

**Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (Incopesca)**  
**Departamento de Desarrollo e Investigación Pesquera (DDI)**

**Informe de Investigación.**

**EVALUACIÓN DE LOS PORCENTAJES DE EXCLUSIÓN DE FACA EN LA PESCA DE ARRASTRE DE LOS CAMARONES DE PROFUNDIDAD PINKY *Farfantepenaeus brevirostris* Y FIDEL *Solenocera agassizii* UTILIZANDO DIFERENTES TAMAÑOS DE LUCES DE MALLA, ADITAMENTOS (DEP'S, DET'S Y DOBLE RELINGA) Y OTRAS MEJORAS, EN EL OCÉANO PACÍFICO COSTARRICENSE.**

DOCUMENTO TÉCNICO N° 23.

Lic. Berny Marín Alpízar (Egresado Maestría)

Lic. Fernando Mejía Arana, M. Sc.

Lic. Bernald Pacheco Chaves, M. Sc.

Lic. Marcos González Rojas

Lic. Jesús Alfaro Rodríguez

Puntarenas, Enero 2019

## Contenido

1. RESUMEN.....	4
2. INTRODUCCIÓN.....	5
3. OBJETIVOS .....	7
3.1. Objetivo General:.....	7
3.2. Objetivos específicos: .....	7
4. ANTECEDENTES. ....	7
4.1. Requerimientos de la Sala Constitucional para reabrir la pesca de arrastre. ....	7
4.2. Requerimientos del Tribunal Contencioso Administrativo.....	7
4.3. Porcentajes de fauna acompañante del camarón (Faca) que se desecha por país. 8	
5. METODOLOGÍA .....	10
5.1. Contratación de embarcación y de personal calificado .....	10
5.2. Meta de Disminución de Faca. ....	11
5.3. Tipos de redes .....	11
5.4. Muestreo .....	19
5.4.1. Área de estudio.....	19
5.4.2. Toma de datos .....	20
5.4.3. Procedimiento abordó .....	21
5.4.4. Análisis de la información .....	22
5.4.6. Proporción sexual.....	25
5.4.7. Estructura de tallas.....	25
5.4.8. Porcentaje de individuos por encima y por debajo de la TPMS.....	26
5.4.9. Análisis de la Faca presente en pesca de arrastre de camarón pinky y fidel....	26
6. RESULTADOS.....	27
6.1. Resultados de los experimentos de reducción de Faca realizados en las pesquerías de camarón pinky.....	27
6.2. Resultados de los experimentos de reducción de Faca realizados en las pesquerías de camarón fidel.....	32
6.3. Análisis Estadístico a las medias de captura en la pesquería de camarón fidel. .	37
6.4. Análisis biométrico en Camarón pinky.....	38
6.4.1. Proporción Sexual .....	38
6.4.2. Estructura de tallas (según longitud total) .....	38
6.4.3. Porcentaje de individuos por encima y por debajo de la TPMS en pinky. ....	44

6.5.	Análisis biométrico en Camarón fidel.....	45
6.5.1.	Proporción Sexual .....	45
6.5.2.	Estructura de tallas (según longitud total) .....	46
6.5.3.	Porcentaje de individuos por encima y por debajo de la TPMS en fidel .....	51
6.6.	Análisis de la Faca de pesca de arrastre de camarón pinky .....	52
6.6.1.	Composición de la Faca en pesca de arrastre de camarón pinky por grupo ....	52
6.6.2.	Especies de Faca dominantes y frecuencia en la que fueron dominantes en pesca de arrastre de camarón pinky.....	53
6.6.3.	Especies de peces cartilaginosos dentro de la Faca de la pesca de arrastre de camarón pinky.....	54
6.6.4.	Especies de interés comercial en pesca de arrastre de camarón pinky .....	55
6.6.5.	Vulnerabilidad de las especies dominantes, de interés comercial y peces cartilaginosos en pesca de arrastre de camarón pinky .....	55
6.7.	Análisis de la Faca de pesca de arrastre de camarón fidel .....	56
6.7.1.	Composición de la Faca de la pesca de arrastre de camarón fidel .....	56
6.7.2.	Especies de Faca dominantes y frecuencia en la que fueron dominantes en pesca de arrastre de camarón fidel.....	58
6.7.3.	Especies de peces cartilaginosos dentro de la Faca de la pesca de arrastre de camarón fidel.....	58
6.7.4.	Especies de interés comercial en pesca de arrastre de camarón fidel .....	59
6.7.5.	Vulnerabilidad de las especies dominantes, de interés comercial y peces cartilaginosos en pesca de arrastre de camarón fidel .....	59
7.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	60
7.1.	Análisis de capturas. ....	60
7.2.	Proporción sexual y estructura de tallas.....	65
7.3.	Análisis de la Faca. ....	67
8.	RECOMENDACIONES.....	70
9.	BIBLIOGRAFÍA .....	73
10.	ANEXOS .....	80
10.1.	Anexo 1: Zonas con restricción para la pesquería de arrastre.....	80
10.2.	Anexo 2: Formularios utilizados para registrar los datos obtenidos durante la investigación. ....	84
10.3.	Anexo 3: Permisos de investigación otorgados a las embarcaciones participantes.....	88

## 1. RESUMEN

El Incopesca realizó una investigación entre octubre a diciembre del 2018, cuyo objetivo principal fue evaluar los porcentajes de exclusión de Faca en la pesquería de camarón pinky y fidel; se analizaron 4 tipos de redes con variantes tales como luces de malla (1,75 hasta 2,25 pulgadas), altura de la red, DEP ojo de pescado y malla cuadrada, DET (con distancias entre rejillas de 4 y 6 pulgadas) y doble relinga, respecto a la red tradicional o de control. Los muestreos incluyeron el análisis de la captura de la pesca objetivo y la incidental y se realizaron en caladeros usuales para las especies investigadas, con un total de 4 experimentos y 132 lances. Se analizó la captura de Faca para ambas especies de camarón y en el caso del pinky, la red del experimento 1, se logró una disminución de 66.5% con respecto a la red control y un aumento de 161% de captura de camarón (proporción camarón-Faca de 2,56); mientras para fidel, la misma red del experimento 1 presentó una disminución del 65,7% con respecto a la red control pero con un aumento del 26,7% de captura de camarón (proporción camarón-Faca de 1,26). Se analizó la estructura de tallas para pinky obteniéndose tallas para la red control entre los 92-207 mm y en las redes experimentales entre 98-207 mm; en el caso de fidel la red control las tallas fueron entre los 79-189 mm y en las redes experimentales entre 96-196 mm. Se analizó el porcentaje de individuos respecto a la TPMS obteniéndose que en general los machos de pinky estuvieron sobre la TPMS (83,2 mm), mientras que un porcentaje (4,2-10,2%) de las hembras se presentó bajo la TPMS (130,6 mm); para fidel las hembras se presentaron en 94% sobre la TPMS (112,6 mm). Se analizó la composición de la Faca en las capturas de pinky siendo los peces el grupo de mayor presencia (75,9%), seguido por crustáceos (23,4%); en el caso de la composición de la Faca en la pesca de fidel, los peces fueron el grupo de mayor presencia (60,9%), seguido por crustáceos (39,7%). Se concluye que la red experimental del experimento 1 capturó menos Faca que la de control, lo cual es ambientalmente relevante y por otro lado, pescó más camarón, lo cual es económicamente satisfactorio para los pescadores y así estimulará su uso; las pruebas estadísticas t Student y de probabilidad, dieron diferencias significativas, para ambas especies de camarón, lo cual permite establecer, que esta red sí disminuyó estadísticamente las capturas de Faca y aumentó significativamente la pesca de camarón. Inclusive se lograron proporciones de camarón versus Faca, que superan a las alcanzadas por Surinam en el caso de pinky o son de las mejores en el caso de fidel. La pesquería de ese país está certificada ambientalmente como pesca sostenible por la Marine Stewardship Council. Finalmente, se recomienda la implementación de la red experimental 1 como el estándar legal y la necesidad de continuar con investigaciones que aporte información que aún se requiere para el manejo de las pesquerías de estas dos especies.

## 2. INTRODUCCIÓN

La Sala Constitucional, con su sentencia 10540-2013, limitó la pesca de arrastre y a la vez en el Por Tanto de la misma estableció los requerimientos necesarios para reactivar esta pesca, para lo cual se necesita una reforma legal, posterior al cumplimiento de los siguientes tres puntos:

- Primero, que se establezca la obligación de utilizar dispositivos para la disminución de la captura incidental, conocidos en Costa Rica como Dispositivos Excluidores de Peces (DEP), por parte de la flota de arrastre.
- Segundo, que con respaldo científico y tecnológico, se demuestre una reducción significativa de dicha captura incidental, al implementarse la utilización del DEP.
- Tercero, que esa reducción sea compatible con un desarrollo sostenible democrático.

De los anteriores, ya se cumplió con el primero y el tercero se cumplió en su mayoría con el AJDIP-158-2017 (Incopesca, 2017): Regulación que establece el retiro de la flota pesquera semi-industrial camaronesa de arrastre en el Océano Pacífico y espacios marinos de aprovechamiento sostenible de camarón para la flota pesquera comercial de pequeña escala en el Mar Caribe para realizar faenas de pesca de acuerdo a los mapas de zonificación participativa elaborados por el grupo de trabajo de investigación, en el marco de la Mesa de Diálogo de Ordenamiento de la Pesca de Camarón. En el mismo se establecen zonas de exclusión para la pesca de camarón mediante arrastre, a lo largo del litoral pacífico (Anexo 11.1), permitiéndose su pesca solo en una profundidad promedio mayor a los 70 metros, con lo cual se da poca interferencia con la pesca artesanal costera. Además, se establece obligatorio el monitoreo satelital a esa flota, para que se pueda dar un seguimiento efectivo a esta norma y otros.

Con respecto al segundo requerimiento, el Incopesca ha venido trabajando junto con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en la ejecución de dos proyectos de investigación: Rebyc 1 y Rebyc 2, los cuales tenían el mismo objetivo principal, aumentar el porcentaje de exclusión de Faca de la red de arrastre, al instalarle dispositivos excluidores de peces (DEP), con lo cual, se cumpliría con el requerimiento segundo de la Sala Constitucional. En el caso del primer proyecto, se obtuvieron porcentajes de exclusión de hasta un 31% de Faca, entre una red con DEP y otra sin esos dispositivos, mientras que en el caso de Rebyc 2, se amplió la cantidad de aditamentos puestos a la red de pesca de arrastre, sin embargo, los análisis preliminares son parecidos a los obtenidos anteriormente.

Por lo anterior se debe aclarar que Incopesca, en conjunto con FAO, sí han realizado los estudios solicitados por la sala constitucional, pero los mismos no han sido suficientes para demostrar que se ha tenido una disminución significativa de la

Faca, ya que, si bien es cierto se disminuyó la misma, por otro lado, la cantidad de Faca total que desecha la pesca de arrastre es grande, como se demuestra en los capítulos posteriores.

Por otro lado, en la Resolución N°277-2018-I del Tribunal de Apelaciones Contencioso Administrativo (TCA, 2018), se expone: “Se otorga al Incopesca, el plazo máximo de cuatro meses, contado a partir de la notificación de esta resolución, para que concluya definitivamente los estudios de tipo técnico-ambiental que determinen la viabilidad de la pesca sostenible de camarón”. Aquí es importante aclarar, desde la perspectiva biológica, que lo resuelto por este Tribunal, no es congruente con el Por Tanto del Voto 10540-2013 de la Sala Constitucional, que solicita casi que puntualmente los tres requerimientos anotados anteriormente. Esto se debe de aclarar, ya que, para poder declarar la viabilidad de la pesca sostenible del camarón, se necesitan varios años de estudios, por ejemplo, se deberían de determinar las épocas reproductivas de las especies de camarón, con el objetivo de establecer vedas para proteger los picos de reproducción, estudio que se necesita al menos un año de evaluación de los estadios de madurez y así poder conocer los meses en que se dan los picos. Más difícil sería, el ejecutar un estudio de biomasa del máximo rendimiento sostenible, necesario para determinar la capacidad de pesca, para lo cual se necesitan series de datos de captura y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de varios años.

En vista de las solicitudes de la Sala Constitucional y del Tribunal Contencioso administrativo, el Incopesca, utilizando embarcaciones camarones y su tripulación y mediante el sistema de contratación administrativa abreviada, realizó esta nueva investigación y el informe de la misma se presenta a continuación. Las especies investigadas fueron el camarón rosado o pinky y el camarón fidel, especies de profundidad y que su pesca puede ser realizada de acuerdo a lo establecido en el AJDIP-158-2018. Es importante anotar, que está investigación se basa en un análisis de 4 redes experimentales, a los cuales se les han instalado varios aditamentos, siendo un enfoque diferente a las investigaciones que realiza FAO, en el cual se experimenta de una en una cada variable, contra la red control.

Finalmente, se debe de informar, que se ha preparado un proyecto nuevo, por un valor mayor a los 2000 millones de colones y a ejecutarse durante el año 2019, con el cual se podrán continuar con las investigaciones tendientes a determinar la viabilidad de la pesca sostenible de camarón. En el mismo se investigarían otros temas, tales como época reproductiva, talla de primera madurez sexual, zonas de pesca actuales, prospección de zonas de pesca de camarón nuevas y biomasa al máximo rendimiento sostenido entre otros.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo General:**

- Evaluar los porcentajes de exclusión de Faca en la pesquería de camarón pinky y fidel en el Océano Pacífico de Costa Rica utilizando diferentes tamaños de luces de malla y otros aditamentos.

#### **3.2. Objetivos específicos:**

- Determinar si existen porcentajes de exclusión significativos de Faca en la pesca de camarón pinky y fidel al utilizarse varios tamaños de luces de malla y otras modificaciones en la red de arrastre.
- Caracterizar las tallas, proporción sexual y porcentaje de individuos por encima de la talla de primera madurez sexual, en los camarones pinky y fidel.
- Conocer la proporción que representan en peso los distintos grupos biológicos que integran la Faca.

### **4. ANTECEDENTES.**

#### **4.1. Requerimientos de la Sala Constitucional para reabrir la pesca de arrastre.**

La Sala Constitucional, en el Por Tanto de la sentencia 10540-2013 estableció lo siguiente: “Lo anterior no obsta que mediante la correspondiente reforma legal, en el futuro se puedan reinstaurar las categorías A y B anuladas condicionado a que se haga referencia expresa a la obligación de utilizar dispositivos para la disminución de la captura incidental (Bycatch Reduction Devices), respecto de los cuales de manera previa a una reforma legal y con el correspondiente respaldo científico y tecnológico, se demuestre una reducción significativa de dicha captura incidental que sea compatible con un desarrollo sostenible democrático”.

#### **4.2. Requerimientos del Tribunal Contencioso Administrativo.**

Ese tribunal solicita, que en un plazo máximo de cuatro meses, contado a partir de la notificación de esta resolución, se concluya definitivamente los estudios de tipo técnico-ambiental que determinen la viabilidad de la pesca sostenible de camarón. Al respecto, como se detalla en la introducción, es imposible de realizar en un plazo de 4 meses, pero además se aclaró que esta resolución no es congruente con lo solicitado por la Sala Constitucional.

Por otro lado, es muy importante anotar, la preocupación que manifiesta el Tribunal Contencioso Administrativo, con respecto a los problemas socio-económicos que se produjeron como consecuencia del Voto 10540-2013 de la Sala Constitucional. Ese

Tribunal Expone: “Finalmente, de cara a la ponderación de los intereses en juego, no es posible desconocer que la situación suscitada a partir de la prohibición de la pesca de arrastre de camarón, dista mucho de ser un conflicto entre intereses que puedan considerarse meramente privados frente a intereses públicos vinculados a la protección del ambiente. La protección y resguardo de una población ya de por sí vulnerable, la difícil situación económica de quienes no podrán desarrollar ahora la que ha sido históricamente la actividad que sirve de sustento a múltiples familias en forma directa e indirecta y el conflicto social que se ha generado en las zonas costeras, también entraña un altísimo interés público que por lo tanto también merece tutela y protección”.

Lo anterior justificó más la necesidad de realizar una investigación a corto plazo, que permitiera conocer si era posible obtener un porcentaje significativo de reducción de Faca, que sería el elemento técnico necesario para recomendar reabrir la pesca de arrastre de camarón, basados en el cumplimiento de los requerimientos solicitados por la Sala Constitucional. Caso contrario, habría que continuar investigando otras mallas y aditamentos, hasta lograr ese porcentaje.

#### **4.3. Porcentajes de fauna acompañante del camarón (Faca) que se desecha por país.**

En el cuadro 1 se presentan los porcentajes de Faca capturados en varios países, en donde se resaltó en rojo los resultados de las investigaciones realizadas en Costa Rica por FAO-Incopesca y como se puede observar, el porcentaje de Faca total capturada es muy alta, siendo los más altos en los casos de Rebyc 1 para pinky y camarón blanco y fidel para Rebyc 2, llegando a capturas de un promedio del 95% de Faca.

Caso contrario sucede con la pesquería de camarón con arrastre en Surinam, la cual fue certificada como pesquería sostenible por la MSC (Marine Stewardship Council), la calificadora internacional más prestigiosa y a la vez rigurosa en cuanto a los requisitos para certificar. En el documento de certificación (MSC, 2011), se anota que el porcentaje de camarón capturado fue de 69% y un 31% de Faca, el cual es el más alto obtenido en cualquier pesquería (Cuadro 1). Para obtener estos porcentajes, Surinam está utilizando una luz de malla de 2,25 pulgadas en la red de arrastre, mientras que en el copo se utiliza 1,75 pulgadas. Lo anterior es contrario a lo utilizado en nuestro país, en donde se utiliza 1,75 y 1,5 pulgadas respectivamente.

**Cuadro 1:** Porcentaje de camarón y Faca capturados mediante el método de pesca de arrastre en varios países y su correspondiente proporción, incluyendo la propuesta de esta investigación.

Cuadro 1: Porcentaje de camarón y FACA capturados mediante el método de pesca de arrastre en varios países y su correspondiente proporción, incluyendo la propuesta de esta investigación.				
% Captura camarones	% Captura Faca	Proporción camarón Faca	Fuentes	Lugar/país
69	31	2,23	MSC (2011)	Surinam
52	48	1,08	Bourgeois <i>et al.</i> (2016)	G. de México
45	57,1	0,79	Bourgeois <i>et al.</i> (2016)	G. de México
34	68	0,50	Bourgeois <i>et al.</i> (2016)	G. de México
30	70	0,32	Eighani <i>et al.</i> (2013)	G. Pérsico
30	70	0,32	<b>Propuesta esta investigación</b>	<b>Costa Rica 2018</b>
23	77	0,30	Maharaj (1991)	Trinidad
20	80	0,25	Kelleher (2005) (FAO)	Bangladesh
20	80	0,25	Kelleher (2005) (FAO)	India
18	82	0,22	Harrington <i>et al.</i> (2005)	G. de California
17,25	82,75	0,21	Rebyc II-LAC (2017) camarón pinky (DEP)	Costa Rica
16,2	83,8	0,19	Scott (2007)	G. de California
12	88	0,14	Kelleher (2005) (FAO)	Argentina
10	90	0,11	Kelleher (2005) (FAO)	Brasil
10	90	0,11	Marcano y Alió (2006)	Venezuela
9	91	0,10	Villón (2007)	Ecuador
8,8	91,2	0,10	Alverson <i>et al.</i> (1994)	G. de México
6,6	93,4	0,07	Girón <i>et al.</i> (2010)	Colombia
6	94	0,06	Alverson <i>et al.</i> (1994)	Sri Lanka
5,88	94,12	0,06	Rebyc (2008) camarón pinky	Costa Rica
5,26	94,74	0,06	Rebyc (2008) camarón blanco	Costa Rica
4,84	95,16	0,05	Rebyc II-LAC (2017) camarón fidel (DEP)	Costa Rica
2,4	97,6	0,02	Morán-Silva <i>et al.</i> (2017)	México

Nota: Dentro de la Faca se incluyó a los peces comerciales en todos los casos, ya que en el caso de Costa Rica la única pesca objetivo sería el camarón

Es importante enfatizar, que Surinam logró esos altos porcentajes de exclusión de Faca, con la especie de camarón *Xiphopenaeus kroyeri*, conocida como siete barbas y que es la misma especie que se pesca en el caribe costarricense. La pesca de esa especie se realiza en condiciones muy diferentes a las realizadas en nuestro océano pacífico costarricense, ya que son aguas muy limpias de basura, por lo que las redes no se cierran con la misma. Por lo anterior, en la presente investigación se experimentaron varias luces de malla y otros aditamentos, tendientes a aumentar el porcentaje de exclusión de Faca en la pesca de arrastre.

La reducción de la Faca fue estudiada en dos investigaciones realizadas en conjunto entre investigadores de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y del Incopesca, llamadas Rebyc 1 y Rebyc 2, en las cuales se trató de aumentar el porcentaje de exclusión de fauna de acompañamiento del camarón (Faca) de la red de arrastre, al instalarle diseños excluidores de peces (DEP), con lo cual, supuestamente se cumpliría con el requerimiento segundo de la Sala Constitucional, lo cual no ocurrió, ya que si bien es cierto que se aumentó el porcentaje de exclusión, entre una red con DEP y otra sin DEP; por otro lado, la cantidad de Faca total desechada fue muy alta como se muestra en el Cuadro 1, llegándose en algunos casos una composición del 94-95%

de Faca y solo un 6 o 5% de camarón, con lo cual no se cumpliría con el requerimiento segundo de la Sala Constitucional.

Es importante informar, que lo anterior no estaba claro, ya que, al haber un porcentaje de exclusión de hasta de un 27% entre redes con DEP y sin DEP, se podría considerar que se cumplía con los requerimientos de la Sala Constitucional, pero al hacer un análisis más detallado, se encontró que los porcentajes de Faca totales desechados eran muy altos (Cuadro 1). Además, también se debe enfatizar, que los resultados de las investigación realizada por FAO en Costa Rica no son satisfactorios para nuestro país, pero si podría serlo para los otros países en donde se ejecutaron, ya que, ahí sí se permite el aprovechamiento de varias especies de peces, mientras que en el caso de Costa Rica no se podría, al ser las mismas especies que capturan los pescadores artesanales y por tanto no se podría cumplir con el segundo requerimiento establecido por la Sala Constitucional.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. Contratación de embarcación y de personal calificado

Al no contar el Incopesca con una embarcación de investigación pesquera y requerirse dos barcos camaroneros de arrastre (con sus respectivos permisos de investigación), se procedió a la contratación de esas embarcaciones, mediante licitación pública por el plazo requerido de 4 meses (Anexo 3), en los cuales se tenían que ejecutar los cuatro experimentos propuestos.

Ambas embarcaciones se caracterizan por poseer un sistema de doble aparejo tipo “florida”, con tonelaje de registro bruto (TRB) promedio de 97 toneladas métricas (T) y un tonelaje de registro neto (TRN) promedio de 20 T (Cuadro 2). En general el material de construcción del casco corresponde a una combinación de madera reforzada con fibra de vidrio y su puerto base es Puntarenas. El sistema de conservación de la captura es a base del gas refrigerante freón y la capacidad de las neveras es en promedio de 6.000 kilogramos (kg). Además, ambas cuentan con GPS, ecosonda y radio de onda corta (UHF).

