

Marín-Vargas Y. & R. López-Ortiz, Microplastics and Fisheries in Puerto Rico, presented to the Caribbean Fishery Management Council 184th public hybrid meeting, at The Courtyard by Marriott Isla Verde Beach Resort, Carolina, Puerto Rico. April 23, 2024, 11:45 a.m. – 12 p.m.

# MICROPLASTICS AND FISHERIES IN PUERTO RICO

Presented by:

**Yessenia Marín-Vargas, MS**

Recently graduated from the Inter-American University of Puerto Rico

&

**Ricardo López Ortiz, PhD**

Director

Division of Commercial Fisheries Research and Management, PRDNER

&

Designee CFMC Member, PR



RECINTO DE SAN GERMÁN  
UNIVERSIDAD  
**INTERAMERICANA**  
DE PUERTO RICO



GOVERNMENT OF PUERTO RICO  
DEPARTMENT OF NATURAL AND ENVIRONMENTAL RESOURCES



Comité:

Ricardo López Ortiz, Ph.D. (Director),  
Evelyn Cepeda Pérez, Ph.D. y  
Daniel Matos Caraballo, M. S.

Coordinación:

Wilma Montalvo Rivera, M. S.

## Objetivo general de este estudio

FISH ID: 25 RFW

DATE: 24-feb-2020

FISH SPECIES: *Lutjanus synagris*

TL	FL	SL	W
197	185		118

Location: Sta 240

SAMPLER: SEAMAP

Evaluar la presencia de partículas microplásticas (PMPs) en el sistema digestivo en peces de arrecifes de importancia comercial y recreativa en PR, mediante un análisis descriptivo de las muestras colectadas del 15 de octubre de 2019 al 24 de septiembre de 2020.

Foto de Verónica Seda

### Contenido gastrointestinal (CG)



### Tejido gastrointestinal (TG)



## Metodología

### Muestreo

- Los ejemplares fueron capturados en el este y el oeste de la plataforma insular de Puerto Rico.
- Las capturas fueron con los siguientes propósitos:
  - Comercial, por pescadores para vender a las pescaderías y en coordinación con Wilson Santiago (Contratista y enlace DRNA/CFMC).
  - Experimental, para investigación científica del DRNA
    - Coordinado con Verónica Seda, Bióloga del DRNA, bajo el “Southeast Area Monitoring and Assessment Program” (SEAMAP)
- Se recolectaron en:
  - Otoño: septiembre, octubre de 2019
  - Invierno: noviembre de 2019 y febrero de 2020
  - Verano: junio, julio, agosto de 2020



## Metodología



## Procedimiento de extracción de las PMPs

- Cada sistema gastrointestinal (SG) fue disectado
  - El contenido gastrointestinal (CG) fue observado con un microscopio digital; con esta cámara se le tomó una fotografía digital a cada microplástico encontrado.
  - El Tracto (tejido) gastrointestinal (TG) se examinó en un microscopio óptico “American Optical Corp”, Modelo 41.
- Extracción mediante el método de Lirio J. Sánchez (2018), modificado.

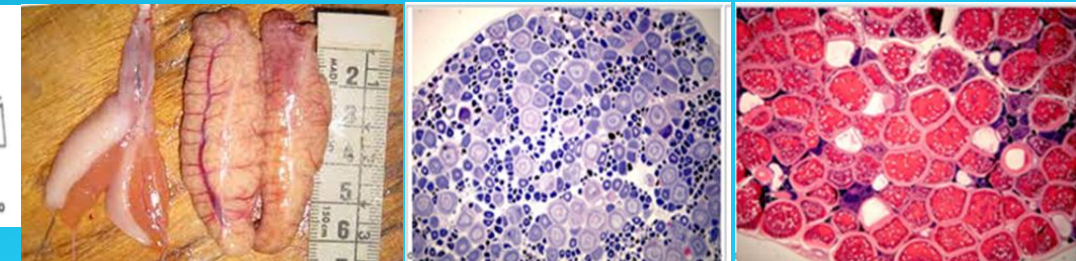
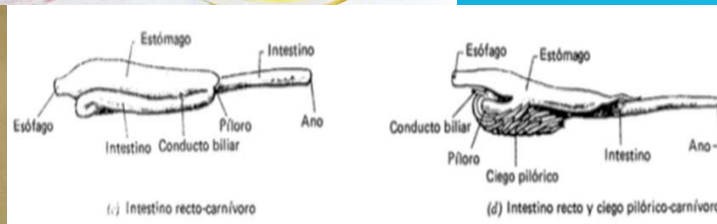
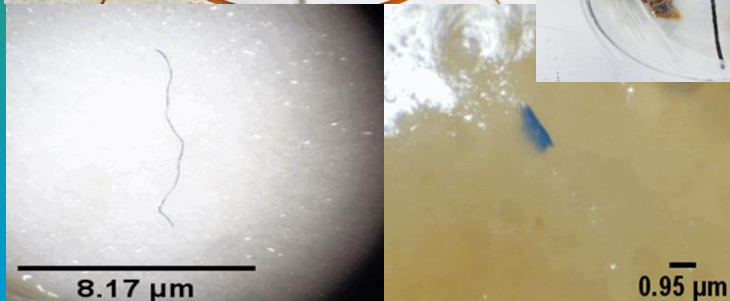
## Variables de las PMPs

- Se registró la cantidad, el color, la forma (fragmento o fibra) y la longitud de cada PMP, además de la proporción de peces contaminados con PMPs, tanto en el CG como en el TG

## Variables biométricas

- Peso y largo de los SG
- Peso de gónadas
- Determinación de sexo y etapa gonadal
  - Visual
  - Con microscopía

Por lo limitado del tiempo para esta presentación, solo se mostrarán aquellos resultados que fueron estadísticamente significativos.



