
 - Baja selectividad → captura múltiples especies
- **Especie objeto de estudio :**
Merluza (*merluccius merluccius*)



- **Peso descartado:** fracción no retenida de las capturas.
- **Peso capturado:** peso de la biomasa capturada en la operación de pesca.
- **Unidad muestral:** Lance o operación de pesca.
- **Variables:**
 - **Medioambientales:** profundidad media, mes, hora, latitud y longitud
 - **Técnicas:** duración del lance, velocidad de pesca, distancia a la costa y código de barco.
 - **Poblacionales:** reclutamiento (ICES, 2024).
 - **Periodo:** divide los datos en dos secciones 2009-2015 y 2016-2023

Tasa de descarte

La **tasa de descarte** se define como:

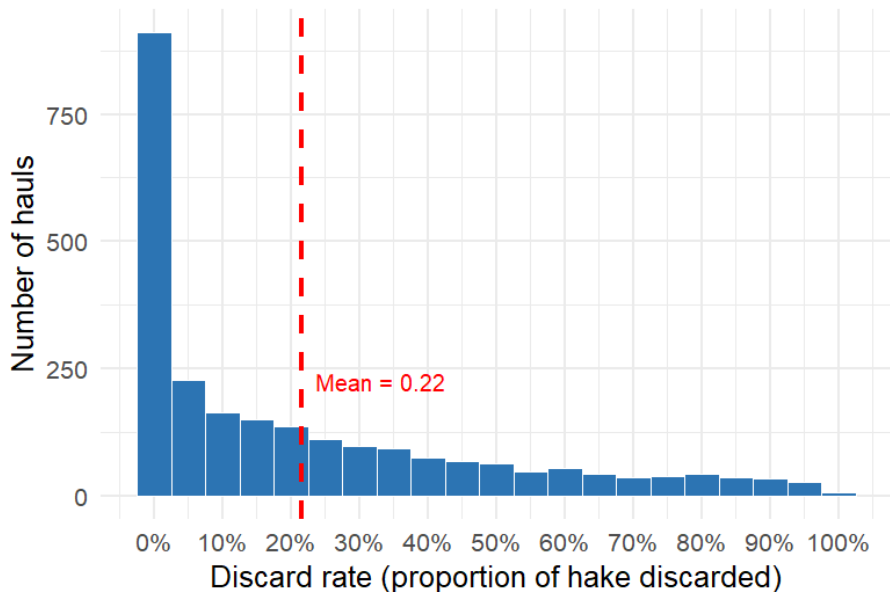
$$\text{Tasa de descarte} = \frac{\text{Peso descartado en kg}}{\text{Peso total capturado en kg}}$$

- Permite comparaciones entre embarcaciones y periodos.
- Adecuada para evaluar el efecto de políticas.
- Interpretación directa.

Características de los datos:

- Alta proporción de **ceros**: 35% de los lances sin captura
- Valores positivos en $(0, 1)$ cuando hay descarte.

Distribución de la tasa de descarte



Modelado en dos fases

- La tasa de descarte tiene muchos **ceros** (sin descarte) y valores positivos (con descarte).
- Un modelado directo puede ser inadecuado debido a esta **concentración de ceros**.

Idea: separar el proceso en dos componentes:

- ➊ **Probabilidad de que ocurra un descarte:** se modela si hay o no descarte (variable binaria).
- ➋ **Magnitud del descarte:** se modela la proporción descartada **solo cuando el descarte es positivo**.

Ventajas:

- Captura la estructura real de los datos.
- Permite usar distribuciones adecuadas en cada fase.
- Facilita la interpretación de los efectos de las variables explicativas.

1ª Fase: Probabilidad de descarte

- Se utiliza un **GAM con distribución Binomial**.
- **Variable dependiente:** ocurrencia de descarte

$$Y_i = \begin{cases} 0 & \text{sin descarte,} \\ 1 & \text{con descarte.} \end{cases}$$

$$Y_i \sim \text{Bernoulli}(p_i)$$

- **Modelo:**

$$\text{logit}(p_i) = \beta_0 + \sum_j f_j(X_{ij})$$

- p_i representa la probabilidad estimada de que $Y_i = 1$ (que haya descarte) en un lance, según las covariables.
- Captura la **presencia/ausencia de descarte** y permite interpretar los efectos de las covariables sobre la probabilidad de que ocurra.