**Cuadro 2:** Características de las embarcaciones participantes en la investigación.

Embarcaciones Características	Sultana	Sonia J
Matrícula	P-6827	P-266
Eslora (m)	21	21,03
Manga (m)	6,3	6,1
Puntal (m)	2,97	2,74
HP (hp)	365	400

La tripulación de las embarcaciones regularmente está compuesta por el capitán y cuatro o cinco tripulantes. Además, del personal propio de la embarcación, se requirió de personal técnico-científico calificado, por lo cual el Incopesca aportó 2 biólogos a cargo de la investigación a bordo de los barcos. Adicionalmente, el sector camaronero proporcionó dos biólogos, quienes estaban bajo la dirección del Incopesca; por lo que en cada barco laboraron dos profesionales en biología, trabajando de manera conjunta.

## **5.2. Meta de Disminución de Faca.**

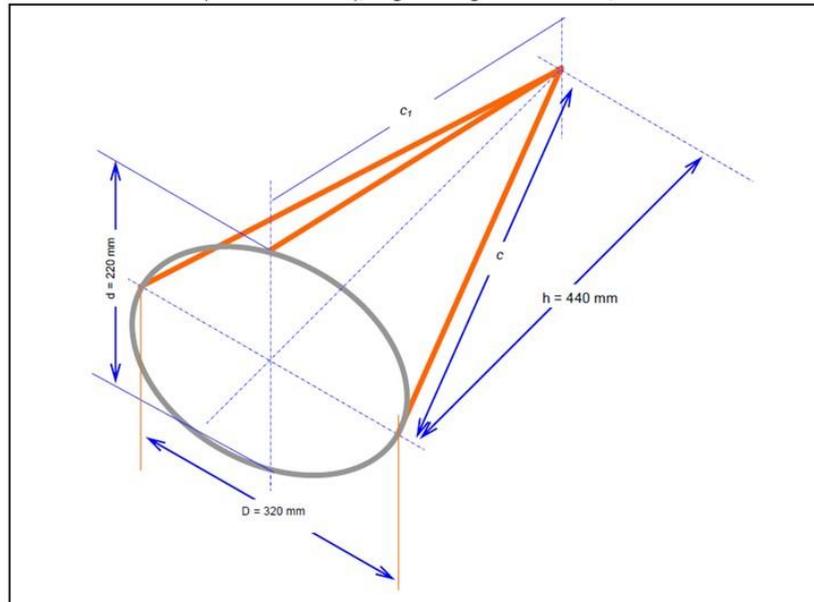
La Sala Constitucional solicitó una disminución significativa de la fauna de acompañamiento de camarón, como requerimiento para reabrir la pesca de camarón mediante el sistema de arrastre. Sin embargo, no se aclaró cuanto era el porcentaje necesario para dictaminar una disminución significativa de la Faca. Por lo anterior, la meta que se propuso la presente investigación, fue una reducción del 30% en peso total de Faca, basado en los requerimientos para certificar el uso de un Diseño Excluidor de Peces por parte de la Ley de Conservación y Gestión de la Pesca (Fishery Conservation and Management Act) y la NOAA, del Departamento de Comercio de los Estados Unidos de América (NOAA, 2013 y NOAA, 2013b).

## **5.3. Tipos de redes**

Durante la investigación se realizaron cuatro experimentos. En cada experimento se usó una red con alguna modificación o aditamento diferente denominada “red experimental”, más una red tradicional como control (red legalmente establecida en la actualidad). De tal manera que en cada lance se utilizó la red experimental en uno de los lados y al otro lado la red control, las cuales se cambiaron de lado en cada embarcación después de realizados los primeros 15 lances, hasta completar el resto de los lances de cada experimento. Lo anterior es congruente con otras investigaciones realizadas con NOAA (Marín, 2009; DeLancey *et al.* 2000 y Helies *et al.* 2012).

En ambas redes, la de control y la experimental, siempre se utilizó el DEP ojo de pescado (Figura 4a) y el diseño excluidor de tortugas (DET), ya que el uso estaba establecido de manera reglamentaria. El primero fue instalado y utilizado según lo establecido en el acuerdo de Junta Directiva número 458-2013 (Incopesca, 2013). Dicho dispositivo se colocó uno por cada red de arrastre, ubicándose en la parte superior del copo de la red, a 0,8 m. del pegue del copo al DET. Este dispositivo consiste en un marco de forma elíptica, construido con varilla de acero inoxidable o aluminio, que mantiene abierto el corte de la red por el que se permite la salida de peces pequeños que no son bentónicos (Eayrs, 2007), reforzado con un triángulo

del mismo material, para fijar la posición de trabajo. El dispositivo cumplió con el siguiente diseño y medidas: una dimensión en su abertura de escape de un largo de 320 mm, una altura de 220 mm y una profundidad del vértice de 440mm (Figura 1a).

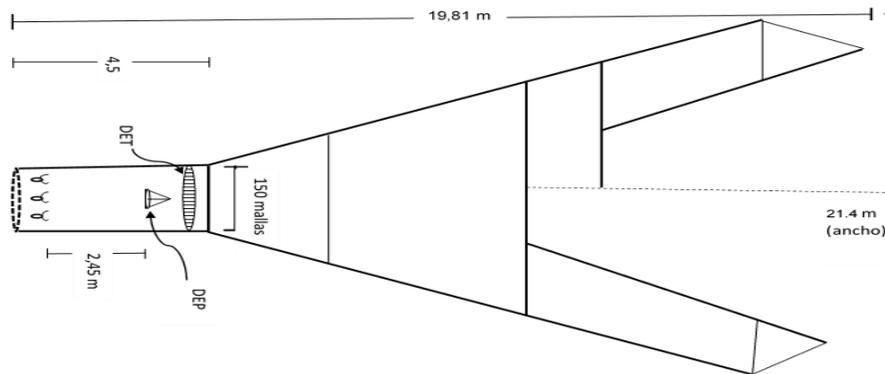


**Figura 1a:** Dispositivo Excluidor de peces ojo de pescado, con sus correspondientes medidas.

En cuanto al (DET), el uso está regulado en el AJDIP-151-2009 (Incopescas, 2009) y fue utilizado con una abertura de salida o escape de una sola tapa, de 180 cm de largo y 66 de ancho, mientras que la parrilla fue construida de forma oval, de 81 x 115 cm, con tubos de aluminio de 1.5 pulgadas y 6 pulgadas entre cada uno, para la red control y de hierro galvanizado para la red experimental, con distancias entre rejillas de 4 pulgadas, lo que permite una salida mayor de rayas, tiburones y peces grandes. El mismo fue instalado de manera inclinada en el interior del DET, con un ángulo de 45 grados, lo cual fue revisado de manera permanente, para mantener dicho ángulo.

La red control (Figura 1b y Cuadro 3) empleó las características y dispositivos establecidos por ley según el AJDIP/474-2017 (Incopescas, 2017). Por su parte, en las redes experimentales utilizadas en los experimentos 2 y 3, se utilizó el mismo diseño de la red tradicional, pero aumentando la luz de malla, pasando de 1,75 pulgadas en la red original o de control a 2 pulgadas (Experimento 2) y 2,25 pulgadas (Experimento 3), lo cual permite la salida de peces pequeños y una menor obstrucción de la red. Además, se incluyó el DEP del tipo malla cuadrada y la doble relinga (Cuadro 3; Figuras 3 y 5)), con lo cual se esperaba que disminuyera la cantidad de Faca, al ser más grande la abertura de cada malla. Esta malla cuadrada

fue instalada también en la parte superior del copo, a 1.74 m. del pegue del copo al DET y esta permite la salida de peces grandes no bentónicos (Eayrs, 2007).



**Figura 1b.** Esquema básico de la red utilizada tradicionalmente (control), usada en todos los experimentos como red control.

En cuanto a las redes experimentales 1 y 4 fueron a las que se le hicieron la mayoría de modificaciones. La red del experimento 4, era diferente con respecto a la del 1, ya que se aumentó en 50 mallas la circunferencia del copo, tratando de bajar la captura de Faca, al haber más volumen y por tanto se podrían obstruir menos cada una de las mallas. En todas las redes experimentales se utilizaron el DEP ojo de pescado y la malla cuadrada (Cuadro 3 y Figuras 4a y 4b) y otras variantes.

Las variantes a estas características empleadas en las redes experimentales 1 y 4 se describen en cada caso (Cuadros 3, 4 y 5; Figuras 2 a 8). En el caso de pinky se utilizó la cadena de arrastre, de manera continua, en la doble relinga inferior, mientras que en la pesquería de fidel, esa cadena se utilizó de manera intermitente (trameada) en todos los experimentos (Figura 7). Es importante indicar que la doble relinga, consiste en adicionar un mecate extra en la parte inferior, separando ambos mecates con mecates equidistantes de 25 cm, lo cual permite la salida de peces bentónicos; en esta relinga extra es donde se fija la cadena de arrastre (Figuras 5 y 6). El calón o mecate empleado para unir la relinga superior y la primera relinga inferior, a la cual también se une la red (Figura 5) permite realizar ajustes en función del tipo de captura realizado, y especialmente en las redes 1 y 4 para la reducción del alto de la red en aproximadamente 2,5 m, esto en combinación con la eliminación de las boyas en la relinga superior. Esta modificación es fundamental para bajar la captura de Faca, ya que con esto se diseña una red que tiene como pesca objetivo el camarón.

**Cuadro 3.** Características generales de los cinco tipos de redes utilizadas en los experimentos de esta investigación.

Características	Tipo de red				
	Control	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
Longitud Red (m)	19,81	22,6	19,81	19,81	22,6
Alto Red (m) en la faena de pesca	4	1,5	4	4	1,5
Material Red	Poliamida alquitranada	Polietileno	Poliamida alquitranada	Poliamida alquitranada	Polietileno
Longitud Relinga superior (m)	19,6	19,8	19,6	19,6	19,8
Longitud Relinga inferior (m)	21,4	20,4	21,4	21,4	20,4
Distancia entre Doble relinga (m)		0.25	0.25	0.25	0.25
Material del DET	Acero galvanizado	Aluminio	Acero galvanizado	Acero galvanizado	Aluminio
Barras del DET	Cilíndricas	Planas	Cilíndricas	Cilíndricas	Planas
Longitud de copo (m)	4,5	5	4,5	4,5	5
Ancho de copo (mallas)	150	150	150	150	200
Área de la malla cuadrada (m)		0,7x0,34	0,7x0,34	0,7x0,34	0,7x0,34
Longitud Rabizas (m)	0,51	1,06-1,12	0,51	0,51	1,06-1,12

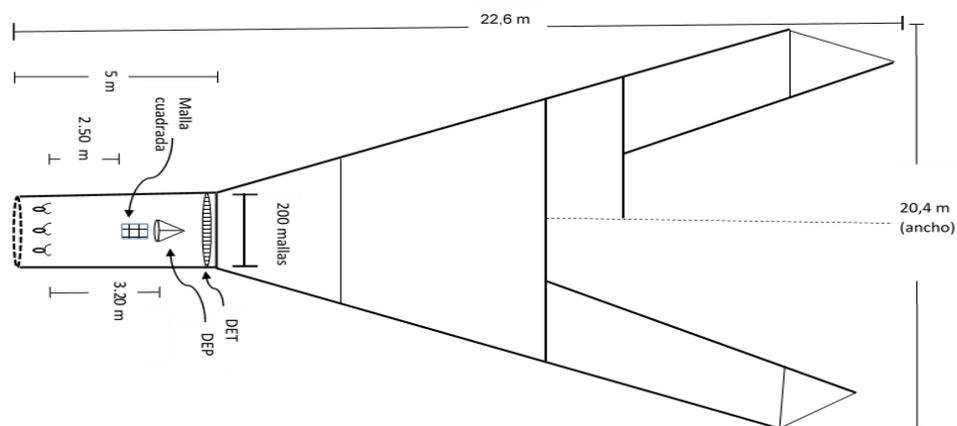
**Cuadro 4.** Diferencias entre los cinco tipos de redes utilizadas en los experimentos de esta investigación.

Tipo de red	Luz de malla cuerpo	Luz de malla copo	Luz de la malla cuadrada	Abertura entre barras de DET	Tipo de Relinga	Circunferencia de Copo
-------------	---------------------	-------------------	--------------------------	------------------------------	-----------------	------------------------

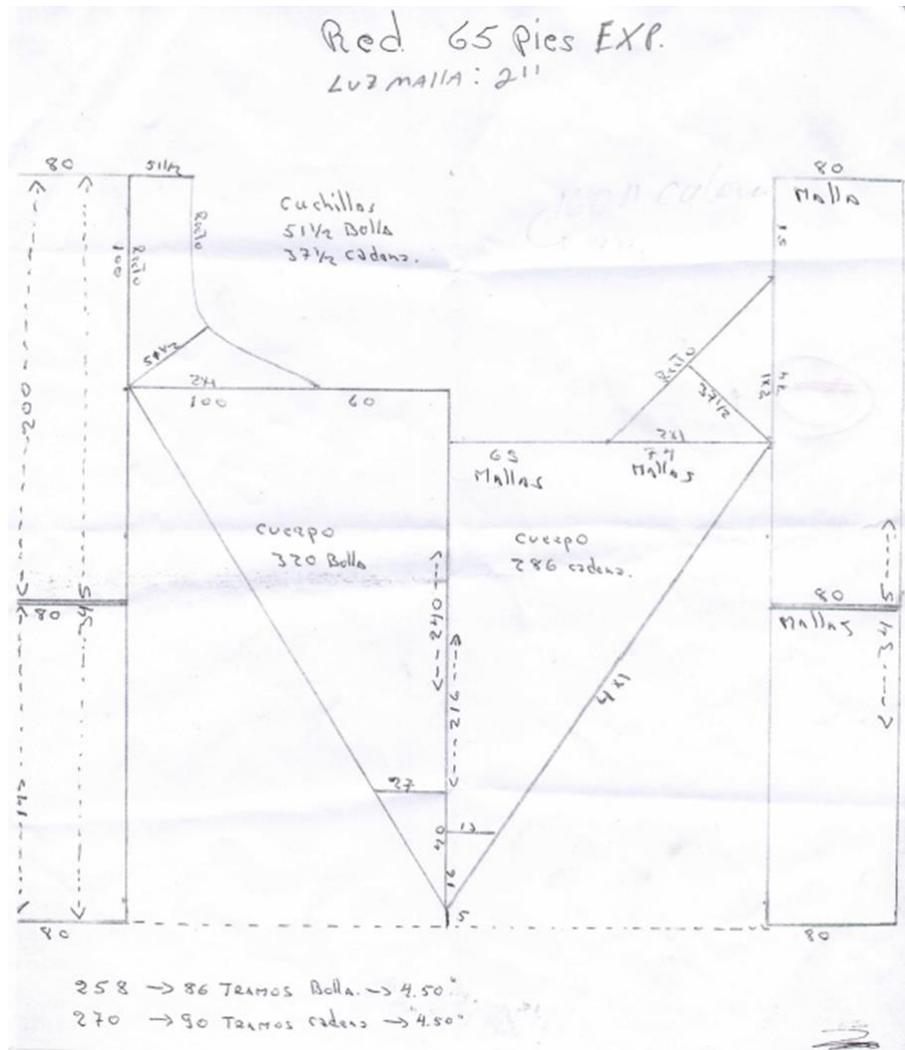
Control	1,75"	1,75"	No usa malla cuadrada	6"	Única	150 mallas
Experimento 1	2,0"	1,75"	4"	4"	Doble	150 mallas
Experimento 2	2,0"	1,75"	4"	6"	Doble	150 mallas
Experimento 3	2,25	1,75"	4"	6"	Doble	150 mallas
Experimento 4	2,0"	1,75"	4"	4"	Doble	200 mallas

**Cuadro 5.** Aditamentos implementados en las cinco tipos de red utilizadas en los experimentos realizados durante la investigación.

Tipo de red	Aditamentos				
	Malla cuadrada	DET	DEP	Doble relinga	Rodines
Control	No	Si	Si	No	No
Experimento 1	Si	Si	Si	Si	No
Experimento 2	Si	Si	Si	Si	Si
Experimento 3	Si	Si	Si	Si	Si
Experimento 4	Si	Si	Si	Si	No



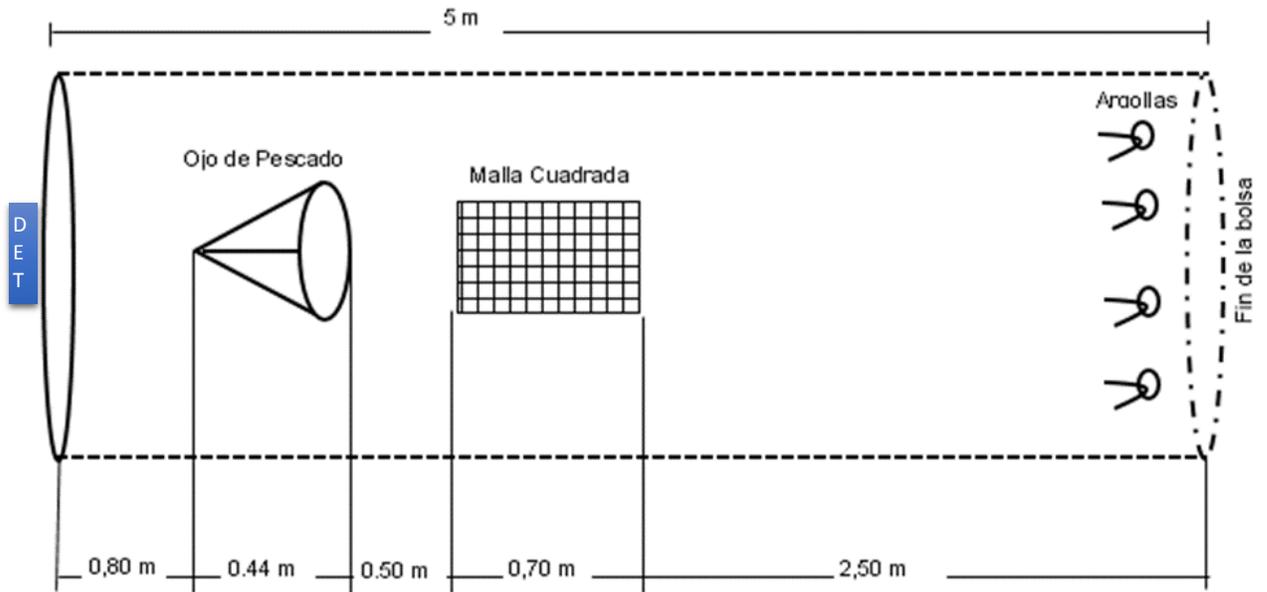
**Figura 2.** Esquema básico de la red experimental utilizada en el experimento 1.



**Figura 3.** Esquema detallado de la red experimental utilizada en el experimento 1, preparado por los capitanes y rederos.



**Figura 4a:** Algunos aditamentos utilizados en las redes experimentales. a) Estructura del dispositivo de exclusión de peces tipo “ojo de pescado”, b) Panel de malla cuadrada usado en las cuatro redes experimentales y c) DET con abertura entre rejillas de 4 pulgadas para las redes en los experimentos 1 y 4.

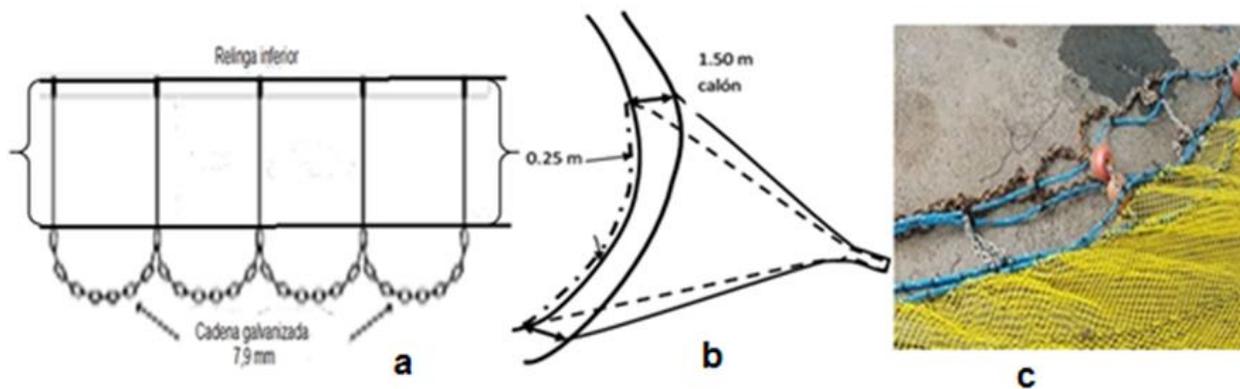


**Figura 4b:** ubicación de los DEP en el copo de todas las redes experimentales.

Además, la red experimental 1 cuenta con una relinga superior que no lleva boyas (Figura 5), para evitar que la boca sea forzada a abrirse más e impedir el incremento de Faca capturada. En la relinga inferior (Figura 6), paralelamente se agregó otra relinga separada por cadenas que las unen y un conjunto de boyas, que facilita la apertura de una ventana entre el fondo marino y la red misma, lo cual permitiría el escape de especies bentónicas.



**Figura 5.** Red experimental 1 mostrando la relinga superior (izquierda) y el calón o mecate que une la relinga inferior con la superior (derecha).



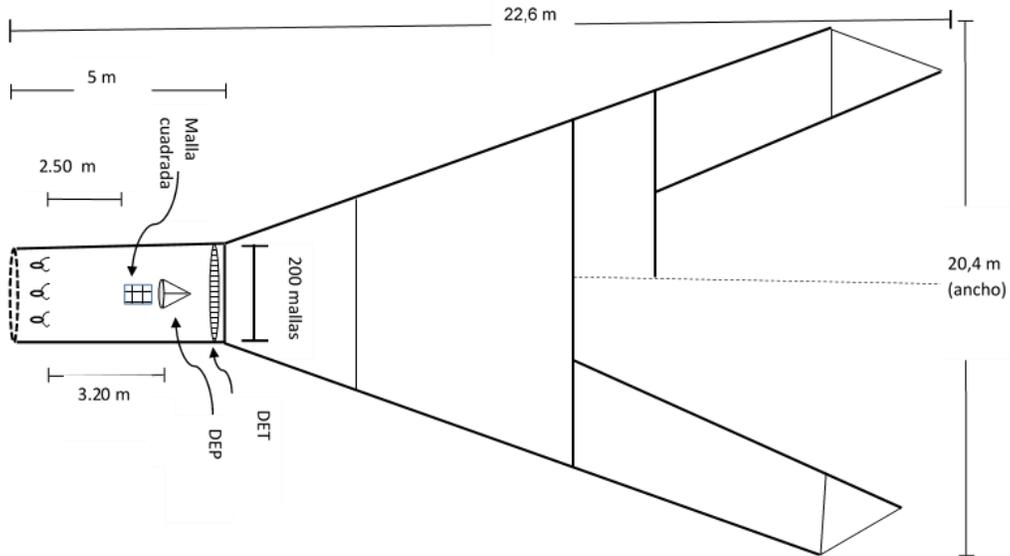
**Figura 6:** Esquema básico de una red de doble reínga mostrando el detalle entre las reíngas (a), abertura de boca (b) y ubicación de la doble reínga con sus boyas (c), en la red experimental utilizada en el experimento 1. Modificado de Padilla (2012).