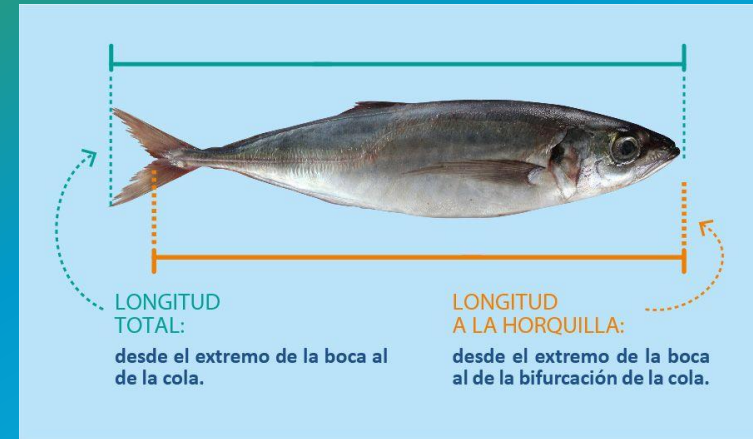
## Metodología

# Variables morfométricas y ambientales

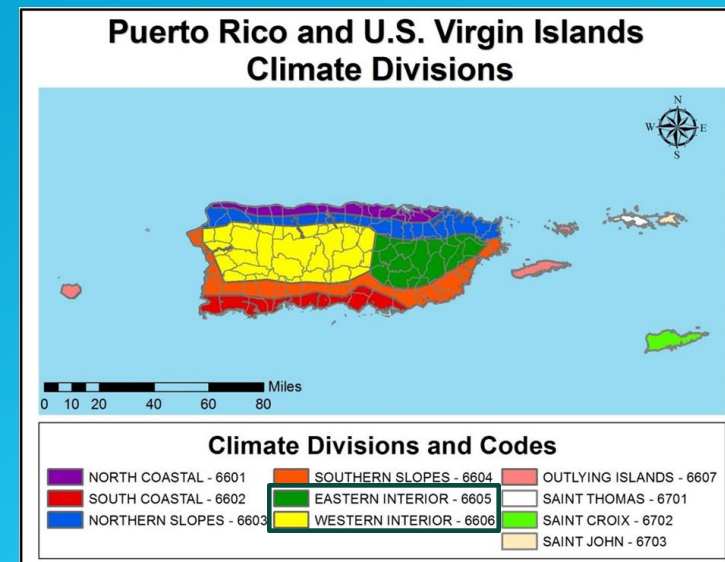
- La longitud se determinó con un ictiómetro al milímetro mas cercano para:
  - Largo total (LT),
  - Largo de horquilla (LH)
- El peso total (PT) se midió en gramos con una balanza Ohaus.



<https://in.all.biz/compact-weighing-scale-g36055>



<https://www.grupopesquero.com/tallas-minimas-de-peces/>



## Metodología

## VARIABLES ECOLÓGICAS

### Perfiles de hábitat

- Manglares
- Corales
- Bahías
- Bosques de Gorgonias
- Estuarios
- Lagunas
- Lodos marinos
- Pastos marinos
- Playas

### Salinidad

- Marina
- Salobre
- Agua dulce

### Fondos marinos

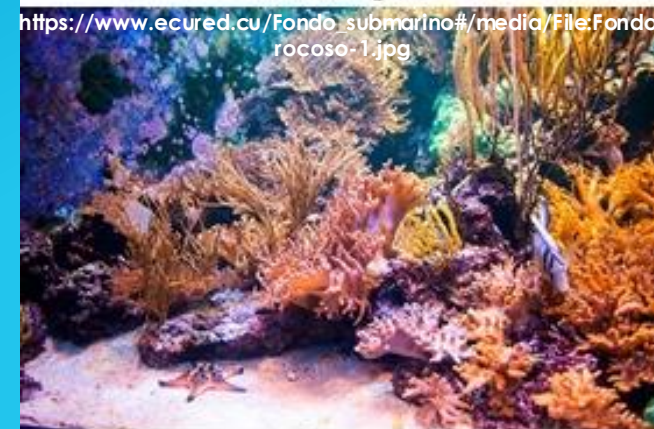
- (Fernández, 2020)
- Fondos arenoso blando
  - Fondo fangoso
  - Fondo duro (rocoso)



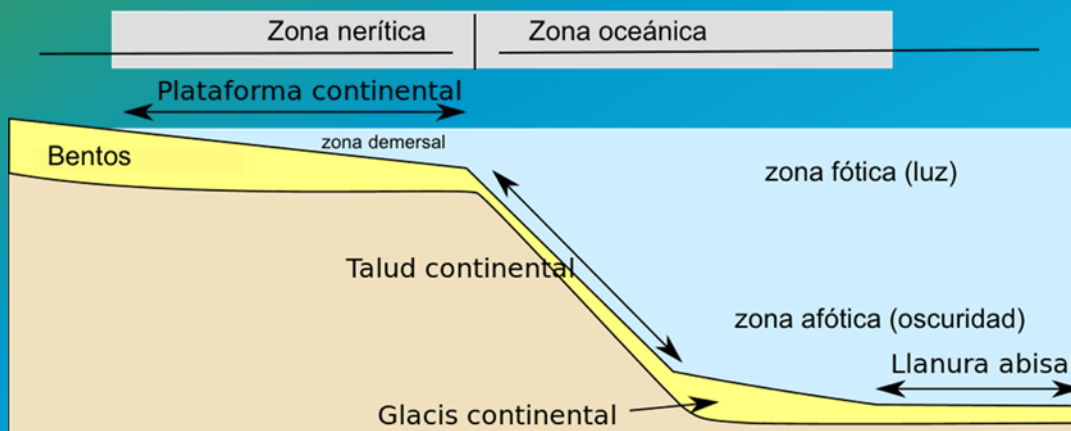
Fondo arenoso



Fondo fangoso



Fondo rocoso



### Zonas batimétricas

• Superficie y columna

• Bénticas

## Metodología

# Variables Taxonómicas y de pesquerías

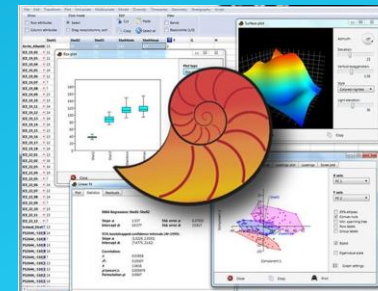
### Artes de Pesca según el Reglamento de Pesca de Puerto Rico (7949)