2ª Fase: Proporción de descarte (solo si $Y_i = 1$)

- Se utiliza un **GAM con distribución Beta**.
- **Variable dependiente:** tasa de descarte positiva

$$Z_i = \frac{\text{Peso descartado}_i}{\text{Peso total capturado}_i}, \quad 0 < Z_i < 1$$

$$Z_i | Y_i = 1 \sim \text{Beta}(\mu_i, \phi)$$

- **Modelo:**

$$\text{logit}(\mu_i) = \gamma_0 + \sum_k g_k(X_{ik})$$

- Permite analizar la **magnitud del descarte** condicional a que haya ocurrido, usando una distribución adecuada para proporciones.

Evaluación del efecto de la Obligación de Desembarque

Se utiliza el **modelado en dos fases** incorporando la variable **Periodo**, definida como:

- **Periodo = 1** si los datos corresponden a 2016–2023 (post-LO)
- **Periodo = 0** si los datos corresponden a 2009–2015 (pre-LO)

- **1ª Fase: Probabilidad de descarte**

$$\text{logit}(p_i) = \beta_0 + \sum_j f_j(X_{ij}) + \delta \cdot \text{Periodo}_i + \sum_j f_j(X_{ij}) \cdot \text{Periodo}_i$$

- **2ª Fase: Proporción de descarte** (solo si $Y_i = 1$)

$$\text{logit}(\mu_i) = \gamma_0 + \sum_k g_k(X_{ik}) + \delta' \cdot \text{Periodo}_i + \sum_k g_k(X_{ik}) \cdot \text{Periodo}_i$$

- Así se pueden evaluar:

- δ, δ' : cambios globales entre periodos (efecto directo de la LO).
- $\sum f_j(X_{ij}) \cdot \text{Periodo}_i, \sum g_k(X_{ik}) \cdot \text{Periodo}_i$: cambios diferenciales de cada covariable antes y después de la LO.

Modelo inicial binomial

$$\begin{aligned}\text{logit}(p_i) = & \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Light} + s_1(\text{Haul_Duration}) \\ & + s_2(\text{Speed}) + s_3(\text{MeanDepth}) \\ & + s_4(\text{Recruitment}) + s_5(\text{DistanceCoast}) \\ & + s_6(\text{Month}) + s_7(\text{Hour}) + s_8(\text{Longitude, Latitude}) \\ & + b_1(\text{Vessel}) + b_2(\text{Home_Port})\end{aligned}$$

- Y_i : variable dependiente binaria (1 si hay descarte, 0 si no)
- β_0, β_1 : coeficientes paramétricos de efectos lineales
- $s_1, \dots, s_8$: funciones suaves de covariables continuas (splines penalizados)
- b_1, b_2 : efectos aleatorios para variables categóricas (Vessel, Home_Port)
- p_i : probabilidad de que ocurra un descarte

$$\begin{aligned}\text{logit}(\mu_i) = & \gamma_0 + \beta_1 \cdot \text{Light} \\ & + s_1(\text{Haul_Duration}) + s_2(\text{Speed}) + s_3(\text{MeanDepth}) \\ & + s_4(\text{Recruitment}) + s_5(\text{DistanceCoast}) \\ & + s_6(\text{Month}) + s_7(\text{Hour}) + s_8(\text{Longitude, Latitude}) \\ & + b_1(\text{Vessel}) + b_2(\text{Home_Port})\end{aligned}$$

- μ_i : proporción esperada de descarte
- Estructura de covariables idéntica a la fase binomial

Selección y validación de modelos

- Se parte de un **modelo saturado** con todas las covariables candidatas.
- **Selección** mediante AIC, BIC y significación, manteniendo coherencia ecológica.
- Revisión de **smooths** ($\text{edf} \approx 1 \rightarrow \text{lineal}$)
- Se revisa el **k-index**
- Se evalúa la **concurvity** (análoga a colinealidad) para descartar redundancias.
- Validación con **diagnósticos de residuos** y, en el modelo binomial, **ROC/AUC**.