La red del experimento 2 utilizó la misma estructura de la red control, pero con los dispositivos empleados en la red del experimento 1 (malla cuadrada y doble reínga); además, se agregaron rodines en la reínga inferior, con el fin de disminuir la afectación al fondo marino (Figuras 7: a y b).



**Figura 7:** Algunos detalles de la red utilizada en la pesca de camarón fidel. (a) Tipo de rodines utilizados y (b) Su ubicación en las redes experimentales; (c) Cadena trameada.

En la red del experimento 3 se utilizó la misma estructura de la red del experimento 2, pero se modificó la luz de malla en el cuerpo a 2,25 pulgadas, mientras que en el experimento 4, la red utilizada fue similar en todas sus características a la del experimento 1, pero con la circunferencia del copo de 200 mallas (Figura 8).

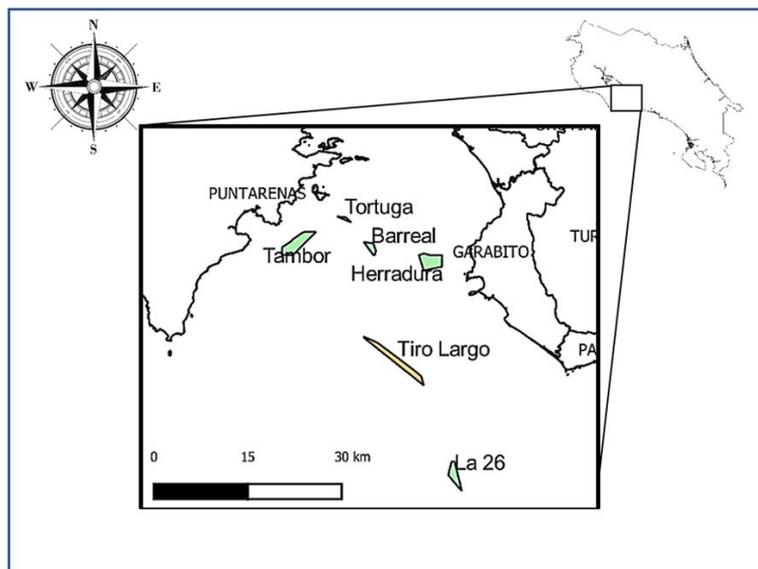


**Figura 8.** Esquema básico de la red experimental utilizada en el experimento 4

## 5.4. Muestreo

### 5.4.1. Área de estudio.

El estudio se realizó en la costa pacífica de nuestro país, en caladeros de pesca donde las embarcaciones de arrastre acostumbran pescar camarón pinky y fidel, según la zonificación establecida para pesca de camarón en el AJDIP-158-2017, y respetando los espacios marinos libres de pesca de arrastre en el litoral Pacífico, establecidos en este acuerdo (Figura 9).



**Figura 9:** Caladeros donde se realizaron las faenas de pesca para camarón pinky y fidel.

#### **5.4.2. Toma de datos**

Entre los meses de octubre y diciembre del 2018, se realizaron cuatro viajes de pesca experimental, realizándose faenas de pesca en embarcaciones de la flota semi-industrial de arrastre camaronero seleccionadas mediante charteo y correspondiente adjudicación y permiso de investigación (Anexo 3); las embarcaciones utilizadas para la investigación fueron Sultana y Sonia J. las cuales presentaron similares características técnicas (eslora, manga, maquina, puntal y capacidad de bodega) y el mismo diseño de redes de arrastre tipo “florida” (Cuadros 3 y 4). La ubicación de los lances fue seleccionada de acuerdo al comportamiento normal de una faena de pesca comercial (Figura 9) y la mayoría de ellos se ubicaron en la zona central del Pacífico de Costa Rica en los caladeros de pesca de camarón.

Estos viajes fueron programados para realizar de 3 a 4 lances por día, lo cual significa que se completó cada experimento en unos 8 a 10 días; con un tiempo total de ejecución de 40 días efectivos de pesca (Cuadro 6). Se ejecutaron 33 lances efectivos por experimento, en profundidades entre 166-234 m para fidel y 57-84 m para pinky, por periodos regulares de dos horas de arrastre efectivo durante el día o la noche, esto concordante con la biología de la especie objetivo y su forma tradicional de pesca; para obtener un muestreo representativo y adecuado. Al tener dos embarcaciones, se trabajó de manera simultánea, ejecutando los experimentos para camarón pinky y fidel al mismo tiempo. Debido a la profundidad en que se arrastró para camarón fidel, se utilizó diferente longitud de cable entre la red experimental y la de control, con el objetivo de evitar que se enredaran entre sí. Esta es la manera común en que se realiza esta pesquería y para evitar cualquier sesgo en la investigación, se alternaron las posiciones de las redes cada 15 lances, que es la misma cantidad de lances utilizada por NOAA y otras agencias de investigación.

En el caso del arrastre para camarón pinky, los cables se mantuvieron la misma longitud debido a la menor profundidad de pesca y por tanto menor riesgo de enredo entre las redes y además, esta es la manera tradicional de realizar esta pesca. Finalmente, se obtuvo para cada especie 4 experimentos ejecutados, con 33 muestras por experimento, para un total de 132 muestras por especie, totalizando 264 muestras para las dos especies; esto solo para la red experimental, siendo el doble al tomar en cuenta la red control. En cada uno de los experimentos se determinaron los porcentajes de exclusión de Faca en relación a la producción de camarón, con el objetivo de conocer con cual combinación se obtenía el porcentaje meta de exclusión.

Para el registro de datos se utilizaron los formularios presentados en el anexo 2. El muestreo y la toma de datos se realizaron en conjunto entre los investigadores participantes. Para las mediciones a bordo se utilizó un pie de rey (vernier) en milímetros con una incertidumbre de  $\pm 0,5$  mm, así como una cinta métrica en centímetros con una incertidumbre de  $\pm 0,05$  cm y para los pesos se empleó una balanza mecánica en kilogramos con una incertidumbre de  $\pm 0,25$  kg, por lo que los pesos inferiores a ese peso fueron estimados. Para la toma de datos en laboratorio se empleó un pie de rey (vernier) en milímetros con una incertidumbre de  $\pm 0,5$  mm y una balanza digital en gramos con una incertidumbre de  $\pm 0,05$  g,

**Cuadro 6:** Días de muestreo, por experimento y especies, al ejecutar la investigación sobre exclusión de Faca en la pesca de arrastre, Océano Pacífico costarricense.

Embarcación Pinky		Embarcación Fidel	
<b>Viaje 1</b>			
Pinky/Exp. 1	Semana 1	Fidel/Exp. 1	Semana 1
Pinky/Exp. 1	Semana 2	Fidel/Exp. 1	Semana 2
<b>Viaje 2</b>			
Pinky/Exp. 2	Semana 3	Fidel/Exp. 2	Semana 3
Pinky/Exp. 2	Semana 4	Fidel/Exp. 2	Semana 4
<b>Viaje 3</b>			
Pinky/Exp. 3	Semana 5	Fidel/Exp. 3	Semana 5
Pinky/Exp. 3	Semana 6	Fidel/Exp. 3	Semana 6
<b>Viaje 4</b>			
Pinky/Exp. 4	Semana 7	Fidel/Exp. 4	Semana 7
Pinky/Exp. 4	Semana 8	Fidel/Exp. 4	Semana 8

#### 5.4.3. Procedimiento abordó

Una vez subidas las dos redes en cubierta, después de cada lance de pesca, se procedió a analizar la captura para cada red (control o experimental), dándose primeramente la separación, identificación y toma del **peso total** de las especies de peces comerciales (congrios, cabrillas, pargos), al igual que de peces cartilagosos como rayas y tiburones, lo cual se hizo de esta manera, con el objetivo de liberarlos lo más pronto posible, para evitar la muerte de los organismos que venían vivos. De igual forma, se realizó la separación y **pesaje total** de la pesca objetivo (camarón pinky y fidel), al igual que se hizo para la fauna de acompañamiento de camarón (Faca), para cada red, todo lo cual fue pesado con cabeza y vísceras, procediéndose a llenar los formularios por parte del biólogo del Incopesca, con la colaboración del segundo biólogo a bordo.

El total de Faca restante fue homogenizado, luego de la separación del camarón, mediante un proceso de mezclado con palas, para así lograr obtener una muestra representativa en términos de composición y abundancia. Debido a que no fue viable el analizar el volumen de Faca total por el limitante en tiempo de la investigación, la muestra se obtuvo de diferentes porciones de la Faca, las cuales se colocaron en una canasta con un volumen aproximado de 25 lt, dando un promedio entre los 9 y 13 kg cada una. La variabilidad de dichos pesos dependió de las diferencias en densidad de los organismos pesados, teniendo en cuenta las diferencias que pueden presentarse entre uno y otro. La muestra fue separada en grupos taxonómicos (peces, crustáceos, moluscos y otros) y se pesó cada grupo. Además, se procedió al conteo y pesado de aquellas especies que fueran altamente abundantes dentro de la muestra de cada red. La identificación de los organismos se realizó a nivel taxonómico inferior posible, siguiendo los trabajos de Fischer *et al.* (1995), Bussing y López (2011) y Robertson y Allen (2015).

Adicionalmente, se separaron 40 individuos de la pesca objetivo (camarón pinky y fidel) al azar y de cada red, a los cuales se les midió la longitud del cefalotórax (midiendo desde el borde interno de la órbita del ojo hasta el borde distal del cefalotórax) y la longitud de cola (midiendo desde el borde del primer segmento abdominal hasta la punta del telson). De igual manera, a cada camarón, se le determinó el sexo con base en la presencia de petasma en el primer par de pleópodos para el caso de los machos y la ausencia de dicha estructura en las hembras. Además, se estableció el estadio de madurez macroscópica para hembras siguiendo a Villalobos (2009) para fidel y a Girón-Montaña *et al.* (2016) para pinky.

Por otro lado, dado que no se podía pesar individualmente cada camarón en el barco, por el movimiento y la sensibilidad de la balanza, en el lance final de cada viaje se tomó de cada red una muestra de aproximadamente 2 kg de camarones, los cuales fueron transportados al Laboratorio Húmedo del Incopesca, para su correspondiente análisis. A estos especímenes se les realizó el mismo análisis que las muestras a bordo, incluyéndose la longitud cefalotorácica, la longitud total (con rostro: midiendo desde la punta del rostro hasta la punta del telson, y sin rostro: midiendo desde el borde interno de la órbita del ojo hasta la punta del telson), el sexado y estadio de madurez, pero esta vez se incluyó el peso total y el peso de cola.

#### **5.4.4. Análisis de la información**

Los datos fueron ingresados de forma sistemática en archivos de Excel, preparándose una base de datos adecuada para analizar la información colectada, lo cual comprende la digitación y el análisis por separado de los lances realizados a cada especie de camarón y su Faca. Esta base se encuentra integrada por

registros según experimento de: 1) Capturas y desembarques de la especie objetivo y de la Faca, 2) Composición de la Faca, 3) Tallas y pesos de la especie objetivo, 4) Composición por sexo y estados de madurez sexual de la especie objetivo, y 5) Zona de pesca y otras variables correspondientes a lances diarios de pesca de las embarcaciones.

#### **5.4.5. Experimentos Disminución Significativa de la Faca**

Utilizando la hoja de cálculo con los datos ya digitados del formulario 1, donde se habían anotado los datos de Faca total y pesca objetivo total (camarón pinky y fidel) por lance, se realizaron diferentes análisis, entre estos, los porcentajes de captura, ya fuera de Faca o camarón, para cada uno de los experimentos. Los porcentajes de diferencia de captura, ya fuera de Faca o de camarón, se obtuvieron restando el porcentaje de captura total de la red control versus la total de la red experimental, en cada uno de los experimentos. Por su parte, el porcentaje de disminución o aumento de Faca de la red control versus red experimental, se obtuvieron de la siguiente manera: primero, se calculó la diferencia entre la captura total de la red control contra la experimental; segundo, se dividió esa diferencia entre la primera captura (obteniéndose un número decimal) y tercero, se convirtió ese último valor en un porcentaje (multiplicándolo por 100). En el caso de que el valor nuevo fue más grande que el antiguo, esto es un porcentaje de aumento, caso contrario, se considera uno de reducción. Finalmente, la captura promedio (kg) por lance de Faca o camarón, por parte de la red experimental y la de control, en los cuatro experimentos, se obtuvo sumando la captura de los 33 experimentos y dividiéndolos entre ese número.

Es importante reportar, que en ninguno de los análisis realizados se hizo extrapolación de datos. Por su parte, en cuanto a la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), esta fue reportada como captura por lance, para lo cual se dividió el total de la captura total entre en número de lances. Además se aclara, que no se realizó una estandarización de la captura, debido a que los barcos utilizados tenían características de eslora y potencias del motor, autonomía y redes parecidas. Además, eran datos de un tiempo muy corto, o sea, los 3 meses de investigación de campo.

La CPUE también puede ser utilizada para calcular el porcentaje de disminución de Faca, o sea, las diferencias de captura de Faca entre redes, para lo cual se utiliza la fórmula:  $\text{Porcentaje de diferencia} = ((\text{CPUE de la red experimental} - \text{CPUE de la red control}) * 100) / \text{CPUE de la red control}$  (Steele *et al.* 2002). Este cálculo también se realizó, pero el resultado es igual al obtenido con las capturas totales, descrito en el párrafo primero, ya que, la CPUE se basó en esas capturas.

Una vez que se obtuvieron los resultados de capturas de Faca y camarón, se realizaron pruebas de hipótesis de medias, para conocer, si las disminuciones de Faca que se estaban obteniendo en algunos de los experimentos, eran

estadísticamente significativas. Para un mayor entendimiento del análisis estadístico utilizado y aplicado en esta Investigación, revisar el Anexo 4.

Se utilizaron pruebas del tipo paramétricas, ya que se recomienda aplicarlas por ser más potentes y dan más información que las no paramétricas, por lo que, si pueden usarse, se prefieren. Para asegurarnos de que su uso fuera el correcto, se aplicó el teorema del límite central, el cual establece, que si el tamaño de la muestra es suficientemente grande, la distribución siempre tiende a ser normal, aun cuando no lo sea, lo cual es común en el análisis de datos biológicos, por lo que, en la mayoría de casos, se recomienda que la muestra sea igual o mayor a 30. Por otro lado, la NOAA, en un estudio realizado con camarón pinky *Penaeus brevis* en el O. Pacífico costarricense, recomendó la utilización de 33 muestras (Marín, 2009), por lo que se decidió realizar esa cantidad de muestreos para cada uno de los experimentos, para asegurarnos más de su normalidad.

La segunda decisión que se tenía que tomar, para realizar los análisis estadísticos, era si se aplicaba el t Student para muestras pareadas (también llamadas relacionadas) o para muestras independientes (o no relacionadas). Al respecto, se decidió por el segundo tipo, ya que, cuando se usan las primeras, al parecer la red control va pareada con respecto a la experimental en el barco, lo cual no es del todo cierto, ya que, en la pesca de camarones de profundidad, como lo son las pesquerías de fidel, los capitanes ponen una red un poco más atrás que la otra, para evitar que se enreden entre ellas. Además, en el caso de las muestras pareadas, se considera que las muestras deben de provenir de condiciones parecidas, lo cual no ocurre en este caso, ya que, a la red experimental se le incluyeron varias diferencias con respecto a la de control, por ejemplo, la malla cuadrada, doble relinga, diferente luz de malla, diferente ancho entre las rejillas del DET y otros, que hacen muy diferentes cada una de las redes. Se encontró que en el caso de la misma investigación con pinky en el Océano Pacífico (Marín, 2009) y otras realizadas en Colombia se utilizaron pruebas pareadas, pero en esos casos se comparó una sola variable contra otra, lo cual es diferente a la presente investigación, no obstante lo anterior, también se hicieron pruebas pareadas, para ver si los resultados eran significativos estadísticamente.

El otro parámetro que se tenía que decidir para aplicar la prueba t Student era si se aplicaba para varianzas iguales o desiguales. Para esto, se calculó la varianza para todos los experimentos, siendo muy desiguales en la mayoría de los casos, por lo que se aplicó la prueba para este tipo. Con todo lo anterior, se aplicó la prueba t Student, utilizando la herramienta análisis de datos de Excel. La misma aporta los resultados del Estadístico t (o t calculado) y el valor crítico de t para una y dos colas (o t tabulado). Además, reporta también el valor de p para una y dos colas.

La hipótesis que se planteó fue la siguiente:

H0: La media de captura por lance de Faca o camarón de una red era igual a la media de la otra red.

H1: La media de captura por lance de Faca o camarón de una red era diferente a la media de la otra red.

En donde, (H0), es la hipótesis nula, mientras que (H1) es la hipótesis alternativa.

Finalmente, con los resultados de la prueba t Student, se contrastó la hipótesis nula contra la alternativa. Es importante reportar, que se utilizaron los valores de esa prueba para el caso de dos colas, ya que, no se podía establecer con anterioridad, si la media de captura de una red iba a ser mayor o menor con respecto a la captura de la otra red, lo cual realmente ocurrió. Para el caso de que la t calculada fue mayor que la tabulada, entonces se determinó que sí había diferencias significativas, rechazándose la hipótesis nula y aceptándose la alternativa. Caso contrario, cuando la t calculada era menor que la tabulada, se aceptaba la hipótesis nula, por lo que se consideraba que las medias eran iguales.

Por su parte, con respecto a los resultados de la prueba p, Si  $p\text{-valor} < 0,025$ , en una prueba de dos colas, Ho se rechazó para un nivel de confianza de  $1 - \alpha/2$ , o sea un nivel de confianza del 95%. Por lo anterior, si el valor de p calculado era inferior a 0,025, entonces esto significó que si p cayó en la zona de rechazó y por tanto se rechazó la hipótesis nula, entonces se concluyó que si había diferencias significativas entre las medias de captura establecidas.

#### **5.4.6. Proporción sexual**

La proporción sexual se calculó en términos de porcentaje, basados en la cantidad de machos y hembras por tipo de red (experimental o control) y para cada uno de los experimentos realizados de cada especie (camarón pinky y fidel).

#### **5.4.7. Estructura de tallas**

Con los datos de longitud total sin incluir rostro (LT\*, medida desde el borde interno de la órbita del ojo hasta la punta del telson) y longitud total con rostro (LT, medidos desde la punta del rostro a la punta del telson) de camarón pinky provenientes de muestras traídas del barco al Laboratorio Húmedo del Incopesca, se realizó una regresión simple, con la cual se obtuvo la ecuación:  $LT^*=0,8154LT +5,2411$ . Con la misma, se pudieron transformar las mediciones de longitud total sin rostro, medidas a bordo de la embarcación, a longitud total con rostro. Lo anterior, con el fin de poder comparar los datos con la literatura de tallas sobre camarón pinky (Girón-Montaño *et al.*, 2016). Por otro lado, en el caso del camarón fidel no fue necesario realizar ninguna transformación de datos, porque los datos de tallas tomados en este estudio eran congruentes con los datos tomados en otros estudios, lo cual facilitó su comparación y la longitud total utilizada para los análisis correspondió a la

medición desde el borde interno de la órbita del ojo hasta la punta del telson. Además, se calculó la longitud máxima, mínima y media de captura de cada especie de acuerdo con el tipo de red por experimento. Adicionalmente se realizaron histogramas de frecuencia de tallas para machos y hembras de acuerdo con el tipo de red por experimento.

Se calculó la longitud máxima, mínima y media de captura de cada especie de acuerdo con el tipo de red por experimento. Además, se realizaron histogramas de frecuencia de tallas para machos y hembras de acuerdo con el tipo de red por experimento y también se hicieron pruebas de t de Student para determinar si la longitud total de los camarones machos capturados con la red control y experimental presentaban diferencias significativas. La anterior prueba fue realizada de igual forma con las hembras. Para analizar las longitudes de las hembras entre las redes experimentales de los cuatro experimentos se realizó un análisis de varianza (ANDEVA). Cuando se encontraron diferencias significativas en la prueba de ANDEVA se usó la prueba de Tukey de comparación múltiple de medias, para determinar cuál o cuáles pares de medias difieren significativamente. Todo lo anterior fue realizado con el programa estadístico de acceso libre PAST versión 2.17 (Hammer, 2001).

#### **5.4.8. Porcentaje de individuos por encima y por debajo de la TPMS**

Para esto, se determinó el porcentaje de hembras y machos por encima y por debajo de la talla de primera madurez sexual (TPMS) para cada red, de acuerdo a cada experimento con camarón pinky. Lo anterior, teniendo como referencia de comparación los valores de TPMS reportados por Girón-Montaña *et al.* (2016) (hembras: 130,5 mm de LT y machos: 83,2 mm LT). En el caso del camarón fidel, se realizaron los cálculos anteriores únicamente para las hembras, siguiendo el valor de 112,6 mm de LT encontrado por Villalobos (2009).

#### **5.4.9. Análisis de la Faca presente en pesca de arrastre de camarón pinky y fidel**

Para el análisis de la Faca capturada, basada en las muestras representativas de cada lance y para cada experimento, se utilizó la información contenida en los formularios 1 (pesos de camarón y Faca por lance), formulario 3 (datos de especies comerciales, dominantes o vulnerables) y el formulario 4 (para uso de capitanes), la cual fue digitada, resumida y ordenada en hojas de Excel. El primer análisis consistió en calcular el peso capturado en el total de los 33 lances, por red experimental y por número de experimento. Esto se hizo por grupo taxonómico (peces, crustáceos, moluscos y otros), y utilizando la información del formulario 1. De igual forma se realizó otro cálculo del peso total de los peces cartilaginosos y peces de interés comercial para la flota artesanal, entre estas: cabrillas, corvina agría, corvina reina, congrio y pargo seda. Las especies fueron mencionadas por su

nombre común, y el nombre científico de estas se puede encontrar en la sección de resultados. Finalmente, se identificaron los taxones dominantes dentro de las muestras de Faca, incluyendo a los que presentaron mayor número de individuos y su frecuencia de aparición como grupo dominante. También, se realizó el cálculo del porcentaje en peso dentro de la Faca total de las especies de peces cartilagosos y especies de interés comercial.

El estado de conservación de las especies presentes en Faca fue analizado con base en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2019), cuyas categorías de conservación son presentadas en el Cuadro 6.1; además, se revisó los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2018-2).

**Cuadro 6.1:** Criterios y categorías de la Lista Roja, establecidos en la versión 3.1, que es la utilizada actualmente y que establece los siguientes nueve criterios estructurados de mayor a menor riesgo (las abreviaciones oficiales provienen del nombre original en idioma inglés):

Número	Categoría	Abreviación
1	Extinta	EX
2	Extinta en estado silvestre	EW
3	En peligro crítico	CR
4	En peligro	EN
5	Vulnerable	VU
6	Casi amenazada	NT
7	Preocupación menor	LC
8	Datos insuficientes	DD
9	No evaluado	NE

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Resultados de los experimentos de reducción de Faca realizados en las pesquerías de camarón pinky.

Al comparar las capturas totales de Faca y camarón de la red control con la red experimental en los cuatro experimentos realizados en la pesca de camarón pinky, se encontró que las capturas de Faca fueron mayores, en todos los experimentos, en la red control comparada con la red experimental. Por su parte, las capturas de pinky de la red experimental, comparada con la red control, fueron superiores en los experimentos 1 y 4, pero en el caso experimento 4, las capturas de camarón fueron menores, comparadas con el experimento 1 (Cuadro 7).