- Arpón
- Caña de pescar
- Carrete de mano, cordel o mica de fondo
- Palangre



## Análisis de datos

- Estadísticas descriptivas
- Estadísticas comparativas
- Estadísticas asociativas
- El error alfa fue igual a un 5%.
- Se ejecutaron usando el programa Past®

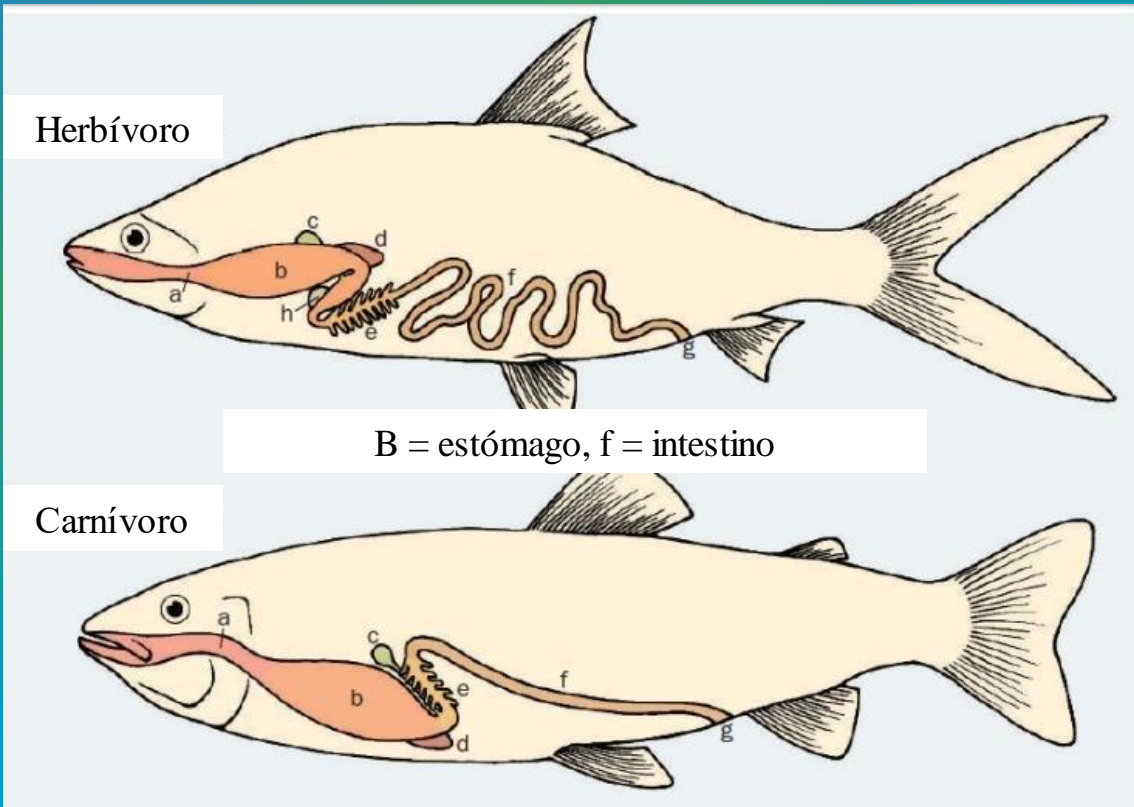


## Resultados

### Variables biométricas

#### **Peso y largo del SG y su relación con la cantidad de PMP**

- No hubo diferencia al comparar los pesos o las longitudes, de los SG, entre las cantidades de PMP en el CG o el TG. En la comparación de los pesos y longitudes del SG con las cantidades de PMP en TG y CG, sólo se encontró correlación débil significativa entre el peso con las cantidades de PMP en el ( $r = 0.283$ ,  $p = 0.0270$ ).



### Variables de microplásticos: cantidades y longitudes

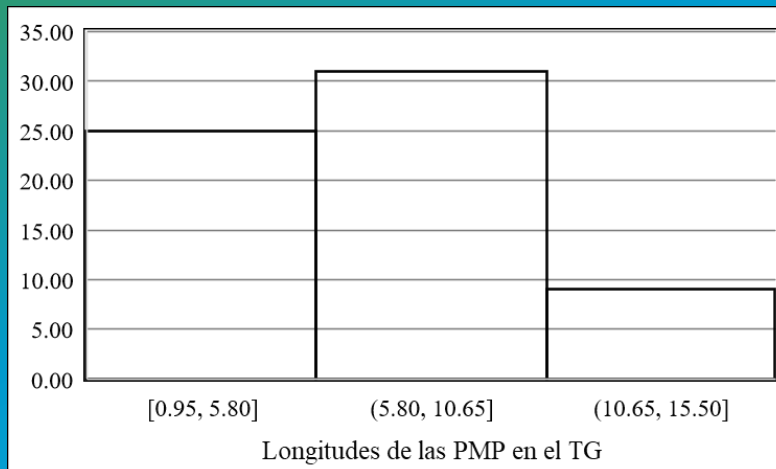
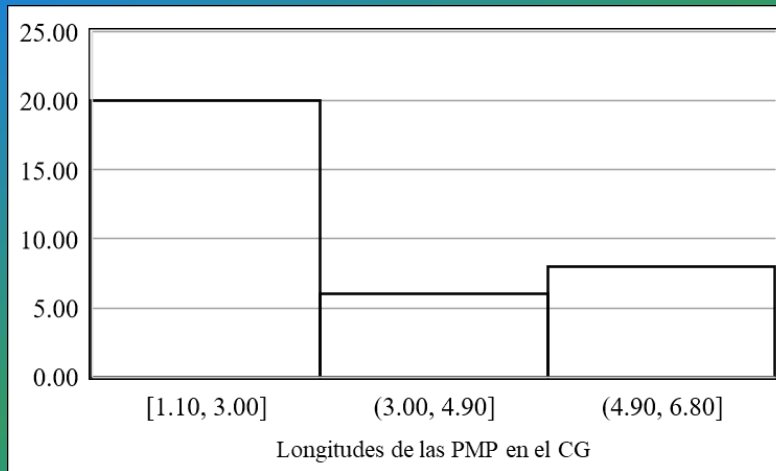
- Todos las PMP fueron detectadas en el estómago; ninguna en el intestino y no se detectaron partículas mesoplásticas.
- En el CG se detectaron 35 PMP en 21 de 61 peces muestreados.
  - 34% de los peces contaminados
  - 1.7 PMP por pez contaminado
- En el TG fueron 80 PMP en 45 de 77 peces.
  - 58% de los peces contaminados
  - 1.8 PMP por pez contaminado
- El promedio de PMP en el CG fue significativamente menor que en el TG (Prueba de t-pareada:  $t = -2.724$ ,  $gl = 60$ ,  $p = 0.00842$ ).