Section 3

Resultados

Factores generales del descarte

El modelo final seleccionado para la probabilidad de descarte es:

$$\begin{aligned}\text{logit}(p_i) = & \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Haul Duration} + \\ & s_1(\text{Speed}) + s_2(\text{MeanDepth}) \\ & + s_3(\text{Recruitment}) + s_4(\text{DistanceCoast}) \\ & + s_5(\text{Month}) + s_6(\text{Hour}) + s_7(\text{Longitude, Latitude}) \\ & + b_1(\text{Vessel})\end{aligned}$$

El modelo seleccionado para la proporción descartada es:

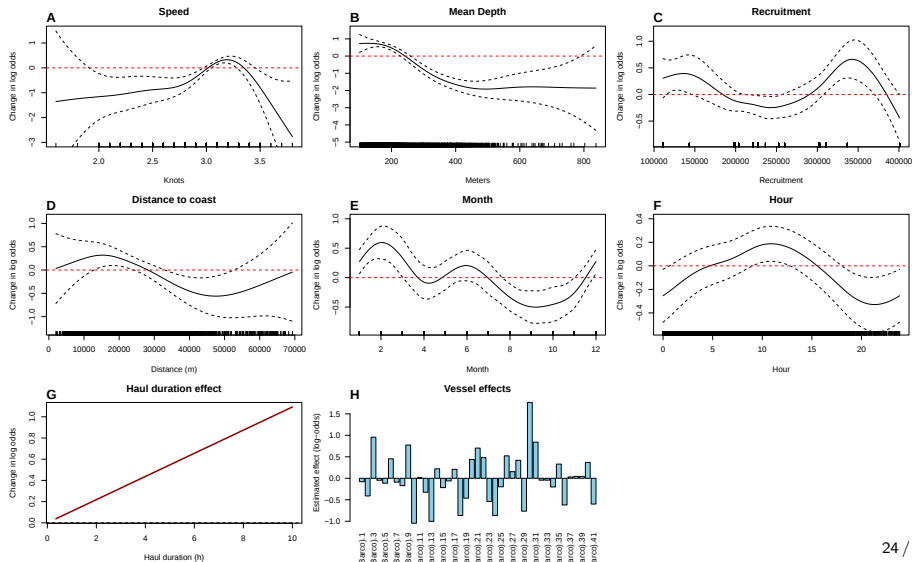
$$\begin{aligned}\text{logit}(\mu_i) = & \gamma_0 + \beta_1 \cdot \text{Haul duration} + \\ & \beta_2 \cdot \text{Distance to coast} + s_1(\text{Recruitment}) + s_2(\text{Month}) \\ & + s_3(\text{Hour}) + b_1(\text{Vessel})\end{aligned}$$

Factores generales: Comparación de modelos

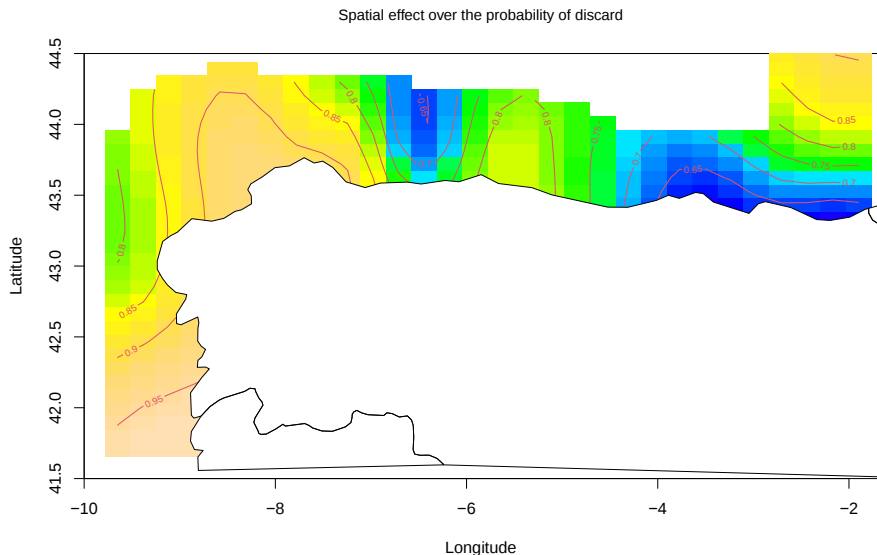
Métrica	Probabilidad (Binomial)	Proporción (Beta)
Grados de libertad	72.36	68.55
R-cuadrado ajustado	0.326	0.259
Desviación explicada	28.6%	32.4%
Tamaño de la muestra	2529	1665

Factores generales: Efectos sobre la probabilidad descartada.