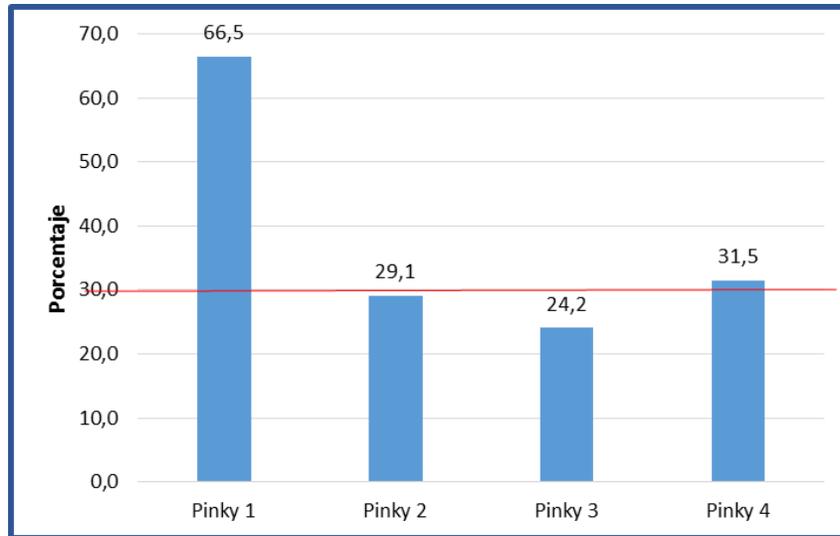
**Cuadro 7:** Total de Faca y camarón pinky (kg) capturado por la red control y la red experimental para cada uno de los experimentos realizados teniendo como pesca objetivo el camarón pinky.

Experimento	Faca red Control	Faca red Experimental	Pinky red Control	Pinky red Experimental	Total Faca y pinky
Pinky 1	3.777,0	1.263,5	1.238,5	3.233,0	9.512,0
Pinky 2	3.730,5	2.644,0	1.795,0	1.390,0	9.559,5
Pinky 3	2.882,0	2.185,8	1.219,5	636,5	6.923,8
Pinky 4	885,5	606,5	982,5	1.508,0	3.982,5

En el cuadro 8 se presentan los porcentajes de captura de Faca y camarón pinky, en cada uno de los experimentos, al comparar la red control contra la experimental. Se puede observar, que la red experimental en el experimento 1 fue la más exitosa, al capturar la menor cantidad de Faca, dando una diferencia entre cada una de las redes del 49,9% (Figura 10). Por otro lado, al analizar la diferencia de capturas de Faca entre ambas redes, contra la captura total de Faca, el porcentaje de disminución es de 66,5%, en el mismo experimento, lo cual es superior al 30% propuesto como meta de la investigación. En el caso del experimento 4, también tuvo una disminución mayor a esa meta, pero solo fue del 1,5% con respecto a lo propuesto. Finalmente es importante reportar, que en 30 de los lances del experimento 1 (91%), se obtuvieron porcentajes de reducción de Faca mayores al 30%, mientras que en el experimento 4 solo ocurrió en 17 de ellos, que representaron el 51,5%. Finalmente, en el caso de los experimentos 2 y 3, el porcentaje de disminución fue inferior al 30%, no lográndose la meta deseada.

**Cuadro 8:** Porcentajes de Faca capturados en cada uno de los experimentos y para cada una de las redes, en la pesca de arrastre de camarón pinky.

Experimento	% captura Faca red control	% captura Faca red Experimental	% Diferencia Captura Faca red control Vr. Red experimental	Diferencia Captura Faca red control Vr. Experimental (kg)	% Disminución captura faca red experimental Vr. red control
Pinky 1	74,9	25,1	49,9	2.513,5	66,5
Pinky 2	58,5	41,5	17,0	1.086,5	29,1
Pinky 3	56,9	43,1	13,7	696,2	24,2
Pinky 4	59,3	40,7	18,7	279,0	31,5

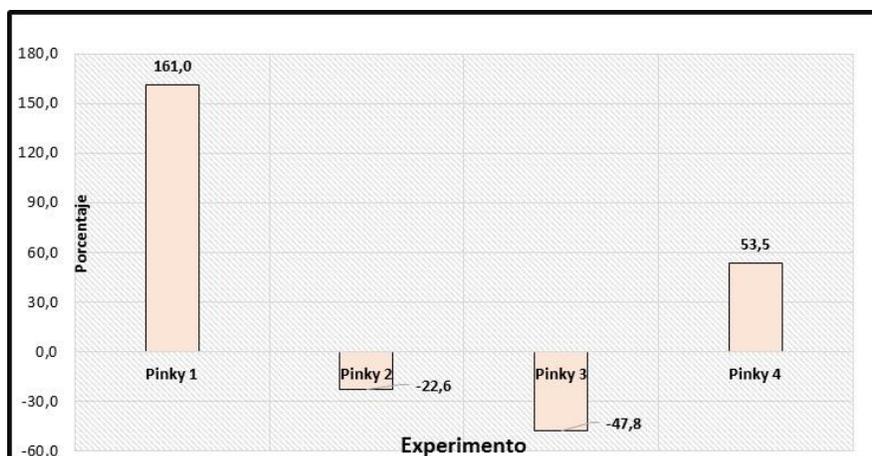


**Figura 10:** Porcentajes de disminución o aumento de Faca, de la red experimental con respecto a la red control, para cada uno de los cuatro experimentos en la pesca de camarón pinky. En rojo la meta propuesta.

Relacionado con la captura de camarón, los resultados son presentados en el cuadro 9. La red experimental tuvo porcentajes de captura más altos en los experimentos 1 y 4 (72,3% y 60,6% respectivamente), lo anterior con respecto al camarón total capturado. Sin embargo, al comparar las diferencias de captura de camarón entre ambas redes, solo el experimento 1 fue exitoso, al tenerse una diferencia de 44,6% entre las capturas de camarón en ambas redes, lo cual representó una diferencia de 1.994,5 kg. Por otro lado, al analizar la diferencia de capturas de pinky entre ambas redes, contra la captura total de camarón, se obtuvo un porcentaje de aumento en las capturas del 161%, en el mismo experimento 1 (Figura 11). De manera antagónica, la red control capturó más camarón que la experimental en los experimentos 2 y 3.

**Cuadro 9:** Porcentajes de captura de camarón en cada uno de los experimentos y para cada una de las redes, en la pesca de arrastre de camarón pinky.

Experimento	% Captura pinky red control	% captura pinky red Experimental	% Diferencia captura pinky red experimental vr. Control	Diferencia Captura pinky red experimental vr. Control (kg)	% aumento o disminución capturas pinky red experimental vr. red Control
Pinky 1	27,7	72,3	44,6	1994,5	161,0
Pinky 2	56,4	43,6	-12,7	-405,0	-22,6
Pinky 3	65,7	34,3	-31,4	-583,0	-47,8
Pinky 4	39,4	60,6	21,1	525,5	53,5

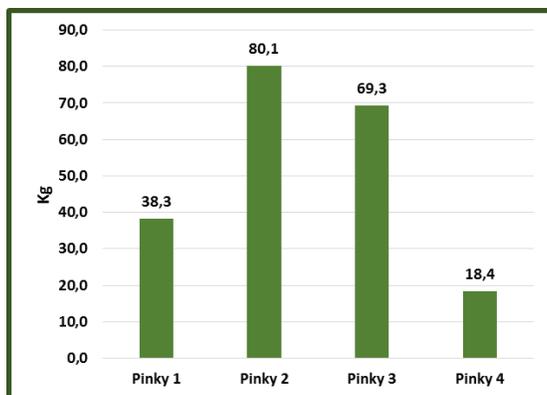


**Figura 11:** Porcentaje de aumento o disminución de las capturas de camarón pinky por la red experimental versus red control, en cada uno de los cuatro experimentos.

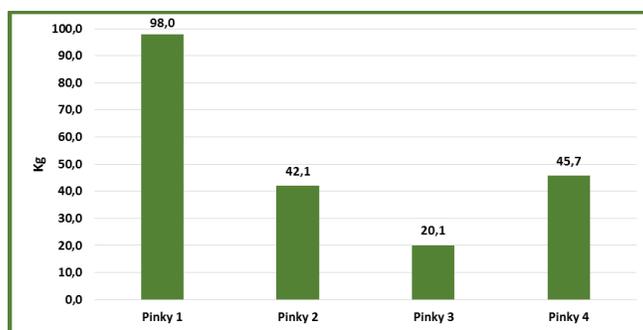
La captura promedio por lance es otro de los parámetros que nos indican la eficacia de la red experimental utilizada en el experimento 1 (Cuadro 10), ya que fue una de las redes que tuvo la menor captura promedio de Faca, la cual fue de 38,3 kg por lance (Figura 12) y a la vez fue la que tuvo el promedio más alto en captura de camarón (98,0 kg por lance), lo cual es presentado gráficamente en la figura 13. Por otro lado, la red experimental del experimento 4 tuvo una captura promedio de Faca muy baja (18,4 kg por lance), pero también tuvo una captura muy baja de camarón pinky (45,7 kg por lance). Por su parte, las redes experimentales utilizadas en los experimentos 2 y 3, tuvieron captura promedio alta de Faca, comparada con los de experimentos 1 y 4.

**Cuadro 10:** Captura promedio por lance (kg), de Faca y camarón pinky, por red y en cada uno de los cuatro experimentos.

Experimento	Capt. Prom. Faca red Control	Capt. Prom. Faca red experiment.	Capt. Prom. Pinky red Control	Capt. Prom. pinky por lance de la red experiment.
<b>Pinky 1</b>	114,5	38,3	37,5	98,0
<b>Pinky 2</b>	113,0	80,1	54,4	42,1
<b>Pinky 3</b>	91,3	69,3	37,7	20,1
<b>Pinky 4</b>	26,8	18,4	29,8	45,7



**Figura 12:** Captura promedio (kg) por lance de Faca por parte de las redes experimentales en los cuatro experimentos en la pesca de camarón pinky.



**Figura 13:** Captura promedio (kg) por lance de camarón pinky por parte de las redes experimentales en los cuatro experimentos.

Otro de los parámetros analizados fue la proporción de las capturas de camarón pinky versus Faca, con el objetivo de comparar estos resultados con respecto a otras investigaciones realizadas con camarón en otros países y los resultados de las cuatro redes experimentales son presentados en la Cuadro 11, siendo las mejores proporciones las obtenidas en los experimentos 1 y 4 (2,56 y 2,49 respectivamente).

**Cuadro 11:** Proporción de las capturas de camarón pinky versus Faca por parte de las redes experimentales en cada uno de los cuatro experimentos.

Experimento	% Captura faca por red Experimental	% captura camarón pinky red experimental	Proporción camarón Pinky/faca
Pinky 1	28,1	71,9	2,56
Pinky 2	65,5	34,5	0,53
Pinky 3	77,4	22,6	0,29
Pinky 4	28,7	71,3	2,49

En vista de que las redes experimentales 1 y 4 fueron tan exitosas en los parámetros antes analizados, entonces se hicieron pruebas de hipótesis, para conocer si las medias de capturas de Faca de la red experimental versus la red control eran diferentes estadísticamente. Para esto se aplicaron pruebas estadísticas t para dos muestras independientes suponiendo varianzas desiguales, alfa de 0,05, dando como resultado un estadístico t de 5,89 y 3,06 respectivamente, siendo ambas estadísticamente significativas (Cuadro 12). Por su parte, en el caso de la prueba de probabilidad p, los resultados fueron de 0,0, por lo que también se aceptó la hipótesis alternativa de que las medias eran diferentes, en ambos casos con una certeza del 100% de nivel de confianza.

Adicionalmente, también se realizaron las mismas pruebas para el caso de las medias de camarón pinky capturado en los mismos experimentos, dando estadísticos t de 8,22 y 3,82 respectivamente, siendo ambas también estadísticamente significativas (Cuadro 12). Por su parte, en el caso de la prueba de probabilidad p, los resultados fueron de 0,0, para ambos casos, por lo que también se aceptó la hipótesis alternativa de que las medias eran diferentes, en ambos casos con una certeza del 100% de nivel de confiabilidad. En vista de que en análisis realizados en otras investigaciones se utilizó el estadístico t para muestras pareadas, entonces también se calculó este t para este tipo de prueba, dando también significativo, con valores muy cercanos a los obtenidos con pruebas para muestras independientes.

**Cuadro 12:** Valores de t y de p. para dos colas en la prueba de t. Student al comparar las capturas de Faca y camarón por parte de la red experimental versus la red control en la pesca de camarón pinky.

Nº Experimento	T. Estad. Facas	P. dos colas	Hipotesis Nula	T. Estad. Cam.	P. dos colas	Hipotesis Nula
1	5,89	0,000	Se rechaza	8,92	0,000	Se rechaza
2	2,75	0,008	Se rechaza	1,76	0,080	Se acepta
3	1,42	0,160	Se acepta	4,04	0,000	Se rechaza
4	3,06	0,000	Se rechaza	3,82	0,000	Se rechaza
Nota: valor del Estadístico t. tabulado: 2 a 2.03 y valor de p. crítico para test de dos colas: <0,025						

## 6.2. Resultados de los experimentos de reducción de Faca realizados en las pesquerías de camarón fidel.

En el cuadro 13 se presentan las capturas totales de Faca y camarón en los cuatro experimentos realizados en la pesca de camarón fidel, encontrándose que las capturas de Faca fueron superiores en la red control, comparada con la red experimental, en todos los experimentos. Por su parte, las capturas de fidel por parte de la red experimental, comparada con la red control, fueron mayores en los

experimentos 1, 2 y 4, pero en los experimentos 2 y 4, las capturas de Faca, por parte de la red experimental fueron muy altas.

**Cuadro 13:** Total de Faca y camarón fidel (kg) capturado por la red control y la red experimental durante los 33 lances realizados en cada uno de los experimentos, teniendo como pesca objetivo el camarón fidel.

Experimento	Faca red Control	Faca red Experimental	Fidel red Control	Fidel red Experimental	Total Faca y fidel
<b>Fidel 1</b>	8.299,5	2.843,0	2.827,5	3.582,5	17.552,5
<b>Fidel 2</b>	6.976,0	4.573,5	2.775,5	2.833,5	17.158,5
<b>Fidel 3</b>	7.026,0	4.252,0	2.577,5	1.472,0	15.327,5
<b>Fidel 4</b>	7.838,0	4.031,0	3.007,0	3.398,0	18.274,0

En el cuadro 14 se presentan los porcentajes de captura de Faca y camarón fidel, en cada uno de los experimentos, al comparar la red control contra la experimental. Se puede observar, que la red experimental en el experimento 1 fue la más eficiente en cuanto a disminuir la captura de Faca, dando una diferencia con respecto a la red control del 49%. Por otro lado, al analizar la diferencia de capturas de Faca entre ambas redes, contra la captura total de Faca, se obtuvo un porcentaje de disminución del 65,7%, en el mismo experimento, lo cual es superior al 30% propuesto como meta de la investigación (Figura 14). En el caso de los otros tres experimentos, también se obtuvieron disminuciones mayores a esa meta, pero no tan altas, comparadas con el experimento 1. Finalmente es importante reportar, que en 30 de los lances del experimento 1 (91%), se obtuvieron porcentajes de reducción de Faca mayores al 30%, mientras que en el experimento 4 también fue alto, ocurriendo en 27 de ellos que representaron el 81,8%.

**Cuadro 14:** Porcentajes de Faca capturados en cada uno de los experimentos y para cada una de las redes, en la pesca de arrastre de camarón fidel.

Experimento	% captura Faca red control	% captura Faca red Experimental	% Diferencia Captura Faca red control Vr. Red experimental	Diferencia Captura Faca red control Vr. Experim. (kg)	% Disminución faca red experimental Vr. red control
<b>Fidel 1</b>	74,5	25,5	49,0	5.456,5	65,7
<b>Fidel 2</b>	60,4	39,6	20,8	2.402,5	34,4
<b>Fidel 3</b>	62,3	37,7	24,6	2.774,0	39,5
<b>Fidel 4</b>	66,0	34,0	32,1	3.807,0	48,6

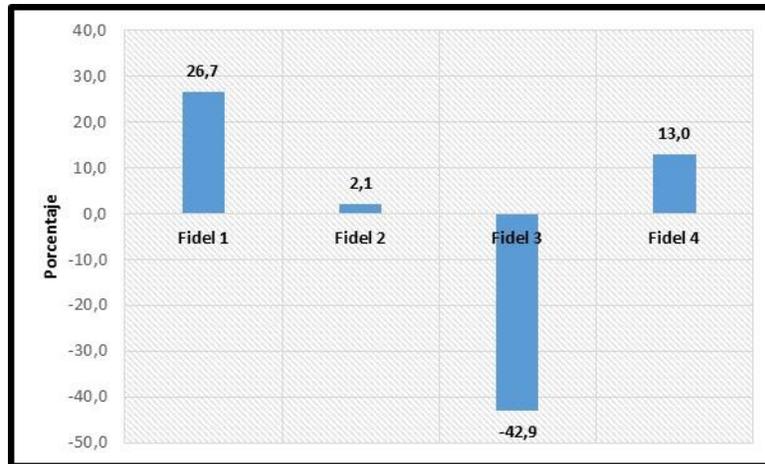


**Figura 14:** Porcentajes de disminución de Faca, de la red experimental con respecto a la red control, para cada uno de los cuatro experimentos en la pesca de camarón fidel. En rojo la meta propuesta.

Relacionado con la captura de camarón, los resultados son presentados en el cuadro 15. Las redes experimentales tuvieron porcentajes de captura altos, superiores al 50% en los experimentos 1, 2 y 4, lo anterior con respecto al camarón total capturado, siendo un poco más alto el porcentaje del experimento 1, obteniéndose una diferencia de solo 11,8%, entre las capturas de camarón de la red experimental versus la de control, lo cual representó una diferencia de 755 kg de camarón fidel. Por otro lado, al analizar la diferencia de capturas de fidel entre ambas redes, contra la captura total de camarón, da un porcentaje de aumento en las capturas del 26,7%, en el mismo experimento 1 (Figura 15). Ese porcentaje está muy por debajo de los obtenidos con las capturas con pinky, mientras que en los otros experimentos, las diferencias fueron todavía más pequeñas.

**Cuadro 15:** Porcentajes de captura de camarón en cada uno de los experimentos y para cada una de las redes, en la pesca de arrastre de camarón fidel.

Experimento	% Captura fidel red control	% captura fidel red Experimental	% Diferencia captura fidel red experimental vr. Control	Diferencia Captura fidel red experimental vr. Control (kg)	% aumento capturas fidel red experimental vr. red Control
<b>Fidel 1</b>	44,1	55,9	11,8	755,0	26,7
<b>Fidel 2</b>	49,5	50,5	1,0	58,0	2,1
<b>Fidel 3</b>	63,6	36,4	-27,3	-1105,5	-42,9
<b>Fidel 4</b>	46,9	53,1	6,1	391,0	13,0

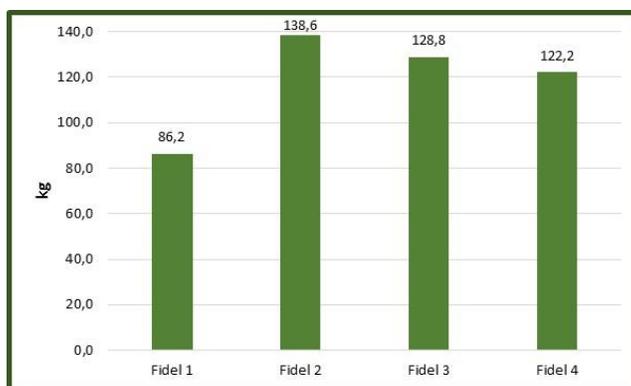


**Figura 15:** Porcentaje de aumento de las capturas de camarón fidel por la red experimental versus red control, en cada uno de los cuatro experimentos.

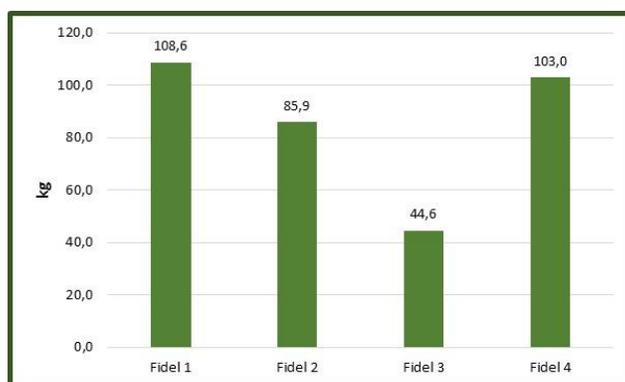
La captura promedio por lance es otro de los parámetros que nos indican lo eficiente que fue la red experimental utilizada en el experimento 1 (Cuadro 16), ya que fue una de las redes que tuvo la menor captura promedio de Faca, siendo esta de 86,2 kg por lance (Figura 16) y a la vez fue la que tuvo el promedio más alto en captura de camarón (108,6 kg por lance). Por su parte, la red experimental en el experimento 4 también tuvo un promedio alto de captura de fidel (103 kg por lance), pero su captura de Faca (122 kg por lance) también fue alto, comparado con la del experimento 1 (Figura 17).

**Cuadro 16:** Captura promedio por lance (kg), de Faca y camarón fidel, por red y en cada uno de los cuatro experimentos.

Experimento	Capt. Prom. Faca red Control	Capt. Prom. Faca red experiment.	Capt. Prom. fidel red Control	Capt. Prom. fidel por lance de la red experiment.
<b>Fidel 1</b>	251,5	86,2	85,7	108,6
<b>Fidel 2</b>	211,4	138,6	84,1	85,9
<b>Fidel 3</b>	212,9	128,8	78,1	44,6
<b>Fidel 4</b>	237,5	122,2	91,1	103,0



**Figura 16:** Captura promedio por lance de Faca por parte de las redes experimentales en los cuatro experimentos realizados en la pesquería de camarón fidel.



**Figura 17:** Captura promedio por lance de camarón fidel por parte de las redes experimentales en los cuatro experimentos.

Otro de los parámetros analizados fue la proporción de las capturas de camarón fidel versus Faca, con el objetivo de comparar estos resultados con respecto a otras investigaciones realizadas con camarón en otros países. Los resultados de las redes experimentales son presentados en el cuadro 17, siendo las mejores proporciones las obtenidas en los experimentos 1 y 4, al igual que sucedió en la pesca de camarón pinky.

**Cuadro 17:** Proporción de captura de camarón fidel versus Faca por parte de las redes experimentales en cada uno de los cuatro experimentos.