**Muestra total de 77 peces pertenecientes a 13 especies.**

## Resultados

### Variables de Microplásticos: longitudes

Las longitudes de las PMP en el CG y el TG correlacionaron, débil pero significativamente (Correlación de Pearson:  $r = 0.564$ ,  $p = 0.0283$ ,  $N = 15$ ).

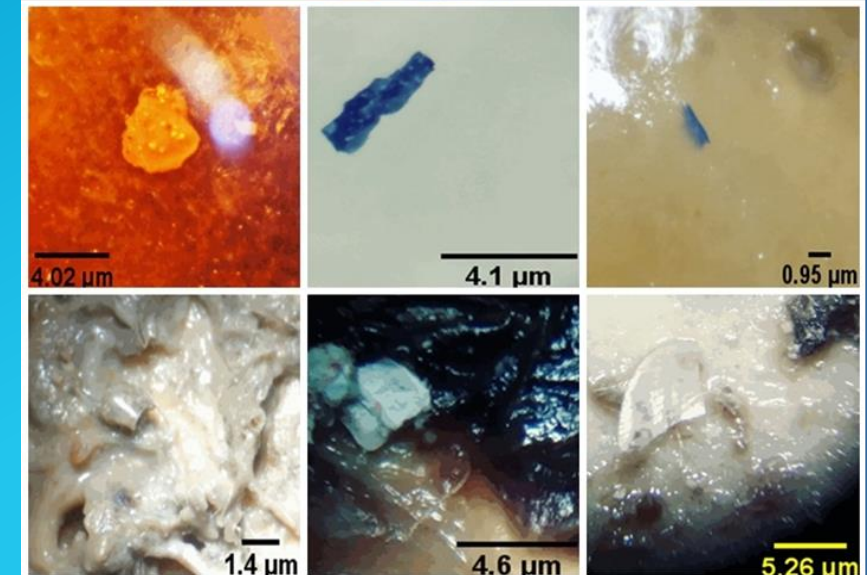
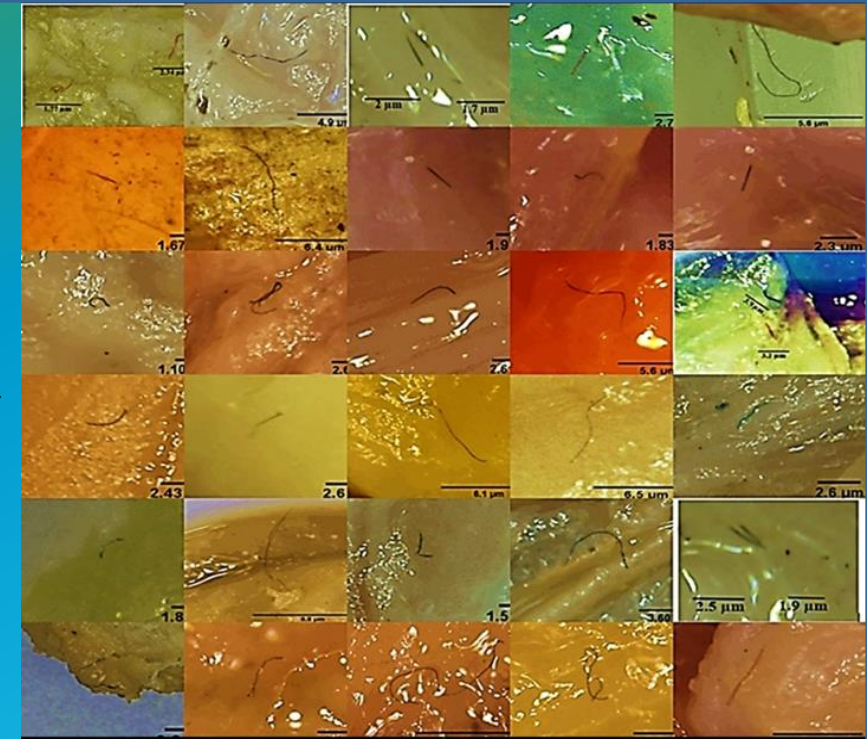


### Variables de Microplásticos: Formas

microhilos

- En el CG, las 35 PMP tenían forma de microhilos.
- En el TG, se detectaron microhilos (74 PMP o 92.5%) y microfragmentos (6 PMP o 7.5%).
- En la submuestra para la comparación pareada se encontró sólo un PMP en forma de microfragmentos, en el TG de un sólo pez, por lo tanto, esta forma no se pudo comparar.