Partial effects of the final GAM fit on discard probability

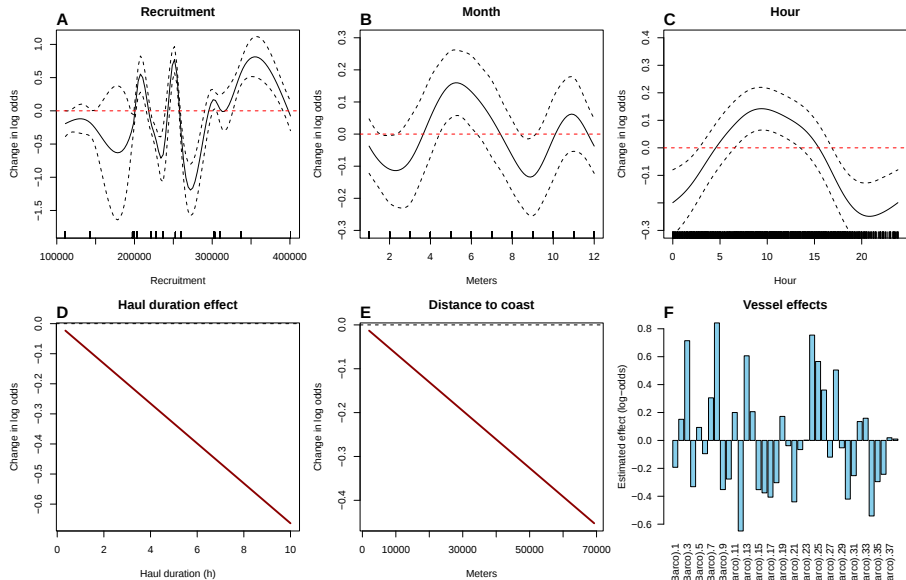


Factores generales: Efectos sobre la probabilidad descartada.



Factores generales: Efectos sobre la proporción descartada.

Partial effects of the final GAM fit on proportion discard



Efecto de la Landing Obligation: Rendimiento de los modelos

Métrica	Probabilidad por periodo (Binomial)	Proporción por periodo (Beta)
Grados de libertad	72.36	68.55
R-cuadrado ajustado	0.371	0.217
Desviación explicada	33.9%	26.6%
Tamaño de la muestra	2529	1665

Efecto de la Landing Obligation: Probabilidad de descarte

Significancia Estadística: Before vs After LO ($\alpha = 0.05$)

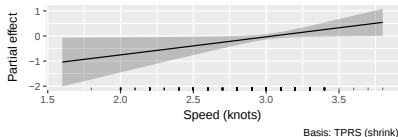
Componente Binomial – Términos Smooth

Variables	Período	
	Before LO	After LO
	Intercept (Before LO)	No significativo
	Period effect (After LO)	No significativo
	Haul duration	No significativo
	Distance to coast	No significativo
	Speed	Significativo
	Mean depth	Significativo
	Recruitment	No significativo
	Month	Significativo
	Hour	No significativo
	Spatial	No significativo

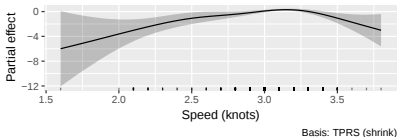
Resultado
No significativo
Significativo

Efecto de la Landing Obligation: Probabilidad de descarte

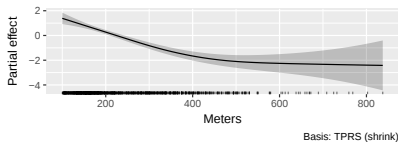
Speed – Before LO



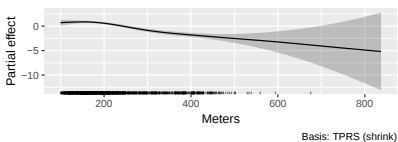
Speed – After LO



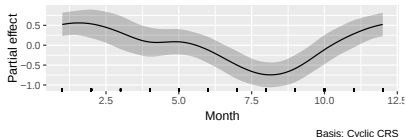
Depth – Before LO



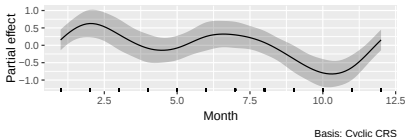
Depth – After LO



Month – Before LO



Month – After LO



Efecto de la Landing Obligation: Proporción descartada

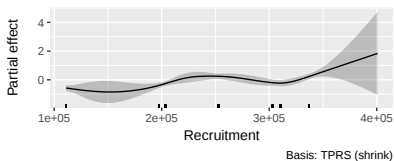
Significancia Estadística: Before vs After LO ($\alpha = 0.05$)