Experimento	% Captura faca por red Experimental	% captura camarón pinky red experimental	Proporción camarón Pinky/faca
<b>Fidel 1</b>	44,2	55,8	1,260
<b>Fidel 2</b>	61,7	38,3	0,620
<b>Fidel 3</b>	74,3	25,7	0,346
<b>Fidel 4</b>	54,3	45,7	0,843

### 6.3. Análisis Estadístico a las medias de captura en la pesquería de camarón fidel.

En los cuadro 18 se presentan los resultados de las pruebas de hipótesis, tendientes a determinar si las medias de capturas de Faca y de camarón de la red experimental versus la red control, en la pesca de camarón fidel, eran diferentes. En vista de que las redes experimentales 1 y 4 fueron sobresalientes en la reducción de Faca, entonces se hizo énfasis en sus resultados. Se hicieron las mismas pruebas que en el caso de camarón pinky, dando un estadístico t de 8,05 y 4,64 respectivamente, siendo ambas estadísticamente significativas (Cuadro 18). Por su parte, en el caso de la prueba de probabilidad p, los resultados fueron de 0,00, por lo que también se aceptó la hipótesis alternativa de que las medias eran diferentes, en ambos casos con una certeza del 100% de nivel de confianza.

Por su parte, para el caso de las medias de captura de camarón fidel, para los mismos experimentos 1 y 4, los resultados del estadístico t fueron 2,69 y 1,47 respectivamente, siendo estadísticamente significativas solo para el primer experimento, mientras que para el segundo no lo fue, concluyéndose que las medias de captura no eran diferentes (Cuadro 18). Por otro lado, en el caso de la prueba de probabilidad p, los resultados fueron de 0,0 y 0,15 respectivamente, siendo congruentes con la prueba t, ya que, para el caso del experimento 1 se puede concluir que las medias eran diferentes, mientras que en el caso del experimento 4, el valor obtenido de 0,15 es mayor al  $\alpha/2$  de 0,025, cayendo este valor en la zona de rechazo de la hipótesis nula, concluyéndose que las medias de captura de camarón de la red control versus la red experimental en el experimento 4 eran iguales estadísticamente. En el caso del estadístico t para muestras pareadas, los resultados fueron parecidos a los obtenidos con pruebas de muestras independientes.

**Cuadro 18:** Valores de t y de p para dos colas en la prueba de t. Student al comparar las capturas de Faca y camarón por parte de la red experimental versus la red control en la pesca de camarón fidel.

N° Experimento	T. Estad. Facas	P. dos colas	Hipotesis Nula	T. Estad. Cam.	P. dos colas	Hipotesis Nula
1	8,05	0,000	Se rechaza	2,69	0,010	Se rechaza
2	4,64	0,000	Se rechaza	0,13	0,890	Se acepta
3	5,21	0,000	Se rechaza	4,95	0,000	Se rechaza
4	4,64	0,000	Se rechaza	1,47	0,150	Se acepta
<p>Nota: valor del Estadístico t. tabulado: 2 a 2.03 y valor de p. crítico para test de dos colas: &lt;0,025</p>						

## 6.4. Análisis biométrico en Camarón pinky

### 6.4.1. Proporción Sexual

En el experimento 1, tanto la red control como la experimental capturaron mayores porcentajes de machos, 55 y 62%, respectivamente. En el experimento 2 y 3, la red control capturó igual porcentaje de machos y hembras (50%); mientras que la red experimental presentó valores más altos de hembras 56% y 70%, respectivamente. Finalmente, en el experimento 4 la red control y experimental capturaron los porcentajes más altos de hembras, siendo de 72% y 85%, respectivamente (Cuadro 19).

**Cuadro 19:** Proporción sexual registrada en los experimentos de camarón pinky en el O. Pacífico de Costa Rica.

Experimento 1	Red Control		Red Experimental	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Número de individuos	634	518	750	460
Proporción sexual	55	45	62	38
Experimento 2	Red Control		Red Experimental	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Número de individuos	601	603	523	676
Proporción sexual	50	50	44	56
Experimento 3	Red Control		Red Experimental	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Número de individuos	605	600	361	858
Proporción sexual	50	50	30	70
Experimento 4	Red Control		Red Experimental	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Número de individuos	209	550	117	650
Proporción sexual	28	72	15	85

### 6.4.2. Estructura de tallas (según longitud total)

Los machos capturados con las redes control presentaron un intervalo de longitud total entre 92-173 mm; mientras que en las redes experimentales se analizaron machos con tallas entre los 98 y 166 mm (Cuadro 20). Tanto en la red control como en la experimental se presentaron tallas medias de captura de 118 y 119 mm en todos los experimentos. No se presentaron diferencias significativas en la longitud total de los machos entre la red control y experimental de cada experimento (Cuadro 21). La mayor frecuencia de machos en la red control y experimental se encontró entre los 110,1 y 130 mm (Figuras 18 a 21).

En los cuatro experimentos, la mayor frecuencia de hembras en la red control y experimental se encontró entre los 130,1 y 180 mm (Figuras 18 a 21). La red experimental del experimento 3 capturó las hembras con mayor talla media (157 mm), seguido por la red experimental del experimento 1 (154 mm); mientras que en la red control del experimento 1 se presentó la menor talla media de captura (141

mm) (Cuadro 20). Se encontraron diferencias significativas en la longitud total de las hembras entre la red control y experimental del experimento 1, 3 y 4 (Cuadro 21). Mediante el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre las longitudes de las hembras en las redes experimentales ( $p= 6,053E-57$ ). Con la prueba de Tukey se identificaron diferencias significativas en todos los pares de experimentos (Cuadro 22).

**Cuadro 20:** Longitud máxima, mínima y media de captura (mm) registrada en los experimentos de camarón pinky en el pacífico de Costa Rica.

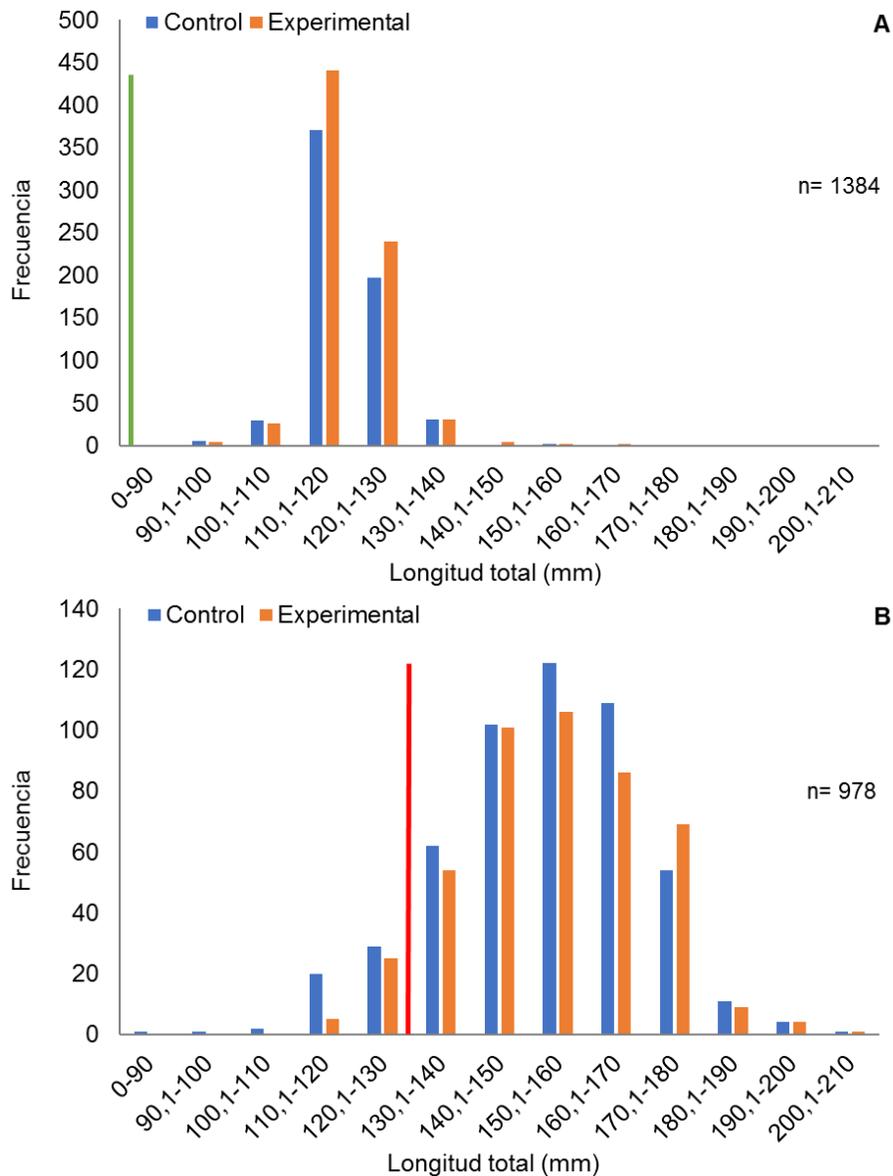
<b>Experimento 1</b>	Machos		Hembras	
	Red Control	Red Experimental	Red Control	Red Experimental
Longitud máxima	155	164	201	207
Longitud mínima	95	98	87	110
Longitud media	119	119	152	154
<b>Experimento 2</b>	Machos		Hembras	
	Red Control	Red Experimental	Red Control	Red Experimental
Longitud máxima	160	164	207	193
Longitud mínima	95	98	110	115
Longitud media	119	119	150	150
<b>Experimento 3</b>	Machos		Hembras	
	Red Control	Red Experimental	Red Control	Red Experimental
Longitud máxima	173	166	192	200
Longitud mínima	92	98	108	111
Longitud media	118	118	151	157
<b>Experimento 4</b>	Machos		Hembras	
	Red Control	Red Experimental	Red Control	Red Experimental
Longitud máxima	144	136	185	201
Longitud mínima	99	100	105	106
Longitud media	118	118	141	146

**Cuadro 21:** Prueba de t de Student para comparar las longitudes totales de los machos y hembras de camarón pinky entre la red control y experimental de cada experimento (\*: diferencias significativas).

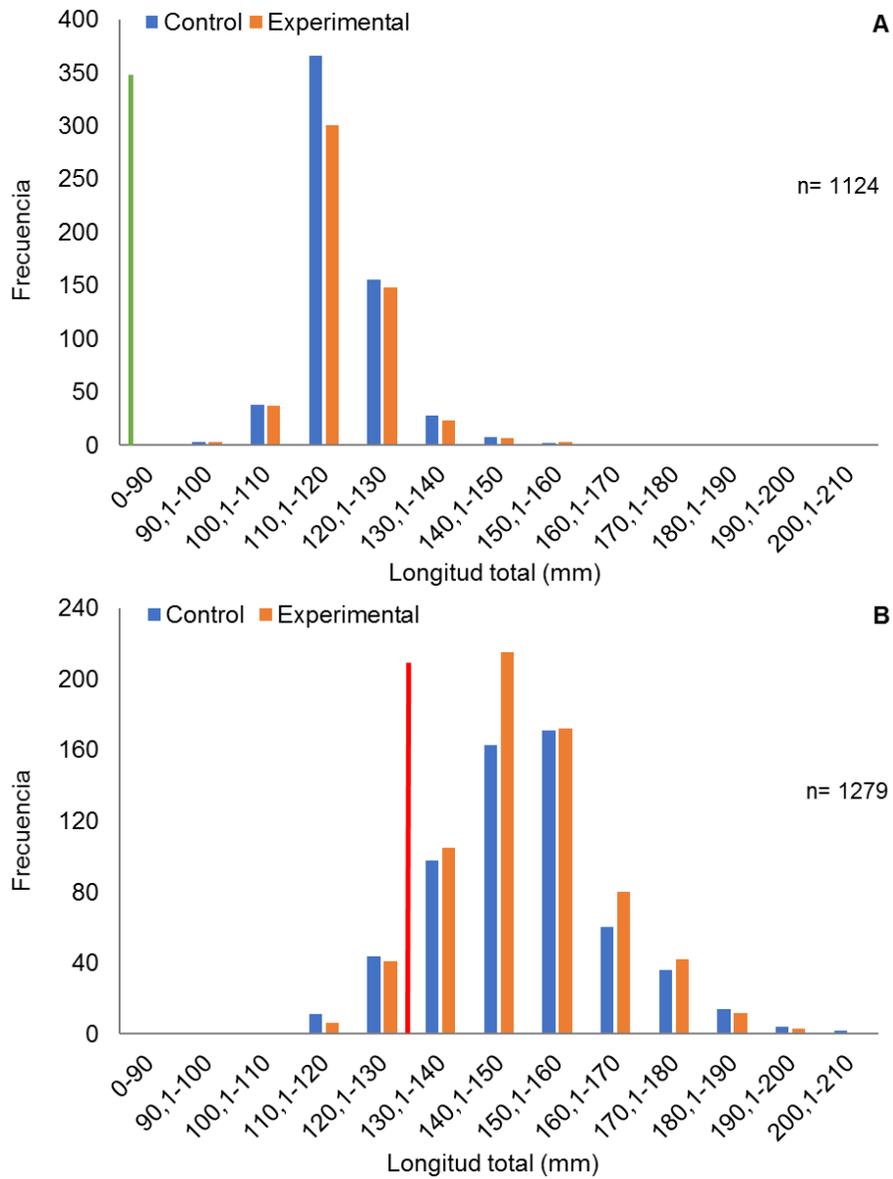
<b>Experimento 1</b>		<b>t</b>	<b>p</b>
Machos	Red Control	-0,813	0,416
	Red Experimental		
Hembras	Red Control	-2,047	0,041*
	Red Experimental		
<b>Experimento 2</b>		<b>t</b>	<b>p</b>
Machos	Red Control	-0,083	0,934
	Red Experimental		
Hembras	Red Control	-0,198	0,844
	Red Experimental		
<b>Experimento 3</b>		<b>t</b>	<b>p</b>
Machos	Red Control	-0,825	0,41
	Red Experimental		
Hembras	Red Control	-7,785	0,000*
	Red Experimental		
<b>Experimento 4</b>		<b>t</b>	<b>p</b>
Machos	Red Control	-0,438	0,662
	Red Experimental		
Hembras	Red Control	-7,328	0,000*
	Red Experimental		

**Cuadro 22:** Resultado de la prueba de Tukey para determinar los pares de experimentos que presentan diferencias significativas con respecto a las longitudes totales de las hembras (\*: diferencias significativas).

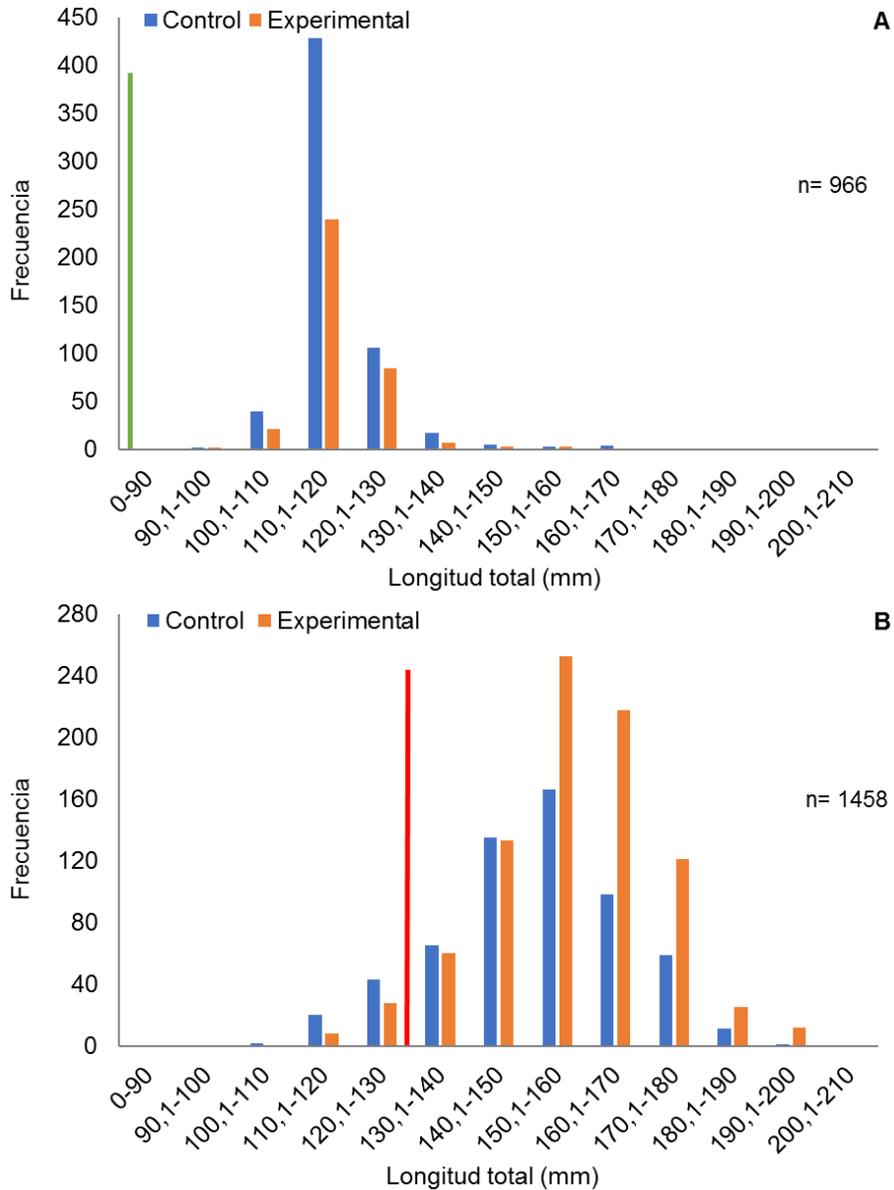
<b>Prueba de Tukey</b>	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
Experimento 1		0,000*	0,001*	0,000*
Experimento 2	8,37		0,000*	0,000*
Experimento 3	5,50	13,87		0,000*
Experimento 4	14,88	6,51	20,38	



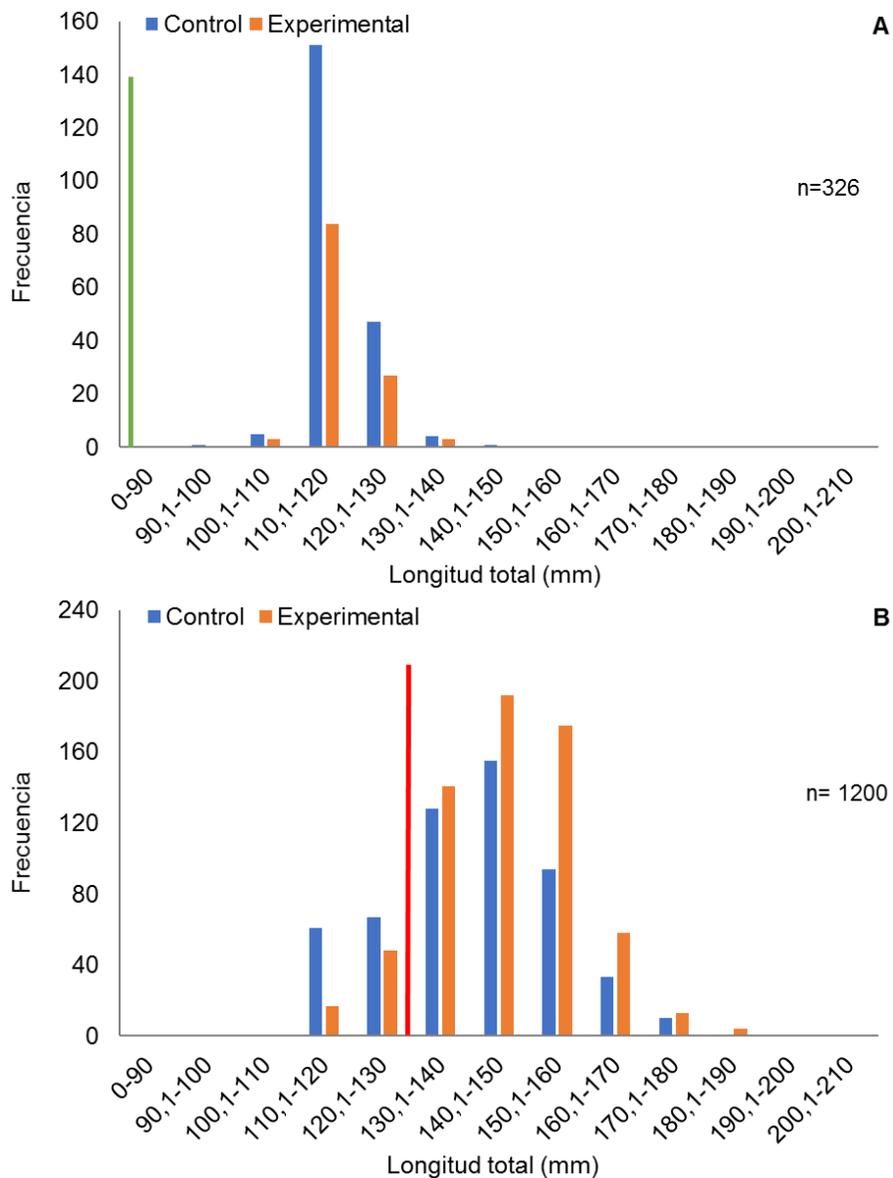
**Figura 18:** Distribución de frecuencia de tallas de machos (A) y hembras (B) del experimento 1 de camarón pinky según tipo de red (control o experimental). Línea vertical verde representa TPMS para los machos (83,2 mm), mientras que la línea roja vertical corresponde a la TPMS para las hembras (130,6 mm).



**Figura 19:** Distribución de frecuencia de tallas de machos (A) y hembras (B) del experimento 2 de camarón pinky según tipo de red (control o experimental). Línea vertical verde representa TPMS para los machos (83,2 mm), mientras que la línea roja vertical corresponde a la TPMS para las hembras (130,6 mm).



**Figura 20:** Distribución de frecuencia de tallas de machos (A) y hembras (B) del experimento 3 de camarón pinky según tipo de red (control o experimental). Línea vertical verde representa TPMS para los machos (83,2 mm), mientras que la línea roja vertical corresponde a la TPMS para las hembras (130,6 mm).



**Figura 21:** Distribución de frecuencia de tallas de machos (A) y hembras (B) del experimento 4 de camarón pinky según tipo de red (control o experimental). Línea vertical verde representa TPMS para los machos (83,2 mm), mientras que la línea roja vertical corresponde a la TPMS para las hembras (130,6 mm).

#### 6.4.3. Porcentaje de individuos por encima y por debajo de la TPMS en pinky.

Todos los machos analizados de ambas redes para cada uno de los experimentos se encontraron por encima de la TPMS (Cuadro 23 y Figuras 18 a 21). Por último, con la red experimental 3 se capturó el porcentaje de hembras más alto por encima de la TPMS (95,8%), seguido por la red experimental 1 (93,5%) y 2 (93%); mientras

que el porcentaje más bajo de hembras por encima de la TPMS fue de 76,5% en la red control del experimento 4 (Cuadro 23).

**Cuadro 23:** Porcentaje de machos y hembras por encima y por debajo de la talla de primera madurez sexual (TPMS) encontrados en los experimentos de camarón pinky.