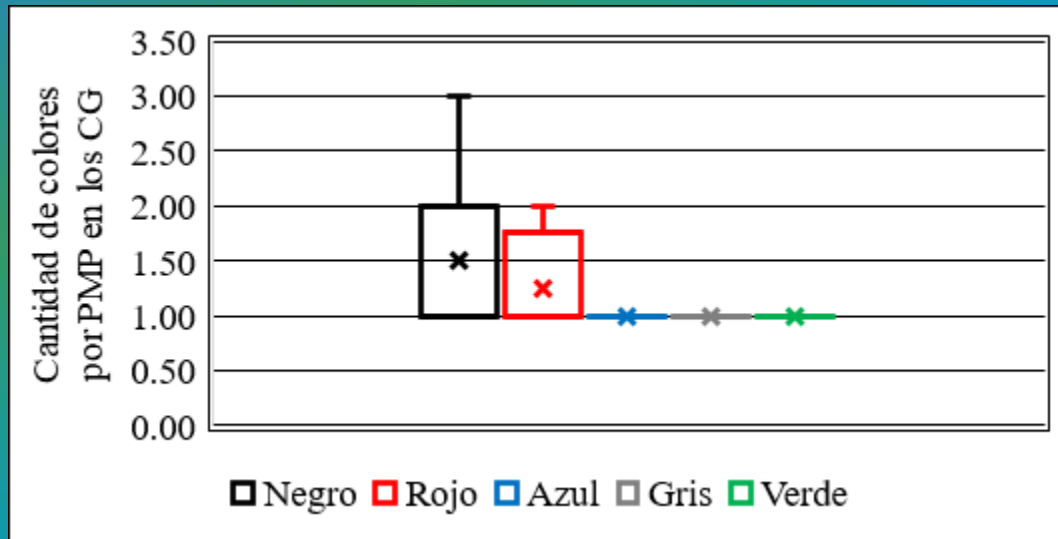
microfragmentos



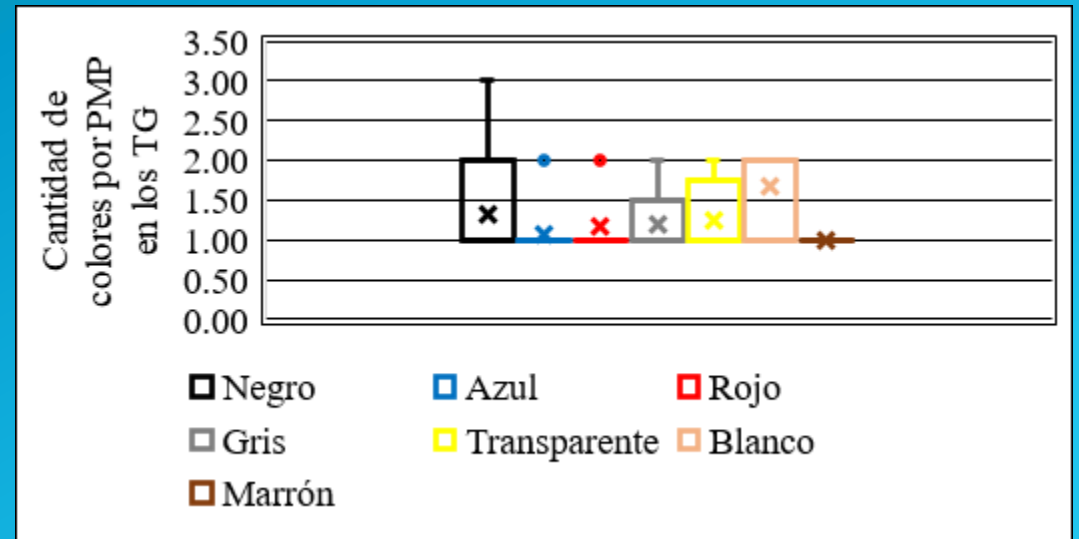
## Resultados

### Variables de microplásticos: colores

En el CG, de las 35 PMP, 27 (77%)  
fueron negras



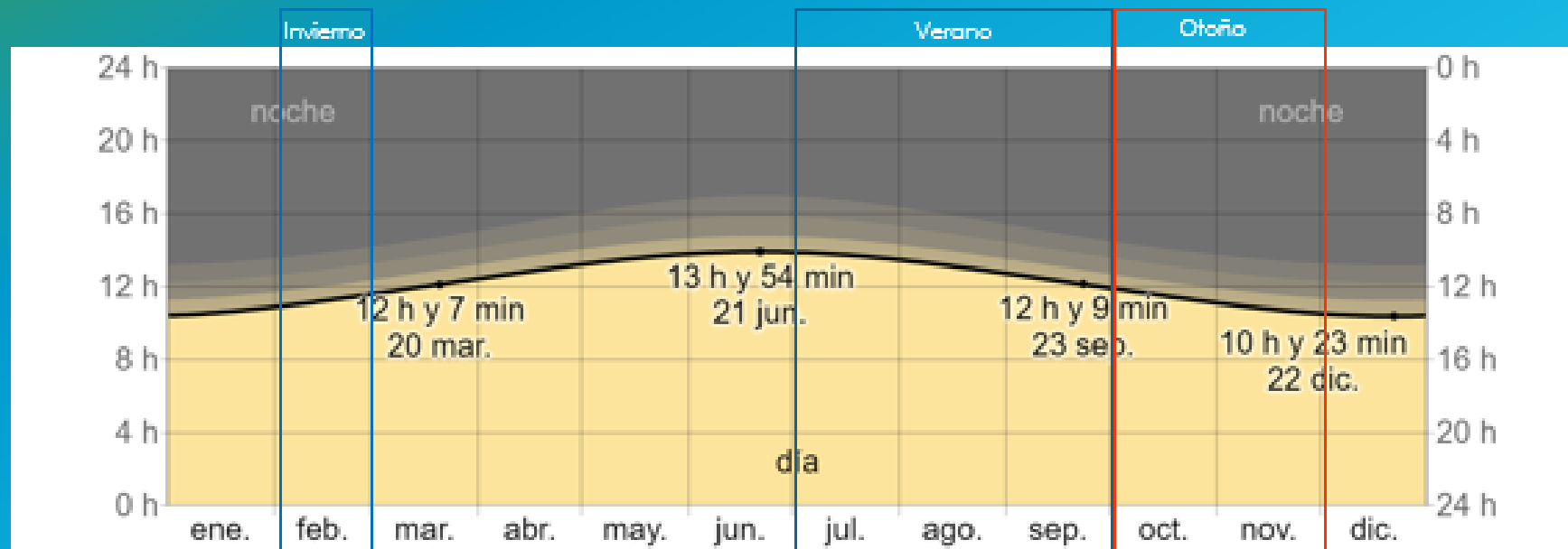
En el TG, de las 80 PMP, 33 (41%)  
fueron negras



## Resultados

### Variables Climáticas: Estaciones del año y longitudes de las PMP

No se detectó diferencia significativa en la longitud de las PMP en los CG, entre el verano y el invierno. Sin embargo, se detectó una menor longitud promedio de las PMP en los TG de las muestras colectadas en otoño ( $\bar{x} = 4.678 \pm 0.869\mu\text{m}$ ,  $n = 15$ ), en comparación con las colectadas en verano ( $\bar{x} = 7.436 \pm 0.540\mu\text{m}$ ,  $n = 34$ ), y en el invierno ( $\bar{x} = 7.182 \pm 0.557\mu\text{m}$ ,  $n = 31$ ; Prueba de Kruskal – Wallis:  $H = 10.75$ ,  $p = 0.005$ ).