Componente Beta

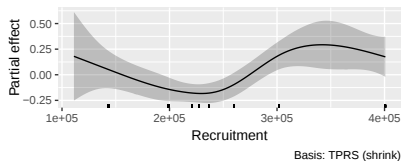
Variables	Período	
	Before LO	After LO
	Intercept (Before LO)	Significativo
	Period effect (After LO)	Significativo
	Haul duration	Significativo
	Distance to coast	Significativo
	Speed	No significativo
	Mean depth	No significativo
	Recruitment	Significativo
	Month	Significativo
	Hour	Significativo
	Spatial	No significativo
Resultado		
No significativo		
Significativo		

Efecto de la Landing Obligation: Proporción descartada

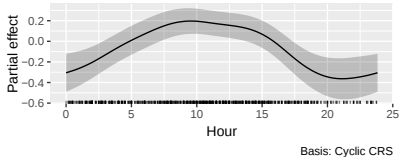
Recruitment – Before LO



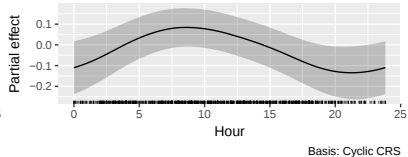
Recruitment – After LO



Hour – Before LO



Hour – After LO



Section 4

Discusión

Factores generales del descarte

- **Variables significativas distintas en cada fase:** apoya la necesidad de un modelo en dos fases.
- **Probabilidad de descarte:** más influenciada por variables medioambientales y poblacionales y menor sensibilidad a variables técnicas.
- **Proporción descartada:** limitada por un número menor de factores ,incluyendo técnicos.
- **Patrones Clave:**
 - Zonas poco profundas (Rías Baixas, Golfo Ártabro) son “hotspots” de concentración de juveniles
 - Temporalidad marcada: más descarte en invierno/primavera y en horas de mañana.
 - El reclutamiento es factor transversal que potencia ambos procesos.

- **Patrón general**

- No hay evidencia de cambios en probabilidad de descarte antes y después de la LO.
- **La proporción media descartada se reduce de un 44% a un 27% después de la normativa.**
- **Adaptación estratégica** de la flota
- **Prácticas más selectivas**

- **Cambios en los efectos de las variables:**

- **Variables ambientales**

- Menor peso de la posición espacial
- Profundidad: menor probabilidad a igual nivel
- Estacionalidad se refuerza (picos invierno/verano, mínimo otoño)

- **Variables técnicas**

- Velocidad: menor probabilidad post-LO
- Lances largos no implican mayor descarte en el periodo post-LO
- Distancia a costa: mayor segregación de riesgo

- **Capacidad de los modelos limitada:** La desviación explicada es reducida para la mayor parte de los modelos.
- **Gran parte de la variabilidad sigue sin explicarse:** Indicando que faltan factores relevantes no incluidos en el modelo.
- **Limitaciones de los datos:** falta de variables clave (variables biológicas, decisiones del patrón, más información de condiciones ambientales).
- **Trade-off del modelado:** añadir más variables o interacciones podría mejorar el ajuste, pero reduciría la interpretabilidad y utilidad para la gestión pesquera.

Section 5

Conclusiones

- **Capacidad explicativa moderada**

- Probabilidad de descarte: ~26 %
- Proporción descartada: ~29 %
- Aun así, los modelos aportan información relevante sobre los **factores clave**.

- **Validez del modelo en dos fases**

- Diferentes variables influyen en *probabilidad* y en *proporción*.
- Un único modelo no captaría bien estos procesos.

- **Efecto de la Obligación de Desembarque (LO)**

- La **probabilidad** de descarte se mantuvo estable.
- La **proporción** descartada disminuyó tras la LO.
- Los cambios fueron **graduales, no drásticos**.

- **Cambio en los predictores**

- Antes de la LO: predominan variables **ambientales y poblacionales**.
- Después de la LO: ganan peso las **variables técnicas**, reflejando ajustes operativos.

¡Gracias por su atención!

Trabajo Fin de Máster

Máster en Técnicas Estadísticas

Universidad de Vigo

Santiago Arce Pilo

Preguntas y comentarios son bienvenidos