<b>Experimento 1</b>	Machos		Hembras	
	Red Control	Red Experimental	Red Control	Red Experimental
Por encima de TPMS	100	100	89,8	93,5
Por debajo de TPMS	0	0	10,2	6,5
<b>Experimento 2</b>	Machos		Hembras	
	Red Control	Red Experimental	Red Control	Red Experimental
Por encima de TPMS	100	100	90,9	93,0
Por debajo de TPMS	0	0	9,1	7,0
<b>Experimento 3</b>	Machos		Hembras	
	Red Control	Red Experimental	Red Control	Red Experimental
Por encima de TPMS	100	100	89,2	95,8
Por debajo de TPMS	0	0	10,8	4,2
<b>Experimento 4</b>	Machos		Hembras	
	Red Control	Red Experimental	Red Control	Red Experimental
Por encima de TPMS	100	100	76,5	89,8
Por debajo de TPMS	0	0	23,5	10,2

## 6.5. Análisis biométrico en Camarón fidel

### 6.5.1. Proporción Sexual

En la red control del experimento 1 el porcentaje de hembras fue de 52%, mientras que en la red experimental su valor fue de 48%. En el experimento 2 las hembras dominaron las capturas de la red control (67%) y experimental (70%). De igual forma, en el experimento 3 se capturaron más hembras en ambas redes, representando porcentajes de 61% (control) y 64% (experimental). Finalmente, en la red control del experimento 4 se encontraron más hembras (55%) y en la red experimental mayor porcentaje de machos (53%) (Cuadro 24).

**Cuadro 24:** Proporción sexual registrada en los experimentos de camarón fidel en el O. Pacífico de Costa Rica.

<b>Experimento 1</b>	Red Control		Red Experimental	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Número de individuos	627	677	662	611
Proporción sexual	48	52	52	48
<b>Experimento 2</b>	Red Control		Red Experimental	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Número de individuos	429	889	399	919
Proporción sexual	33	67	30	70
<b>Experimento 3</b>	Red Control		Red Experimental	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Número de individuos	510	810	472	848
Proporción sexual	39	61	36	64
<b>Experimento 4</b>	Red Control		Red Experimental	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Número de individuos	469	565	542	478
Proporción sexual	45	55	53	47

### 6.5.2. Estructura de tallas (según longitud total)

Los machos capturados en los cuatro experimentos con la red control y experimental presentaron una talla media entre los 125 y 127 mm (Cuadro 25). Se encontraron diferencias significativas en la longitud total de los machos entre la red control y experimental del experimento 1 y 4 (Cuadro 26). El intervalo de tallas más frecuente en ambas redes de todos los experimentos fue de 112,1-142 mm (Figuras 22 al 25).

En el experimento 1, la red control capturó hembras con una talla media de 131 mm y en la red experimental el valor fue de 136 mm. En el experimento 2 y 3, ambas redes capturaron hembras con tallas medias entre 138 y 141 mm. En el experimento 4 la red control presentó un valor promedio más alto (138 mm) que la red experimental (136 mm) (Cuadro 25). Se encontraron diferencias significativas en la longitud total de las hembras entre la red control y experimental del experimento 1, 3 y 4 (Cuadro 36). El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre las longitudes de las hembras en las redes experimentales ( $p= 2,403E-17$ ). Con la prueba de Tukey se identificaron diferencias entre las longitudes de las hembras del experimento 1 con el experimento 2 y 3; entre las hembras del experimento 2 con el experimento 4; y entre las hembras del experimento 3 con el experimento 4 (Cuadro 27).

La mayoría de hembras capturadas con la red control en el experimento 1 se encontraron entre los 112,1-152 mm; mientras que en la red control el intervalo fue

de 122,1-152 mm. En el resto de los experimentos con amabas redes el intervalo de mayor frecuencia de hembras se mantuvo entre 122,1-152 mm (Figuras 22 a 25).

**Cuadro 25:** Longitud máxima, mínima y media de captura (mm) registrada en los experimentos de camarón fidel en el O. Pacífico de Costa Rica.

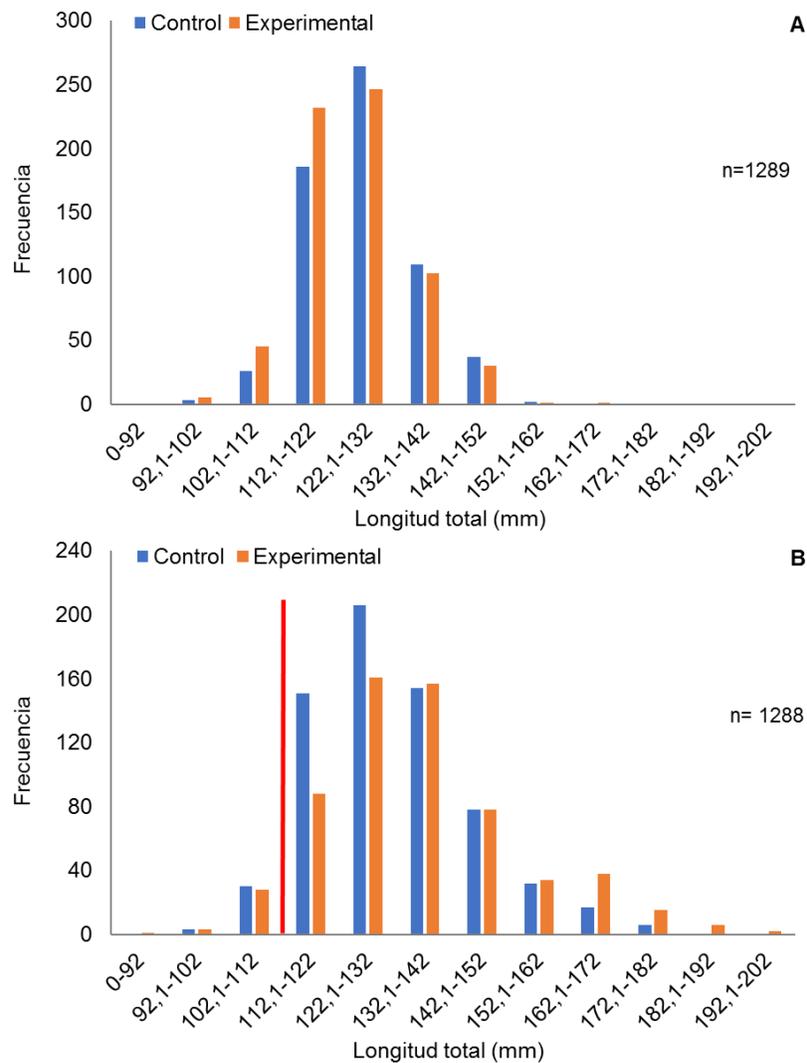
<b>Experimento 1</b>	Machos		Hembras	
	Control	Experimental	Control	Experimental
Longitud máxima	153	164	181	196
Longitud mínima	99	96	96	85
Longitud media	126	125	131	136
<b>Experimento 2</b>	Machos		Hembras	
	Control	Experimental	Control	Experimental
Longitud máxima	148	157	186	188
Longitud mínima	79	105	103	94
Longitud media	127	127	140	141
<b>Experimento 3</b>	Machos		Hembras	
	Control	Experimental	Control	Experimental
Longitud máxima	148	150	184	190
Longitud mínima	95	103	95	105
Longitud media	125	126	138	140
<b>Experimento 4</b>	Machos		Hembras	
	Control	Experimental	Control	Experimental
Longitud máxima	159	172	189	183
Longitud mínima	100	97	98	101
Longitud media	127	125	138	136

**Cuadro 26:** Prueba de t de Student para comparar las longitudes totales de los machos y hembras de camarón fidel entre la red control y experimental de cada experimento.

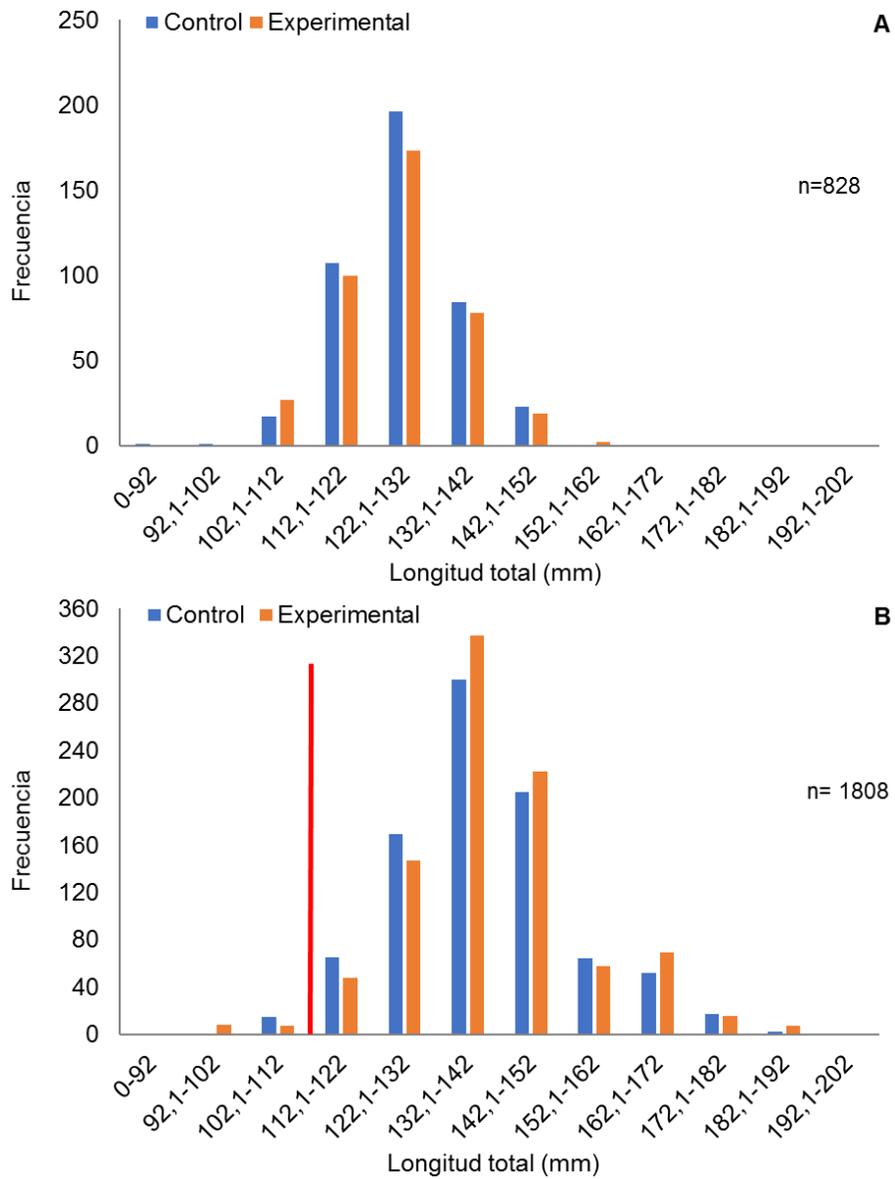
<b>Experimento 1</b>		<b>t</b>	<b>p</b>
Machos	Red Control	2,827	0,005*
	Red Experimental		
Hembras	Red Control	-4,966	0,000*
	Red Experimental		
<b>Experimento 2</b>		<b>t</b>	<b>p</b>
Machos	Red Control	0,024	0,981
	Red Experimental		
Hembras	Red Control	-1,859	0,063
	Red Experimental		
<b>Experimento 3</b>		<b>t</b>	<b>p</b>
Machos	Red Control	-1,155	0,248
	Red Experimental		
Hembras	Red Control	-3,913	0,000*
	Red Experimental		
<b>Experimento 4</b>		<b>t</b>	<b>p</b>
Machos	Red Control	2,521	0,011*
	Red Experimental		
Hembras	Red Control	2,721	0,007*
	Red Experimental		

**Cuadro 27:** Resultado de la prueba de Tukey para determinar los pares de experimentos que presentan diferencias significativas con respecto a las longitudes totales de las hembras (\*: diferencias significativas).

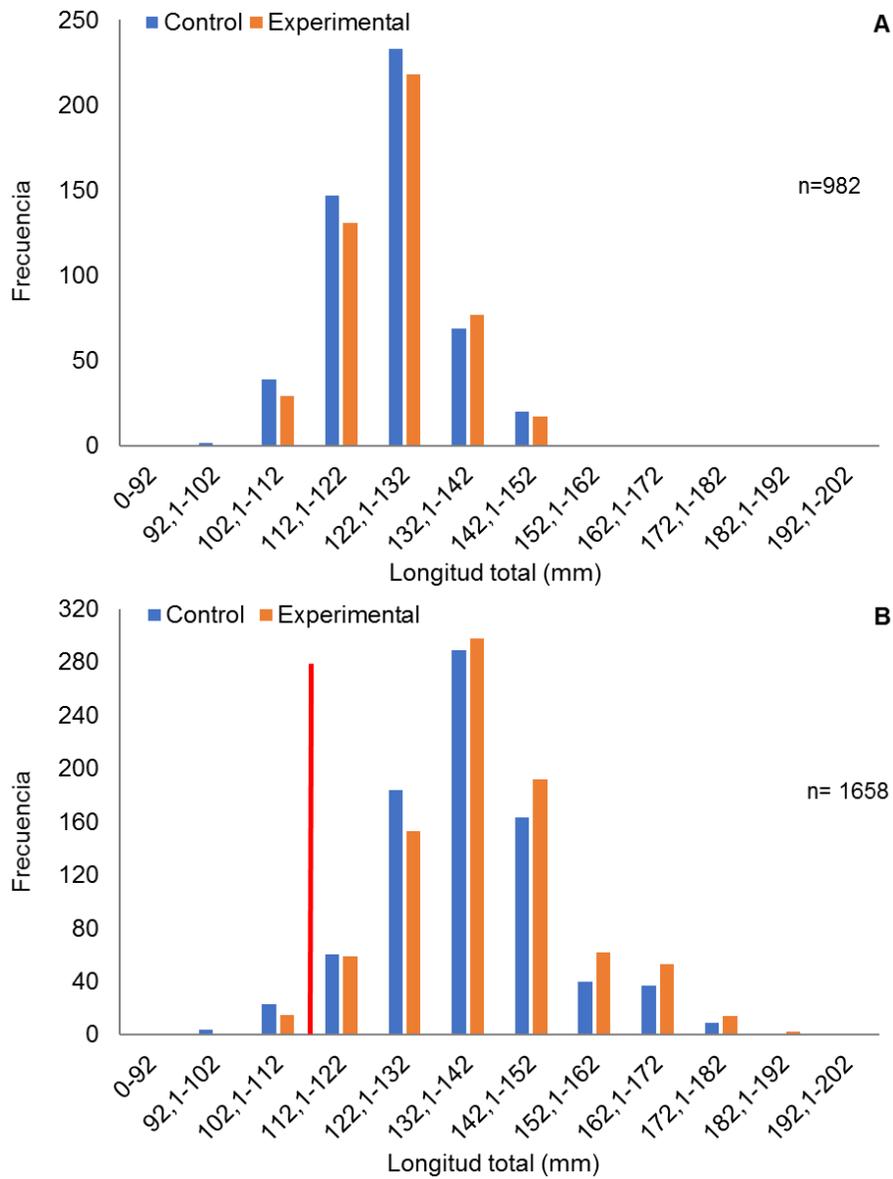
<b>Prueba de Tukey</b>	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
Experimento 1		0,000*	0,000*	0,854
Experimento 2	9,25		0,530	0,000*
Experimento 3	7,34	1,91		0,000*
Experimento 4	1,13	10,38	8,47	



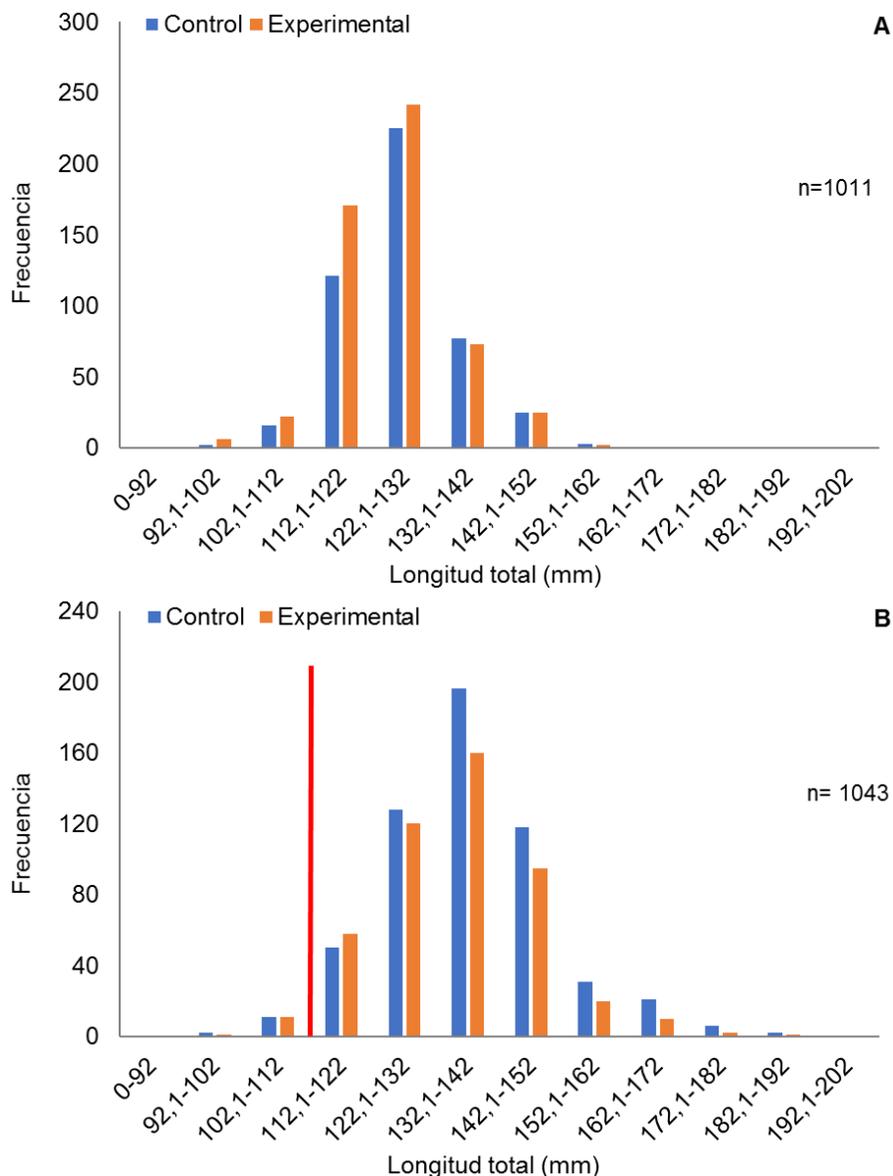
**Figura 22:** Distribución de frecuencia de tallas de machos (A) y hembras (B) del experimento 1 de camarón fidel según tipo de red (control o experimental). Línea roja vertical corresponde a la TPMS para las hembras (112,6 mm).



**Figura 23:** Distribución de frecuencia de tallas de machos (A) y hembras (B) del experimento 2 de camarón fidel según tipo de red (control o experimental). Línea roja vertical corresponde a la TPMS para las hembras (112,6 mm).



**Figura 24:** Distribución de frecuencia de tallas de machos (A) y hembras (B) del experimento 3 de camarón fidel según tipo de red (control o experimental). Línea roja vertical corresponde a la TPMS para las hembras (112,6 mm).



**Figura 25:** Distribución de frecuencia de tallas de machos (A) y hembras (B) del experimento 4 de camarón fidel según tipo de red (control o experimental). Línea roja vertical corresponde a la TPMS para las hembras (112,6 mm).

### 6.5.3. Porcentaje de individuos por encima y por debajo de la TPMS en fidel

Para los cuatro experimentos en la red control y experimental el porcentaje de hembras por encima de la TPMS fue superior a 94%. El valor más alto de hembras por debajo de la TPMS fue de 5,2% en la red experimental del experimento 1 (Cuadro 28).

**Cuadro 28:** Porcentaje de hembras por encima y por debajo de la talla de primera madurez sexual (TPMS) encontrados en los experimentos de camarón fidel.

<b>Experimento 1</b>	Red Control	Red Experimental
Por encima de TPMS	95,1	94,8
Por debajo de TPMS	4,9	5,2
<b>Experimento 2</b>	Red Control	Red Experimental
Por encima de TPMS	98,3	98,4
Por debajo de TPMS	1,7	1,6
<b>Experimento 3</b>	Red Control	Red Experimental
Por encima de TPMS	96,7	98,2
Por debajo de TPMS	3,3	1,8
<b>Experimento 4</b>	Red Control	Red Experimental
Por encima de TPMS	97,7	97,5
Por debajo de TPMS	2,3	2,5

## 6.6. Análisis de la Faca de pesca de arrastre de camarón pinky

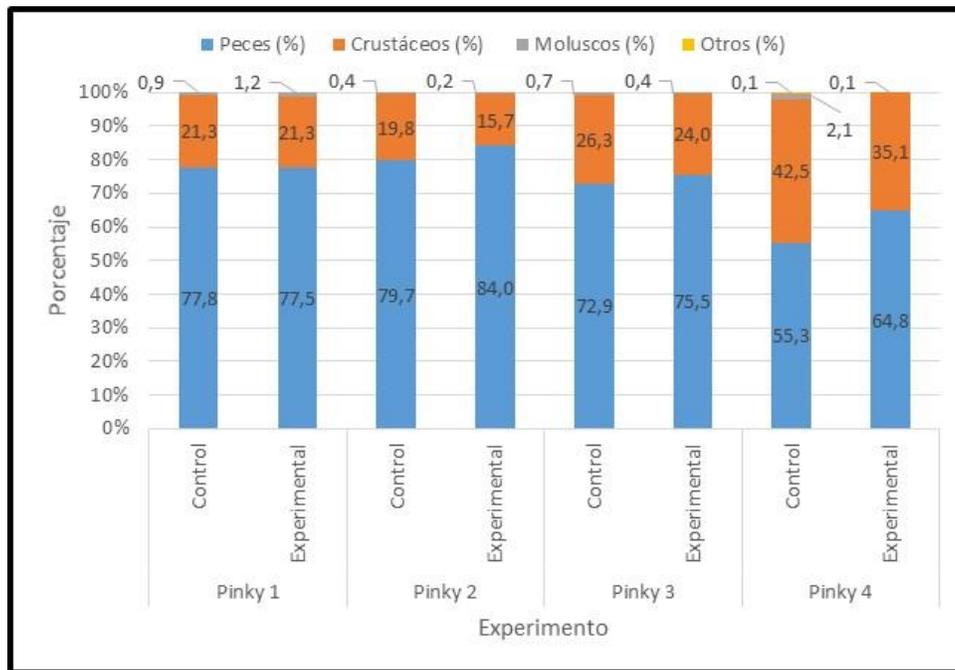
### 6.6.1. Composición de la Faca en pesca de arrastre de camarón pinky por grupo

Al analizar la composición de grupos de organismos (peces, crustáceos, moluscos y otros) dentro de las muestras de Faca de camarón pinky, se puede observar que en términos generales los peces representaron la mayor parte de la biomasa capturada, con un 75,9% del peso, en segundo lugar, los crustáceos con un 23,4%, y los moluscos y otros grupos representaron menos del 1%. Las muestras analizadas de Faca representaron una quinta parte del total de la Faca capturada (Cuadro 29).

**Cuadro 29:** Peso por grupo dentro de muestra de Faca de pesca de arrastre de camarón pinky por red para cada experimento.