## Resultados

### Variables ecológicas: perfiles de hábitat

- ▶ La longitud de las PMPs encontradas en el TG de los peces que frecuentan **las áreas arenosas** ( $\bar{x} = 7.717 \pm 0.470 \mu\text{m}$ ,  $n = 35$ ) fue mayor que en las especies que no lo hacen ( $\bar{x} = 6.123 \pm 0.525 \mu\text{m}$ ,  $n = 45$ ; Prueba U de Mann –Whitney: **U = 515.5, p = 0.0085**). **No hubo diferencias en el CG.**
- ▶ También, la longitud encontrada en el TG de los peces que frecuentan **las bahías** ( $\bar{x} = 7.574 \pm 0.506 \mu\text{m}$ ,  $n = 28$ ) fue mayor que en las que no lo hacen ( $\bar{x} = 6.424 \pm 0.482 \mu\text{m}$ ,  $n = 53$ ; Prueba U de Mann –Whitney: **U = 541, p = 0.046**).
- ▶ Para **los bosques de gorgonia**, hubo diferencia al comparar lo encontrado en el TG:
  - Menor proporción de peces con PMPs, en la especie que frecuenta este perfil (0/4 o 0%) que en los que no lo hacen (45/73 o 62%,  $n = 45$ ; **U = 56, p = 0.0161**).
  - Menor cantidad de peces con PMPs, que frecuenta este perfil ( $\bar{x} = 0.00 \pm 0.00$ ,  $n = 4$ ) en comparación con los que no lo hacen ( $\bar{x} = 1.096 \pm 0.135$ ,  $n=73$ ; **U = 56, p = 0.030**).
  - Cómo no hubo PMP en la especie que frecuenta este perfil, no se pudo comparar las medidas de longitud.
- ▶ Hubo diferencia en la proporción de peces con PMPs en el CG, entre los peces que frecuentan **los estuarios y lagunas** (13/26 o 50%) y los que no lo hacen (8/35 o 23%; Prueba U de Mann –Whitney: **U = 331.5, p = 0.029**).
- ▶ Sobre el perfil de **los lodos**, hubo diferencia al comparar lo encontrado en el CG:

Fuente	Frecuentan	Estadísticas descrip.	Prueba U de Mann -Whitney
Proporción	Si	5/7 o 71%	U = 110, p = 0.031
	No	16/54 o 30%	
Cantidad	Si	$\bar{x} = 1.143 \pm 0.404$ , $n = 7$	U = 110, p = 0.035
	No	$\bar{x} = 0.500 \pm 0.132$ , $n = 54$	
Long. de PMP	Si	$\bar{x} = 2.415 \pm 0.586 \mu\text{m}$ , $n = 8$	U = 45.5, p = 0.0148
	No	$\bar{x} = 3.604 \pm 0.322 \mu\text{m}$ , $n = 27$	



Como ejemplo, la bahía de Mayagüez

Foto de "Pa Donde Voy PR"



## Resultados

### VARIABLES ECOLÓGICAS: SALINIDAD

- Sólo hubo diferencia en longitud de las PMPs encontradas en el TG, entre los peces que frecuentan las aguas dulces ( $\bar{x} = 7.629 \pm 0.493\mu\text{m}$ ,  $n = 29$ ) y los que no lo hacen ( $\bar{x} = 6.361 \pm 0.498\mu\text{m}$ ,  $n = 51$ ,  $n = 45$ ; Prueba U de Mann –Whitney: **U = 523.5, p = 0.031**).



Canal Río Yagüez en Mayagüez  
<https://www.dma.pr.gov/historico/oficinas/am/fotos-de-los-proyectos-de-la-am/Canal%20Rio%20Yaguez%20en%20Mayaguez.JPG/view>

## Resultados

### VARIABLES ECOLÓGICAS: ZONAS BATIMÉTRICAS

- ▶ Entre las muestras obtenidas de peces que frecuentan las superficie y columna, hubo diferencia al comparar lo encontrado en el TG:

Variable	Frecuentan	Estadísticas descrip.	Prueba U de Mann - Whitney
Cantidad	Si	$\bar{x} = 1.615 \pm 0.349$ , n = 13	U = 276.00, p = 0.045
	No	$\bar{x} = 0.923 \pm 0.138$ , n = 64	
Long. de PMP	Si	$\bar{x} = 5.292 \pm 0.717\mu\text{m}$ , n = 21	U = 376.00, p = 0.0079
	No	$\bar{x} = 7.364 \pm 0.411\mu\text{m}$ , n = 59	

- ▶ Similarmente, al considerar zonas bénticas, hubo diferencia al comparar lo encontrado en el CG:

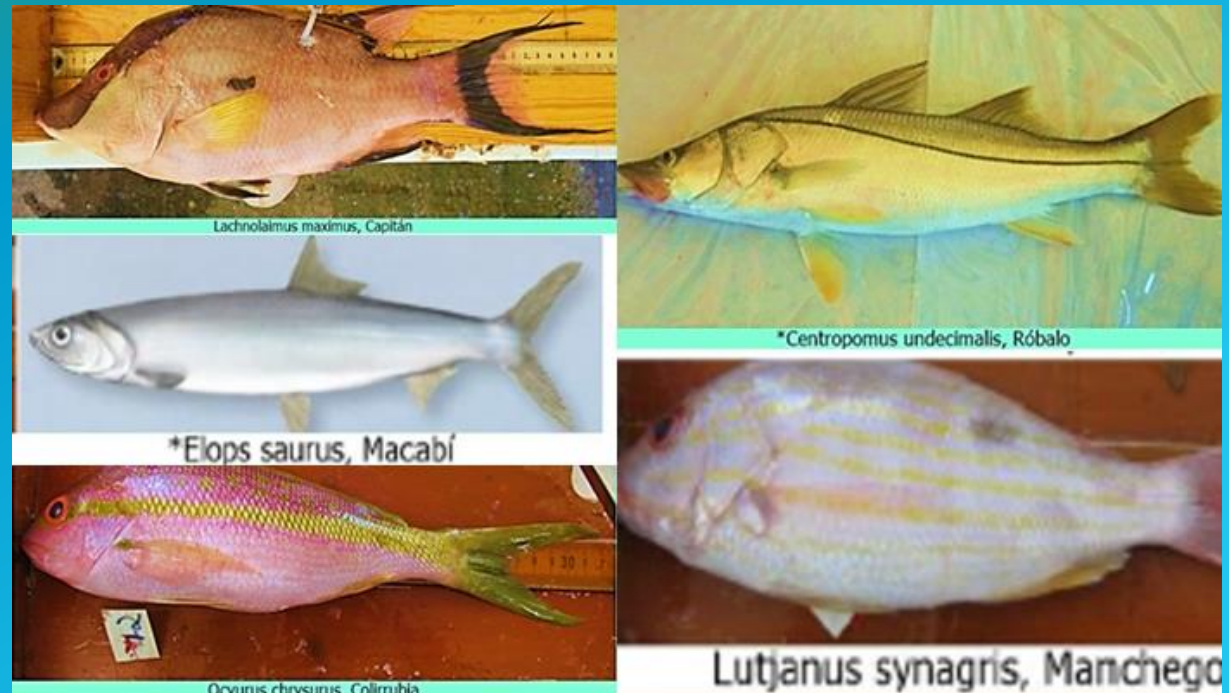
Variable	Frecuentan	Estadísticas descrip.	Prueba U de Mann - Whitney
Cantidad	Si	$\bar{x} = 0.908 \pm 0.136$ , n = 65	U = 227.5, p = 0.016
	No	$\bar{x} = 1.75 \pm 0.351$ , n = 12	
Long. de PMP	Si	$\bar{x} = 7.364 \pm 0.411\mu\text{m}$ , n = 59	U = 376.00, p = 0.0079
	No	$\bar{x} = 5.292 \pm 0.717\mu\text{m}$ , n = 21	

## Resultados

### Variables taxonómicas: especies de peces

- En el CG no hubo diferencias significativas.
- Hubo diferencias entre algunas de las proporciones de peces con TG contaminado por especie, Prueba de Kruskal Wallis: **H = 17.15, p = 0.030**.

Prueba de U de Mann-Whitney	<i>C. undecimalis</i>	<i>L. maximus</i>	<i>O. chrysurus</i>
<i>C. undecimalis</i>		p = 0.0065	
<i>L. maximus</i>	U = 10		p = 0.014
<i>O. chrysurus</i>		U = 6	



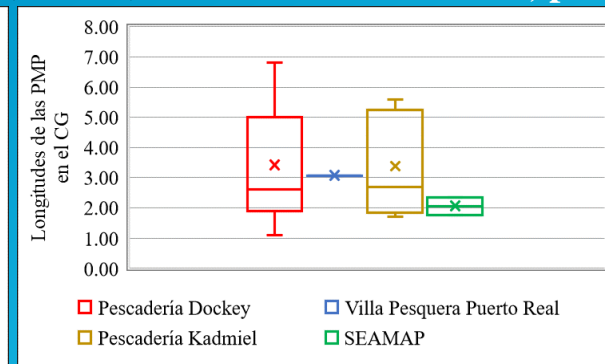
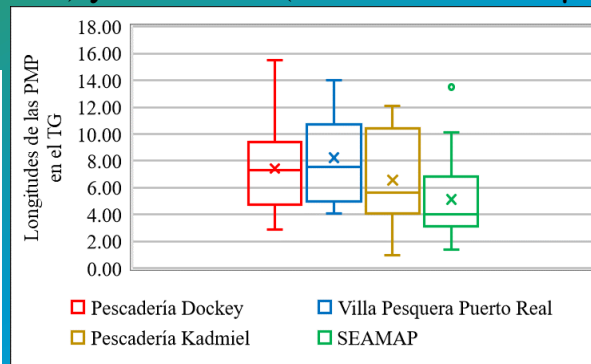
Para el análisis de PMPs en TG, las especie con mayor representatividad de muestra fueron el manchego o arrayado (*L. synagris*, n = 26, 46% contaminados), el róbalo (*C. undecimalis*, n = 20, 75%), la colirrubia (*O. chrysurus*, n = 12, 75%), el macabí (*E. saurus*, n= 6, 33%) y el capitán (*L. maximus*, n= 4, 0%).

## Resultados

### Variables pesquería: desembarcos y artes de pesca

Hubo diferencia en longitud de las PMP encontradas en el TG, entre los desembarcos en Villa Pesquera Puerto Real ( $\bar{x} = 7.429 \pm 0.482\mu\text{m}$ ,  $n = 39$ ), Pescadería Dockey ( $\bar{x} = 8.227 \pm 1.072\mu\text{m}$ ,  $n = 10$ ), Pescadería Kadmiel ( $\bar{x} = 6.565 \pm 1.187$ ,  $n = 10$ ) y SEAMAP ( $\bar{x} = 5.141 \pm 0.675\mu\text{m}$ ,  $n = 21$ ; Kruskal Wallis:  $H = 10.3$ ,  $p = 0.016$ ).

Prueba de U de Mann-Whitney	Villa Pesquera Dockey	Puerto Real	Pescadería Kadmiel	SEAMAP
Pescadería Dockey		0.50	0.46	<b>0.0033</b>
Villa Pesquera Puerto Real	167.5		0.27	<b>0.014</b>
Pescadería Kadmiel	165	35		0.31
SEAMAP	219.5	46.5	80.5	



Diferencia entre el promedio de la cantidad y longitud de las PMP encontradas en el TG según las artes de pescas.

Variable (TG)	Artes de Pescas	Estadísticas descrip.	Prueba de Kruskal Wallis
Proporción	caña de pescar	15 de 22 peces o 68%	$H = 6.32$ , $p = 0.034$
	cordeles	22 de 41 o 54%	
	palangre	8 de 10 o 80%	
	arpón	0 de 4 o 0%	
Longitud	caña de pescar	$\bar{x} = 7.798 \pm 0.585\mu\text{m}$ PMPs, $n = 24$ peces	$H = 12.08$ , $p = 0.00238$
	cordeles	$\bar{x} = 7.136 \pm 0.544\mu\text{m}$ , $n = 41$	
	palangre	$\bar{x} = 4.393 \pm 0.575\mu\text{m}$ , $n = 15$	
	arpón	N/A	

Como no hubo PMP en la pesca con arpón, no hubo medidas de PMP disponibles para comparar.