Experimento	Tipo de Red	Peces (kg)	Crustáceos (kg)	Moluscos (kg)	Otros (kg)	Total muestra de FACA (kg)	Total de FACA (kg)	% del peso total de FACA
<b>Pinky 1</b>	Control	352,0	96,5	4,0	0,0	452,4	3777	12,0
	Experimental	290,6	80,1	4,4	0,0	375,0	1263,5	29,7
<b>Pinky 2</b>	Control	451,0	112,2	2,1	0,3	565,5	3730,5	15,2
	Experimental	513,0	96,0	1,4	0,1	610,4	2644	23,1
<b>Pinky 3</b>	Control	413,1	149,1	4,2	0,0	566,4	2882	19,7
	Experimental	443,2	141,1	2,3	0,3	586,8	2185,8	26,8
<b>Pinky 4</b>	Control	113,5	87,2	4,3	0,3	205,3	885,5	23,2
	Experimental	135,5	73,5	0,2	0,0	209,2	606,5	34,5
<b>Total general</b>		<b>2711,9</b>	<b>835,5</b>	<b>22,7</b>	<b>0,9</b>	<b>3571,1</b>	<b>17974,8</b>	<b>19,9</b>
<b>Porcentaje (%)</b>		<b>75,9</b>	<b>23,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,0</b>			

Al ver el porcentaje que representó cada grupo dentro del total de peso de las muestras, se observa que los peces resultaron ser más del 70% del peso en los primeros tres experimentos, con porcentajes similares entre red control y red experimental. En el cuarto experimento los peces también representaron el mayor porcentaje de la muestra, pero en menor magnitud que en los otros experimentos, con un 55,3% para la red control y un 64,8% para la red experimental (Figura 26).



**Figura 26:** Composición porcentual de los grupos de la muestra de Faca de pesca de arrastre de camarón pinky por red para cada experimento.

### 6.6.2. Especies de Faca dominantes y frecuencia en la que fueron dominantes en pesca de arrastre de camarón pinky

Las frecuencias de aparición como grupo dominante dentro de la muestra de Faca de pesca de arrastre de camarón pinky (Cuadro 30), indican que hubo 2 especies dominando la composición de esta con mayor frecuencia, el crustáceo alacrán marino y el pez menta fueron las dos especies que resultaron ser dominantes con mayor frecuencia, el primero en 92 muestras (35,4% del total de muestras) y el segundo con 90 (34,6% del total de muestras). El alacrán marino fue la especie más frecuente como especie dominante en los experimentos 1 y 3 para ambas redes, y la menta lo fue para el experimento 4 para ambas redes. En el caso del experimento 2, las frecuencias fueron muy similares entre ambas especies, con 12 veces para ambas especies en la red control, y en la red experimental la menta presentó una frecuencia de 13 frente a 9 para el alacrán marino.

**Cuadro 30:** Frecuencia de aparición como especies dominantes en la muestra de Faca de pesca de arrastre de camarón pinky.

Experimento	Tipo de Red	Salema	Menta	Corvina ñata plateada	Alacrán marino	Garrobo	Camarón rayado	Lenguado	Total general
Pinky 1	Control	2	1		20	5		3	31
	Experimental	4	1		22	3	1	3	34
Pinky 2	Control		12	7	12	1		1	33
	Experimental		13	10	9			1	33
Pinky 3	Control	5	7	3	16	1			32
	Experimental	4	5	9	13	1			32
Pinky 4	Control	3	29	1					33
	Experimental	9	22	1					32
<b>Total general</b>		<b>27</b>	<b>90</b>	<b>31</b>	<b>92</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>260</b>
<b>% del total de las muestras</b>		<b>10,4</b>	<b>34,6</b>	<b>11,9</b>	<b>35,4</b>	<b>4,2</b>	<b>0,4</b>	<b>3,1</b>	<b>100</b>

### 6.6.3. Especies de peces cartilaginosos dentro de la Faca de la pesca de arrastre de camarón pinky

Del peso total de la Faca capturada en la pesca de arrastre de camarón pinky (17.974,8 kg) 478,7 kg lo conformaron peces cartilaginosos, lo cual representa un 2,7%. Dos especies fueron las que contribuyeron mayormente a este peso, la raya bruja dos manchas con 153,4 kg (0,9% del peso total de Faca) y el torpedo con 152,7 kg (0,8% del peso total de Faca) (Cuadro 31). La red control fue la que capturó más peso de estos peces en los experimentos 1, 2 y 4, mientras que en el experimento 3, los pesos fueron similares para ambas redes, con 88,0 kg para la experimental y 86,6 kg para la red control. En cuanto a la red experimental 1, esta solo capturó 28,5 kg de peces cartilaginosos, que representan el 0,57% del total de Faca de ambas redes (5.040,5 kg).

**Cuadro 31:** Especies de peces cartilaginosos capturados en pesca de arrastre de camarón pinky.

Experimento	Tipo de Red	Zorro pelágico o thresher (kg)	Raya eléctrica (kg)	Torpedo (kg)	Tiburón mamón común (kg)	Raya bruja común (kg)	Diablo (kg)	Raya bruja dos manchas (kg)	Raya eléctrica ocelada (kg)	Pez diablo (kg)	Peso total peces cartilaginosos en Faca (kg)	Peso total Faca (kg)	% que representa el peso total de peces cartilaginosos con respecto al peso total de Faca obtenido, para cada red por experimento
Pinky 1	Control			25,2	3,0			28,3		4,9	61,4	3777,0	1,6
	Experimental			6,5	1,0			19,6		1,4	28,5	1263,5	2,3
Pinky 2	Control	6,0		24,4	2,0		12,0	19,3		2,2	65,8	3730,5	1,8
	Experimental	2,5		7,1	1,0		3,0	12,2		3,8	29,5	2644,0	1,1
Pinky 3	Control		0,2	34,6	6,0		14,0	27,0		4,9	86,6	2882,0	3,0
	Experimental		0,2	42,8	9,0		5,0	23,0		8,1	88,0	2185,8	4,0
Pinky 4	Control		5,0	9,4	1,0	8,1	55,0	24,0	0,0	10,7	113,2	885,5	12,8
	Experimental			3,0		1,2	0,2			1,5	5,9	606,5	1,0
<b>Total general (kg)</b>		<b>8,5</b>	<b>5,4</b>	<b>152,7</b>	<b>23,0</b>	<b>9,3</b>	<b>89,2</b>	<b>153,4</b>	<b>0,03</b>	<b>37,3</b>	<b>478,7</b>	<b>17974,8</b>	<b>2,7</b>
<b>% que representa el peso total de cada especie con respecto al peso total de Faca obtenido en los 4 experimentos</b>		<b>0,05</b>	<b>0,03</b>	<b>0,8</b>	<b>0,1</b>	<b>0,05</b>	<b>0,5</b>	<b>0,9</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,21</b>	<b>2,7</b>	<b>100,00</b>	

#### 6.6.4. Especies de interés comercial en pesca de arrastre de camarón pinky

Se detectó un total de 8 especies dentro de la Faca de camarón pinky que podrían ser de interés comercial para la flota artesanal, que en total pesaron 187,4 kg, lo cual representa un 1,0% del total de la Faca capturada (Cuadro 32). La corvina agria fue la especie que representó la mayor cantidad de peso, con 125,8 kg, lo cual representa el 0,7% del peso total de Faca capturada para esta pesquería, donde la mayor parte de este peso fue obtenido en el experimento 3, con 73,0 kg para la red experimental y 36,3 kg para la red control. El congrio y la corvina reina le siguieron a la corvina agria en aporte de peso, con 20 kg y 19 kg, respectivamente. En cuanto a la red experimental 1, esta solo capturó 1,3 kg de especies comerciales, lo cual representa solo el 0,03% del total capturado por ambas redes en ese experimento (5.040,5 kg)

**Cuadro 32:** Especies de interés comercial presentes en Faca de arrastres de camarón pinky.

Experimento	Tipo de Red	Corvina reina (kg)	Corvina agria (kg)	Cabrilla panza blanca (kg)	Cabrilla cachete amarillo (kg)	Cabrilla manchada (kg)	Cabrilla rosada (kg)	Pargo seda (kg)	Congrio (kg)	Peso total especies de interés comercial (kg)	Peso total Faca (kg)	% que representa el peso total de peces de interés comercial con respecto al peso de Faca total obtenido, para cada red por experimento
Pinky 1	Control					0,7	3,6	1,9	4,7	10,9	3777,0	0,3
	Experimental					0,4	0,2	0,1	0,7	1,3	1263,5	0,1
Pinky 2	Control	4,0	9,5				2,4		0,6	16,4	3730,5	0,4
	Experimental		7,0				3,3		0,1	10,4	2644,0	0,4
Pinky 3	Control	15,0	36,3						9,3	60,6	2882,0	2,1
	Experimental		73,0			1,0	4,0		3,2	81,2	2185,8	3,7
Pinky 4	Control			2,4	1,5				1,6	5,5	885,5	0,6
	Experimental				1,3					1,3	606,5	0,2
<b>Total general</b>		<b>19,0</b>	<b>125,8</b>	<b>2,4</b>	<b>2,8</b>	<b>2,1</b>	<b>13,4</b>	<b>2,0</b>	<b>20,0</b>	<b>187,4</b>	<b>17974,8</b>	<b>1,0</b>
<b>% que representa el peso total de cada especie con respecto al peso total de Faca obtenido en los 4 experimentos</b>		<b>0,1</b>	<b>0,7</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,1</b>	<b>0,01</b>	<b>0,1</b>	<b>1,0</b>	<b>100,0</b>	

#### 6.6.5. Vulnerabilidad de las especies dominantes, de interés comercial y peces cartilaginosos en pesca de arrastre de camarón pinky

Al consultar el estado de conservación en la lista roja de la IUCN de las especies dominantes, de interés comercial y los peces cartilaginosos, detectados en la Faca de camarón pinky, se puede observar que 8 se encuentran en categoría de datos insuficientes (Cuadro 33), 3 no han sido evaluadas, la mayoría están dentro de las categorías de preocupación menor (11 especies) y casi amenazada (1 especie), 3 son consideradas especies amenazadas por estar en la categoría de vulnerable (cabrilla rosada, zorro pelágico y raya eléctrica ocelada) (IUCN, 2018-2). De las especies que se consideran amenazadas por estar enlistadas como vulnerables, el zorro pelágico se encuentra además en el apéndice II de CITES (CITES, 2019). Estas 3 especies consideradas vulnerables representaron en conjunto el 1,05% del

peso total de Faca de los arrastres de camarón Pinky, con un 0,05% para el zorro pelágico, 0,1% para la cabrilla rosada y 0,9% para la raya bruja dos manchas (Cuadros 29 y 30).

**Cuadro 33:** Categorías de la Lista Roja de la IUCN para las especies dominantes, de interés comercial y peces cartilagosos, en Faca de pesca de arrastre de camarón pinky. Por sus siglas en inglés: LC (preocupación menor), NE (no evaluado), DD (datos insuficientes), VU (vulnerable), NT (casi amenazado).

Nombre común	Nombre Científico	Lista Roja IUCN
<b>Peces Óseos</b>		
Cabrilla panza blanca	<i>Hyporthodus niphobles</i>	LC
Cabrilla manchada	<i>Epinephelus analogus</i>	LC
Cabrilla rosada	<i>Hyporthodus acanthistius</i>	VU
Cabrilla cachete amarillo	<i>Paralabrax loro</i>	DD
Congrio rosado	<i>Brotula clarkae</i>	DD
Corvina agria	<i>Micropogonias altipinnis</i>	LC
Corvina reina	<i>Cynoscion albus</i>	DD
Corvina ñata común	<i>Larimus pacificus</i>	LC
Garrobo	<i>Synodus scituliceps</i>	LC
Menta	<i>Diplectrum pacificum</i>	LC
Pargo seda	<i>Lutjanus peru</i>	LC
Lenguado enano	<i>Citharichthys platophrys</i>	LC
Lenguado cuatro ojos	<i>Hippoglossina tetrophthalma</i>	LC
Lenguado tapadero	<i>Citharichthys gilberti</i>	LC
Salema	<i>Peprilus snyderi</i>	LC
<b>Peces Cartilagosos</b>		
Tiburón mamón común	<i>Mustelus lunulatus</i>	LC
Zorro pelágico	<i>Alopias pelagicus</i>	VU
Raya bruja dos manchas	<i>Raja velezi</i>	DD
Raya bruja común	<i>Raja equatorialis</i>	DD
Pez diablo	<i>Zapteryx exasperata</i>	DD
Raya eléctrica ocelada	<i>Diplobatis ommata</i>	VU
Raya eléctrica	<i>Narcine entemedor</i>	DD
Diablo	<i>Squatina californica</i>	NT
Torpedo	<i>Tetronarce tremens</i>	DD
<b>Crustáceos</b>		
Alacrán marino	<i>Squilla aculeata</i>	NE
Alacrán marino	<i>Squilla spp.</i>	
Camarón fidel	<i>Solenocera agassizii</i>	NE
Camarón rosado	<i>Sicyonia picta</i>	NE

## 6.7. Análisis de la Faca de pesca de arrastre de camarón fidel

### 6.7.1. Composición de la Faca de la pesca de arrastre de camarón fidel

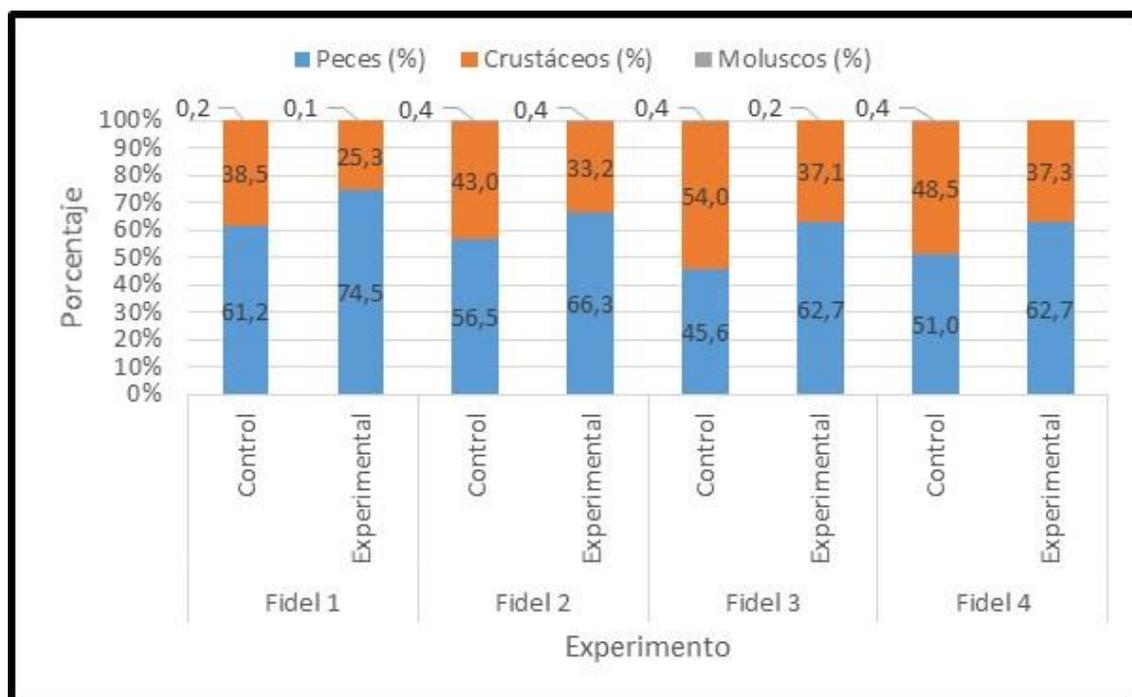
Las muestras analizadas pesaron en total 5.395,2 kg, lo cual representa un 11,6% del peso total de Faca capturada durante el estudio (45.839,0 kg) (Cuadro 34). Dentro de las muestras analizadas, el grupo de los peces fue el que presentó mayor peso, con un 60,0% del peso total de las muestras, seguido por los crustáceos con

un 39,7% y por último los moluscos, con un 0,3%. No se reportó otros grupos fuera de los tres mencionados para las muestras analizadas de Faca de pesca de camarón fidel.

**Cuadro 34:** Peso por grupo dentro de muestras de Faca de pesca de arrastre de camarón fidel por red para cada experimento.

Experimento	Tipo de Red	Peces (kg)	Crustáceos (kg)	Moluscos (kg)	Total muestra de FACA (kg)	Total de FACA (kg)	% del peso total de FACA
Fidel 1	Control	537,7	338,3	2,0	878,0	8299,5	10,6
	Experimental	507,3	172,5	0,9	680,7	2843,0	23,9
Fidel 2	Control	352,5	268,5	2,8	623,8	6976,0	8,9
	Experimental	423,0	212,0	2,7	637,7	4573,5	13,9
Fidel 3	Control	304,5	361,0	2,6	668,1	7026,0	9,5
	Experimental	359,0	212,5	0,9	572,4	4252,0	13,5
Fidel 4	Control	357,0	339,5	2,9	699,4	7838,0	8,9
	Experimental	351,0	209,0	0,2	560,2	4031,0	13,9
<b>Total general</b>		<b>3192,0</b>	<b>2113,3</b>	<b>14,9</b>	<b>5320,2</b>	<b>45839,0</b>	<b>11,6</b>
<b>Porcentaje (%)</b>		<b>60,0</b>	<b>39,7</b>	<b>0,3</b>	<b>100,0</b>		

En la mayoría de los casos el grupo de peces fue el que representó el mayor porcentaje del peso de la muestra, seguido del grupo de los crustáceos y por último los moluscos, con excepción de la muestra de la red control en el experimento 3, donde el grupo de los crustáceos fue el que representó el mayor porcentaje seguido por los peces, y en último lugar los moluscos (Figura 27).



**Figura 27:** Composición porcentual de los grupos de la muestra de Faca de pesca de arrastre de camarón fidel por red para cada experimento.

### 6.7.2. Especies de Faca dominantes y frecuencia en la que fueron dominantes en pesca de arrastre de camarón fidel

Como se observa en el cuadro 35, la menta fue la especie que se encontró como especie dominante en la gran mayoría de los casos, con excepción de la red experimental en el experimento 4, en la que la especie que fue dominante con mayor frecuencia fue el alacrán marino, seguido muy de cerca por la misma menta. En términos generales, la menta fue la especie que dominó dentro de la Faca a lo largo del presente estudio en camarón fidel, fue la especie dominante en 146 muestras (55,1% del total de muestras), con frecuencias bastante similares entre red control y experimental, para los cuatro experimentos. Otras dos especies que presentaron frecuencias importantes como especies dominantes, fueron el lapón sapo en 37 muestras (14,0%) y la salema en 36 muestras (13,6%).

**Cuadro 35:** Frecuencia de aparición como especies dominantes en la muestra de Faca de pesca de arrastre de camarón fidel.

Experimento	Tipo de Red	Pez Murciélago	Salema	Menta	Lapón sapo	Cinta	Gobio	Lenguado	Cabro volador	Cabro	Alacrán marino	Total general
Fidel 1	Control	1	4	16	3	5	2	1		1		33
	Experimental		8	19	2	1		1		2		33
Fidel 2	Control		4	21	6	2						33
	Experimental		3	24	2	4						33
Fidel 3	Control		3	21	9							33
	Experimental		5	21	7							33
Fidel 4	Control		2	14	7				5		5	33
	Experimental		6	10	1	2			3		11	33
<b>Total general</b>		<b>1</b>	<b>36</b>	<b>146</b>	<b>37</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>265</b>
<b>% del total de las muestras</b>		<b>0,4</b>	<b>13,6</b>	<b>55,1</b>	<b>14,0</b>	<b>5,3</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>3,0</b>	<b>1,1</b>	<b>6,0</b>	<b>100,0</b>

### 6.7.3. Especies de peces cartilaginosos dentro de la Faca de la pesca de arrastre de camarón fidel

Para el presente estudio de camarón fidel, se encontró ocho especies de peces cartilaginosos dentro del total de la Faca, los cuales representaron un 2,2% del peso total de Faca capturada (Cuadro 36). La especie que representó la mayor parte del peso fue el torpedo, con 485,3 kg (1,1% del peso total de Faca), casi la mitad del total reportado de 1.014,3 kg para estos peces. Otros peces cartilaginosos que presentaron una porción importante del total dentro de este grupo, fueron la bruja con 197,5 kg (0,4% del peso total de Faca), el tiburón mamón común con 135,2 kg (0,3% del peso total de Faca) y el pez diablo con 109,0 kg (0,2% del peso total de Faca). En el caso del torpedo, en todos los cuatro experimentos la red control capturó mayor peso que la red experimental. Para la bruja y el mamón grande, la red control capturó más peso que la experimental en los experimentos 1, 2 y 4, pero en el experimento 3 se dio el caso contrario. Para el pez diablo, la red control capturó

más peso que la red experimental en los experimentos 1, 3 y 4, mientras que en el 2 fue el caso contrario con una leve diferencia entre redes. En cuanto a la red experimental 1, esta solo capturó 196,7 kg de peces cartilagosos que representan el 1,77% del total de Faca capturada por ambas redes (11.142,5 kg).

**Cuadro 36:** Especies de peces cartilagosos capturados en pesca de arrastre de camarón fidel.

Experimento	Tipo de Red	Tiburón mamón enano	Tiburón negro	Tiburón mamón común	Gavilán negro	Bruja	Torpedo	Pez Diablo	Raya Bruja común	Peso total Peces cartilagosos en FACA (kg)	Peso total Faca (kg)	% que representa el peso total de peces cartilagosos con respecto al peso total de Faca obtenido, para cada red por experimento
Fidel 1	Control	12,6		57,2	6,0	62,0	329,0	27,5		494,3	8299,5	6,0
	Experimental	0,2		37,0		35,0	116,5	8,0		196,7	2843,0	6,9
Fidel 2	Control			7,5	18,0	23,5	18,0	20,5		87,5	6976,0	1,3
	Experimental			0,5	11,0	13,5	6,0	23,0	7,0	61,0	4573,5	1,3
Fidel 3	Control		12,5	10,0	1,0	22,0	7,5	9,0		62,0	7026,0	0,9
	Experimental		15,0	20,5		39,5	1,0			76,0	4252,0	1,8
Fidel 4	Control			2,5	4,0	2,0	6,0	21,0		35,5	7838,0	0,5
	Experimental						1,3			1,3	4031,0	0,0
<b>Total general</b>		<b>12,8</b>	<b>27,5</b>	<b>135,2</b>	<b>40,0</b>	<b>197,5</b>	<b>485,3</b>	<b>109,0</b>	<b>7,0</b>	<b>1014,3</b>	<b>45839,0</b>	<b>2,2</b>
<b>% que representa el peso total de cada especie con respecto al peso total de Faca obtenido en los 4 experimentos</b>		<b>0,03</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>0,4</b>	<b>1,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,02</b>	<b>2,2</b>	<b>100,00</b>	

#### 6.7.4. Especies de interés comercial en pesca de arrastre de camarón fidel

En los arrastres de camarón fidel, solamente se encontró una especie que puede ser considerada de interés comercial, el congrio, de la cual se capturó un total de 2 individuos en todos los arrastres de camarón fidel, ambos de 1 kg de peso cada uno, que en conjunto representaron el 0,004% del peso total de Faca capturada en los lances de pesca de camarón fidel del presente estudio. Ambos fueron capturados en los experimento 3 y 4, pero ninguno en el experimento 1.