Diferencia entre las proporciones de peces con PMP encontrados en el TG entre las distintas artes de pescas (Prueba de U de Mann-Whitney)

	Arpón	Caña de pescar	Cordeles	Palangre
Arpón		$P = 0.014$	$P = 0.045$	$P = 0.011$
Caña de pescar	$U = 14$			
Cordeles	$U = 38$			
Palangre	$U = 4$			

Diferencia entre la longitud de las PMP encontrados en el TG, entre las distintas artes de pescas (Prueba de U de Mann-Whitney)

	Caña de pescar	Cordel	Palangre
Caña de pescar			$p = 0.00069$
Cordel			$P = 0.0057$
Palangre	$U = 62$	$U = 157.5$	

## Resultados

# VARIABLES PESQUERÍA: TIPOS Y TAMAÑOS DE ANZUELOS

En los CG no se detectó diferencias significativas en los tipos y tamaños de anzuelos en las longitudes.

En el TG de la pesca con anzuelos “J” y tamaño 10 se obtuvieron PMPs con mayor longitud.

Variable	Fuente	Tipos de anzuelo	Estadísticas descrip.	Prueba U de Mann Whitney
Longitud	TG	C	$\bar{x} = 4.63 \pm 0.588\mu\text{m}$ , n = 16	U = 258, p = 0.0023
		J	$\bar{x} = 7.37 \pm 0.411\mu\text{m}$ , n = 64	
Variable	Fuente	Tamaño de anzuelos	Estadísticas descrip.	Prueba de Kruskal Wallis
Longitud	TG	9/0*	$\bar{x} = 4.63 \pm 0.587\mu\text{m}$ , n = 16	H = 9.64, p = 0.0080
		9	$\bar{x} = 7.17 \pm 0.869\mu\text{m}$ , n = 20	
		10*	$\bar{x} = 7.46 \pm 0.456\mu\text{m}$ , n = 44	

\*En la pesca con tamaño 10 se obtuvo PMPs con mayor longitud que en la pesca con anzuelos de tamaño 9/0 (Prueba U de Mann Whitney: U = 159, p = 0.001289).

## **Conclusión**

### **Variables de las PMP**

- Primer registro de PMPs en los tractos digestivos de peces en PR y el Caribe, actualizando el nivel de alerta sobre estos contaminantes.
- Más del 50% de los peces bioacumuló PMPs (o sea las tenían incrustadas en el tejido gastrointestinal).
  - Comparable con lo reportado en el Canal de la Mancha, Ecuador, México, Turquía y Guatemala.
- Se detectaron PMPs en mayor cantidad en el TG que en el CG, lo que sugiere que la bioacumulación es persistente.
- Las PMPs bioacumuladas (o sea en TG) fueron en promedio el doble de largas que las ingeridas recientemente (o sea en CG), lo cual sugiere que las más pequeñas están menos tiempo detectables en el TG, ya sea porque penetran menos, o son rechazadas al ambiente o transferidas a otros tejidos más rápido.
- Las PMP detectadas fueron principalmente en forma de microhilos (microfilamentos y microfibras) similar los reportes encontrados.

### **Variables biométricas y morfométricas**

- La longitud de las PMP ingeridas recientemente y las bioacumuladas no fueron relacionada al sexo, etapa gonadal o tallas de peces.
- La gran diferencia de tamaños, entre los peces muestreados y las PMP, sugiere que las ingieren pasivamente, según entra el agua al sistema digestivo o indirectamente, por biomagnificación con presas contaminadas.

### **Variables ambientales**

- Las similitudes en las características de las PMP detectadas entre zonas y estaciones de mayor y menor precipitación fluvial, apunta a que estos contaminantes son ubicuos en el océano y su principal origen no necesariamente es endógeno a Puerto Rico.
- Las PMP encontradas en TG durante otoño fueron de menor longitud que las detectadas en verano e invierno, lo que coincide con el hundimiento de las aguas más densas durante las lluvias, teniendo el efecto contrario a las zonas de afloramiento.

## Conclusión

### Variables ecológicas, taxonómicas y de pesquerías

- La ingestión de PMP fue mayor en las especies que frecuentan los lodos, estuarios y lagunas lo cual puede estar relacionada al tamaño del grano, la deposición de los sedimentos y el dinamismo de las corrientes en estos hábitats, que causan una mayor exposición (y por más tiempo) de estos contaminantes a los peces y sus presas.
- A juzgar por la proporción de peces con bioacumulación, es posible que los Bosques de Gorgonias sean de los hábitats con menos exposición a las PMP, en comparación con los lodos, los estuarios y lagunas; probablemente por el dinamismo de las corrientes. Pero hay que tener cautela con esta inferencia, ya que la muestra de los peces que frecuentan los Bosques de Gorgonias fue de tan sólo de cuatro capitanes.
- La contaminación estuvo presente en peces que frecuentan aguas marinas, salobres y dulces, aunque la longitud promedio bioacumulada fue mayor en peces que frecuentan las aguas dulces en comparación con los que no lo hacen, probablemente se incluye aquí alguna influencia de partículas originadas en PR, menos desgastadas.
- No se encontró diferencias en las proporciones de peces con PMPs y las cantidades de estas, entre las zonas de desembarcos, consistente con que la exposición a los contaminantes es ubicua a estas especies.
- La hidrodinámica de nutrientes de las zonas de afloramiento usadas por el pescador comercial, en comparación con la pesca experimental en lugares aleatorios usados por SEAMAP, pudiera explicar porque:
  - Hubo más PMPs y estas eran de menor longitud, en el TG de las especies que frecuentan la superficie y columna de agua, en comparación con las especies que frecuentan las zonas bénticas.
  - Las PMP bioacumuladas tenían menos longitud en la pesca desembarcada por SEAMAP y los tipos de anzuelo “C” con tamaños 9/0, que la desembarcada en las Pescaderías y los anzuelos “J”, tamaño 10.
  - Se encontró que la longitud de las PMPs fue menor en las muestras de palangres que en la caña de pescar y el carrete.