#### 6.7.5. Vulnerabilidad de las especies dominantes, de interés comercial y peces cartilagosos en pesca de arrastre de camarón fidel

En el cuadro 37 se observa un listado de algunas de las especies documentadas en el estudio, donde se menciona especies de peces y crustáceos que fueron considerados dominantes en cada lance, además de peces de interés comercial y peces cartilagosos, y sus categorías dentro de la Lista Roja de la IUCN (IUCN, 2018-2). De las especies enlistadas, 2 son casi amenazadas y 9 están en preocupación menor; el resto se encuentra en categorías de datos insuficientes (7

especies) y no evaluado (1 especie). Ninguna de las especies enlistadas en el cuadro 37 se encuentra en los apéndices CITES (CITES, 2019).

**Cuadro 37:** Categorías de la Lista Roja de la IUCN para las especies dominantes, de interés comercial y peces cartilagosos, en Faca de pesca de arrastre de camarón fidel. Por sus siglas en inglés: LC (preocupación menor), NE (no evaluado), DD (datos insuficientes), VU (vulnerable), NT (casi amenazado).

Nombre común	Nombre Científico	Lista Roja IUCN
<b>Peces Óseos</b>		
Cabro volador	<i>Prionotus stephanophrys</i>	LC
Gobio	<i>Bollmannia umbrosa</i>	DD
Lapon sapo	<i>Scorpaena russula</i>	LC
Menta	<i>Diplectrum pacificum</i>	LC
Pez cinta	<i>Trichiurus lepturus</i>	LC
Pez murciélago	<i>Zalieutes elater</i>	LC
Lenguado tapadero	<i>Citharichthys gilberti</i>	LC
Lenguado de profundidad	<i>Monolene maculipinna</i>	LC
Salema	<i>Peprilus snyderi</i>	LC
Congrio	<i>Brotula clarkae</i>	DD
<b>Peces Cartilagosos</b>		
Gavilan negro	<i>Rhinoptera steindachneri</i>	NT
Diablo	<i>Squatina californica</i>	NT
Raya bruja dos manchas	<i>Raja velezi</i>	DD
Raya bruja común	<i>Raja equatorialis</i>	DD
Tiburón mamón enano	<i>Mustelus dorsalis</i>	DD
Tiburón mamón común	<i>Mustelus lunulatus</i>	LC
Torpedo	<i>Tetronarse tremens</i>	DD
Tiburón negro	<i>Echinorhinus cookei</i>	DD
<b>Crustáceos</b>		
Alacrán marino	<i>Squilla aculeata</i>	NE

## 7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 7.1. Análisis de capturas.

El objetivo principal de realizar la presente investigación, fue la de ejecutar varios experimentos tendientes a obtener una disminución significativa del 30% de Faca en la pesca de camarón mediante el sistema de arrastre, porcentaje de diferencia a obtenerse entre la red original o de control comparada con la red experimental. La disminución significativa fue un requerimiento de la Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia, sin embargo, el porcentaje de disminución no fue establecido por esa Honorable Sala, por lo que, se utilizó un 30% como meta, el cual es el porcentaje que solicitó el Gobierno de los Estados Unidos, bajo recomendación de la NOAA, para certificar un Dispositivo Excluidor de Peces (DEP), para la pesca de

camarón por arrastre en la zona Económica Exclusiva de ese país, precisamente en el Golfo de México (NOAA, 2013) y para el Atlántico Sur (NOAA, 2013b)

Los resultados demuestran claramente, que la red utilizada en el experimento 1, cumplió ampliamente con ese requerimiento, ya que, excluyó más del doble de Faca que se tenía como meta. Por esto, la discusión y recomendaciones se basarán en esta red. En el caso del camarón pinky, el porcentaje de exclusión fue de un 66,5%, mientras que en el caso de camarón fidel fue de 65,7%. Por otro lado, no podría determinarse como importante esos porcentajes, si la red solo disminuyera la captura de Faca, pero pescara poco camarón, lo cual sería antieconómico para el sector camaronero y a la vez desestimularía su uso. Por lo anterior, también se realizaron análisis comparativos entre la red experimental y la control, encontrándose que esa misma red capturó un 161% más de camarón pinky y un 26,7% más de camarón fidel, que la red control, lo cual hace doblemente exitosa esta red.

Los resultados antes anotados se confirman, cuando se realiza un análisis de la captura promedio por lance de la red utilizada en el experimento 1. En el caso de la Faca capturada por la red control en la pesca de camarón pinky, esa captura fue de 114,5 kg por lance, mientras que la experimental solo fue de 38,3 kg por lance, lo cual significa una diferencia de 76,2 kg de Faca, por cada lance de pesca de 2 horas. Por su parte, las capturas de camarón pinky pasaron de 37,5 kg por lance por parte de la red control a 98 kg por lance de la red experimental, dando una diferencia de 60,5 kg de camarón entre ambas redes. Por otro lado, en la pesquería de fidel y utilizando la misma red, se disminuyó la captura promedio en 165,3 kg por lance, pasando de 251,5 kg a solo 86,2 kg, mientras que las capturas de camarón aumentaron en 22,9 kg por lance. Estos resultados son relevantes para la investigación, ya que, por un lado se demuestra que la red experimental pescó menos Faca que la de control, lo cual es ambientalmente relevante y por otro lado, pescó más camarón, lo cual es económicamente satisfactorio para los pescadores y así estimulará su uso.

Para tener una idea de la disminución de Faca que se tendría en un año, se hizo un ejercicio, tomando en cuenta que un barco camaronero trabajara 4 lances de 5 horas por día durante 25 días del mes, en los 12 meses del año se trabajaría 6.000 horas. Ahora multiplicamos esa cantidad por la captura promedio por hora y si suponemos 30 embarcaciones camaroneras trabajando, en el caso del camarón pinky se dejarían de pescar 6.855 Tm de Faca al año y en el caso de fidel serían 14.881 Tm. Estos datos realmente demuestran que habría una disminución significativa de la Faca. Análisis de este tipo fueron realizados en el Mar Caribe colombiano, donde se reportan disminuciones de 1.529 Tm de Faca, al utilizarse la combinación TED/BRD ojo de pescado (Manjarrés *et al.*, 2008).

Las diferencias en disminución de las medias de capturas de Faca y aumento en las medias de captura de camarón, por parte de la red experimental 1 fueron

examinadas con pruebas estadísticas t Student y de probabilidad, dando diferencias significativas y científicas, para ambas especies de camarón, lo cual nos permite establecer, que esta red si disminuyó estadísticamente las capturas de Faca y aumentó significativamente la pesca de camarón.

Es importante reportar, que antes de realizar esta investigación se tenía una gran preocupación institucional y también por parte de los pescadores, ya que, no se habían tenido buenos resultados de reducción de Faca en los experimentos que se habían realizado anteriormente en conjunto entre la FAO, Incopesca y el mismo sector camaronero (Rebyc I y II). Lo anterior, ya que se hizo una revisión bibliográfica de los porcentajes de captura de Faca y camarón en varios países, incluido Costa Rica (Cuadro 1), en los cuales se reportaron porcentajes de Faca de hasta 95% y solo un 5% de pesca de camarón, en el caso del Océano Pacífico costarricense (Porras *et al.*, 2008) . Por lo anterior, se tenía muy claro, que para poder obtener una disminución significativa de pesca de Faca, como lo solicitaba la Sala Constitucional, entonces se tenía que tener una red experimental, que fuera muy diferente a las utilizadas anteriormente.

La manera en que se reporta la disminución de Faca entre otras investigaciones y la presente son diferentes. En este último caso, se separó totalmente las capturas de camarón y las de Faca, la cual incluyó peces comerciales, en los casos en que los hubo, obteniéndose un porcentaje de captura de camarón pinky mayor al 70%. Por otro lado, en el caso de Rebyc 1, aun cuando se reporta una alta captura de Faca (94-95%), por otro lado se informa que con el uso de ojo de pescado y doble relinga se lograron reducciones significativas de hasta un 33,5% (Porras *et al.*, 2008). De igual manera, Girón *et al.* (2010) reportan disminuciones de hasta un 78% de Faca de peces comerciales en el pacífico colombiano, al utilizar DET y ojo de pescado. A la vez anotan “se obtuvo una captura total de 25.400 kg, de la cual el 6% correspondió a CO, el 40% a CI y el 54% fue D”, en donde CO es camarón, CI peces comerciales y D descartes. Esto quiere decir, que para el caso de Costa Rica, en donde solo se podría pescar camarón, se tendría como Faca un 94% y solo 6% de camarón.

Los resultados obtenidos en la presente investigación realmente son llamativos en cuanto a las proporciones alcanzadas de camarón versus Faca. Para el caso del camarón pinky, esa proporción fue de 2,56, capturándose un 28,1% de Faca y 71,9% de camarón, proporción que supera a la alcanzada por Surinam, la cual es una pesquería certificada ambientalmente como pesca sostenible por la Marine Stewardship Council (MSC, 2011), certificación que es muy difícil de obtener, por la gran cantidad de requisitos que se solicitan, incluyendo una demostración clara que la pesca es realmente sostenible. Por su parte, la proporción lograda en la pesquería de fidel fue de 1,26, la cual la coloca en el cuadro 1 como la segunda mejor, después de Surinam. Con esto, no solo se cumple con las expectativas de haberse bajado el porcentaje de exclusión de Faca, sino que también se abre la posibilidad de iniciar un proceso con la MSC, para lograr certificar las pesquerías de camarón pinky y

fidel, lo cual traería beneficios ambientales al país, al asegurarnos un proceso continuo de que la pesca de esas especies es sostenible y a la vez un beneficio económico, al tenerse la posibilidad de exportar a otros países, con precios diferenciados.

Uno de los grandes cambios que tenía que darse en esa red experimental, era el de estar completamente dirigida a pescar camarón y no pescado, aun cuando este último fuera comercial, esto por dos razones primordiales. Primero, si se pescan peces comerciales, estos entran dentro del concepto de Faca y por tanto sería difícil obtener el porcentaje de disminución de Faca solicitado. Segundo, uno de los requerimientos que solicitó la Sala Constitucional para reabrir a pesca fue la aplicación del Principio de Desarrollo Sostenible Democrático, en el cual se establece, que se debe de tener una mayor protección a la pesca artesanal sobre la de arrastre, por ser una pesca en la cual participan y se beneficia a una mayor cantidad de pescadores, por lo que, si se pescan peces comerciales, no se cumple con ese principio.

Una de las grandes diferencias que se tuvo entre la investigación realizada en Rebyc I y Rebyc II, con respecto a la presente desarrollada por Incopesca, fue que, en esta última se utilizó el conocimiento tradicional de los pescadores camaroneros de arrastre, ya que ellos conocían empíricamente como bajar la captura de Faca y estaban muy interesados en aplicar estos conocimientos, creándose una red muy diferente a la tradicional, con varios cambios, pero la eficiencia de cada uno de estos no fue evaluado de uno en uno, debido a que se necesitaría mucho tiempo. Caso contrario sucedió con las investigaciones Rebyc, ya que, en estas se fue evaluando cada uno de los aditamentos, lo cual científicamente podría ser recomendable, pero se tomaría mucho tiempo para determinar cuál era la red experimental capaz de bajar en un 30% la cantidad de Faca. **Aquí es necesario enfatizar, que el enfoque de Rebyc no está mal, si no que las condiciones actuales de Costa Rica son ahora especiales y diferentes a las de los otros países participantes en esa investigación, ya que, nuestro país tiene que bajar obligatoriamente la captura de Faca, incluyendo peces comerciales, por lo cual se puede decir que tiene que ser una pesquería totalmente enfocada a la pesca de camarón, mientras que los otros países pueden continuar capturando peces comerciales, sin ninguna restricción.**

Los altos porcentajes de exclusión de Faca y a la vez las altas capturas de camarón de la red experimental 1, están asociados a los siguientes siete grandes cambios de esa red, con respecto a la red control. Por su parte, la variante ocho ayuda a proteger el fondo marino,

1. Se bajó en 2,5 metros, la altura de la red en el centro de su boca o frente, ya que, el camarón, al ser bentónico, se concentra cerca del fondo, mientras que la mayoría de especies comerciales y no comerciales están en la columna de agua a mayor altura, a excepción de anguilas, lenguados y otras pocas especies. Aquí

se utilizó el principio de que para pescar camarón, no se necesita tanta altura en la boca de la red. Lo anterior se logró acortando el largo de la rabiza y el calón, además de la eliminación de las boyas que se instalaban en la relinga superior. Por esto, la red experimental tiene una forma casi rectangular en su boca, con una altura promedio de 1,5 metros, mientras que la control, al tener más largo el calón y por la fuerza que ejercen las boyas hacia arriba, tiene forma de elipse en su parte central superior, alcanzando una altura de hasta 4 metros.

2. Se modificó la relinga inferior, incluyendo otro mecate de manera paralela a esta relinga, dejando una altura de 25 centímetros entre ellos y para mantener esa distancia, se agregaron boyas. Esto permite el escape de organismos bentónicos como los lenguados y anguilas, mientras que el camarón tiene un comportamiento distinto, ya que, este está enterrado en el fondo marino y cuando es tocado por la cadena, que va amarrada al mecate de abajo de esta relinga, entonces salta, cayendo dentro de esta red. Este aditamento ya está siendo utilizado con éxito en México (Secretaría de Agricultura, Ganadería, 2013) y según Padilla (2012), la combinación doble relinga, junto con el DEP ojo de pescado llegó a reducir en un 48,3% la Faca en la pesca de camarón en el O. Pacífico mexicano. Sin embargo, en Costa Rica no se había utilizado anteriormente.
3. Se aumentó el tamaño de la luz de malla en el cuerpo de la red de 1,75 a 2 pulgadas, lo cual permite una mayor salida de individuos pequeños. Además, la obstrucción de la red es menor.
4. Se disminuyó la distancia entre las rejillas del Diseño Excluidor de Tortugas (DET) de 6 pulgadas a 4 pulgadas. Con esto, se evita la entrada al copo, no solo de tortugas, sino también de rayas, tiburones y peces grandes (pargos, jureles, cabrillas), que con pocos de ellos, se afectaría el porcentaje de disminución de Faca (Eayrs, 2007), con lo cual no se podría cumplir con el requerimiento de la Sala Constitucional.
5. Se instaló una malla cuadrada de 70 por 34 cm, con una luz de malla de 6 pulgadas. La misma, según Eayrs (2007), tiene la capacidad de excluir Faca constituida por peces pequeños.
6. El DET y el DEP ojo de pescado se utilizaron en esta red experimental y en la red control, al estar así establecido por el AJDIP-151-2009. Según Pretoma (2000), solo el DET tuvo la capacidad de disminuir entre un 30 y 70% de la Faca en la pesca de camarón, en una investigación realizada con barcos de arrastre en el Océano Pacífico costarricense, mientras que otros investigadores reportan disminuciones del 70% en otros países (Christian and Harrington, 1987). Además, Eayrs (2007) lo recomienda como una de los dispositivos aptos para excluir peces grandes. Sin embargo, la disminución de captura de Faca que puedan producir ambos dispositivos no fue posible calcularla en esta investigación, ya que, ambos dispositivos son obligatorios en la pesca de arrastre, por lo que fueron instalados tanto en la red experimental, como en la de control.

7. Se bajó la duración de las horas del lance, pasando de 4 a 6 horas en la pesca tradicional, a solo 2 horas en la presente investigación. Con esto, las mallas de la red no se obstruyen con pescado y otros organismos pequeños que componen la Faca.
8. La red experimental fue construida con redes de polietileno marca Euro net. Este material es muy fuerte y tan liviano, que hasta flota en el agua.

## **7.2. Proporción sexual y estructura de tallas**

En cuanto al análisis biométrico, tanto en los experimentos con camarón pinky como con camarón fidel, se encontraron casos donde la proporción sexual fue igual entre machos y hembras y casos donde difirió. Todas estas variaciones en dicho parámetro podrían estar asociados a factores como las zonas y profundidad de pesca (López y Espinoza, 2005), y la presencia de eventos reproductivos tal y como ha sido encontrado en *P. californiensis* en el Pacífico de México (Romero et al., 2004) y para *S. agassizii* en Pacífico Norte de Colombia (Rodríguez et al., 2012). En los casos en que se han dado condiciones de agregaciones reproductivas, se han planteado, como medidas de manejo, el establecimiento de vedas espacio-temporales y/o áreas protegida para la protección del stock desovante (Rodríguez et al., 2012).

Otro posible factor generador de diferencias en la proporción sexual registrado en este trabajo se podría atribuir al diseño de las redes, especialmente con la puesta a prueba de la red experimental del experimento 3, la cual contó con un tamaño de luz de malla de 2,25 pulgadas, mientras que la de control tiene solo 1,75 pulgadas. Esto resultó en la captura de altos porcentajes de hembras de grandes tamaños, principalmente en el experimento con camarón pinky. No obstante, para verificar esto sería importante la ejecución de estudios experimentales de selectividad de redes, ya que, la red experimental del experimento 4 capturó también altos porcentajes de hembras.

En resumen, la proporción sexual podría estar influenciada por varios de los factores antes mencionados, los cuales podrían presentar diferencias con los encontrados en la actualidad, si se realizan investigaciones con periodos más extensos de tiempo.

En una investigación realizada en el Pacífico de Colombia donde se utilizaron redes de arrastre de luz de malla de 2 pulgadas en el cuerpo y 0,75 pulgadas en el bolso, se capturaron individuos de camarón Pinky con menores tallas, llegando a los 50 mm en las hembras y los 75 mm en los machos (Girón-Montaño et al., 2016); mientras que en el presente estudio no se registraron individuos con tallas menores a los 87 mm con las redes experimentales, las cuales presentaron luces de malla de 2 pulgadas y 2,25 pulgadas.

Las diferencias en el ámbito de tallas entre los machos y hembras de camarón pinky, sin importar el tipo de red o experimento, dejan en evidencia el marcado dimorfismo sexual que existe en la especie, en donde los machos son de menor longitud que las hembras. Los rangos de tallas y longitudes medias de los machos fueron muy similares entre las redes control y experimental; no obstante, en el caso de las hembras, las redes experimentales sí se caracterizaron por capturar individuos significativamente de mayor tamaño en comparación con las redes control, principalmente en el experimento 1, 3 y 4. Dichas diferencias se podrían atribuir, al mayor tamaño de la luz de malla de las redes experimentales (2 y 2,5 pulgadas) en comparación que las redes control (1,75). Es importante indicar que la red experimental de experimento 3 podría incidir en una alta captura de hembras por el diseño propio de la misma, asociada a su tamaño de luz de malla (2,25). Sin embargo, se recomienda la elaboración de estudios de selectividad.

Las tallas medias de captura de los machos de camarón pinky para ambas redes, control y experimental (118-119 mm), registrados en esta investigación son similares a la talla media reportada para el año 2011 en Colombia, donde se presentó un valor de 116 mm, pero difieren a la encontrada en la misma durante el 2015 donde el valor fue de 106 mm (Girón-Montaña et al., 2016). Las tallas medias de captura de las hembras capturadas en la presente investigación son mayores a las reportadas en el Pacífico Colombiano donde los valores no superan los 128 mm (Girón-Montaña et al., 2016). Por otro lado, la mayor influencia de las redes experimentales se muestra en el experimento 1, 3 y 4 donde dichas redes capturaron, significativamente, las hembras con mayor talla media que las redes control.

Los rangos de tallas más frecuentes de las hembras de camarón fidel variaron ampliamente de los obtenidos por Villalobos (2009), quien determinó que la mayoría se agrupan entre los 90-114,9 mm; mientras que en este trabajo se encontraron por encima de los 122,1-152 mm, principalmente en las redes experimentales sometidas a prueba. Las tallas medias de captura de las hembras en las redes experimentales presentaron valores por encima de los 136 mm, destacando la red experimental del experimento 2 y 3 con valores de 141 y 140, respectivamente. Dicho resultado es mayor al reportado por Villalobos (2009) en el Pacífico costarricense, quien encontró una talla promedio cercana a los 110 mm. Asimismo, es superior al mencionado por Invemar (2016) para Colombia (125 mm). En dicho país catalogaron de suma importancia dicho valor, ya que se encuentra por encima de la talla media de madurez de la especie, lo cual favorece la explotación del recurso. Una hipótesis que explicaría las tallas medias de captura registradas en Costa Rica con el presente trabajo, podría asociarse a la disminución de la presión pesquera asociada al vencimiento de las licencias de pesca semiindustrial de camarón debido al voto de la Sala IV en el 2013.

En los experimentos 1 y 4, las redes control, con luz de malla de 1,75 pulgadas, capturaron machos de camarón fidel significativamente más grandes que las redes experimentales, que tenían luz de malla de 2 pulgadas. En el caso de las hembras, que tenían rangos de tallas más amplios, se encontró un efecto significativo en la captura de mayores tamaños en las redes experimentales del experimento 1 y 3, que eran de luz de malla mayor que la de control.

Las capturas de machos de la red control y experimental de cada experimento con camarón pinky parecen no presentar problemas con la captura de individuos inmaduros, ya que el 100% se encontraron por encima de la primera madurez; condición similar a lo reportado en el Pacífico de Colombia, donde en la mayoría de años analizados más del 90% de los machos se encontraron en estado maduro (Girón-Montaña et al., 2016). Por otro lado, los valores obtenidos de hembras por encima de la TPMS tanto para la red control como para la red experimental de cada experimento presentan valores muy elevados en comparación con las hembras maduras en el Pacífico Colombiano donde el porcentaje no supera el 34% (Girón-Montaña et al., 2016).

De acuerdo con Villalobos (2009) más de un 50% de las hembras de camarón fidel capturadas en su investigación no alcanzaron la TPMS (112,6 mm). Por su parte, en la presente investigación se pudo verificar que más del 90% de las hembras capturadas con la red control y experimental, sin importar el experimento, se encontraron por encima de la TPMS, a diferencia de las encontradas por dicha autora.

En conclusión, el análisis de la proporción sexual, estructura de talla y porcentaje de individuos maduros e inmaduros, parece dar indicios que el recurso en la actualidad se encuentra en recuperación, posiblemente debido a la disminución del esfuerzo pesquero de la actualidad; sin embargo, es importante considerar que la investigación contempló un periodo corto de tiempo el cual realmente no brinda un panorama claro sobre las variaciones espaciales y temporales que pueda tener el recurso.

### **7.3. Análisis de la Faca.**

Para ambas especies objetivo, camarón pinky y fidel, la Faca presentó una composición por grupo similar entre sí, con los peces como el grupo más importante en peso, seguido por los crustáceos, moluscos y por último otros, con la mayor parte del peso dentro de los grupos de peces y crustáceos y una porción muy pequeña para moluscos y otros. La presencia del grupo de los peces como el que aporta mayor peso, fue encontrada también en un estudio que se realizó en la pesca de pinky, en el océano Pacífico Norte de Costa Rica (Marín, 2009) y en el Caribe

Colombiano (Manjarrés *et al.*, 2014), donde además se reporta, que los peces fueron el grupo que aportaba mayor porcentaje del peso de Faca tanto en verano como en invierno también, haciendo la salvedad de que se eliminaban las medusas del análisis en invierno, ya que fueron muy abundantes, llegando a aportar aún más peso que la pesca objetivo y la Faca juntas.

Algunas de las especies que fueron dominantes en la Faca de ambas especies de camarón, fueron reportadas dentro de las más frecuentes en la Faca de pesca de arrastre de camarón de profundidad, en un estudio realizado en el Pacífico colombiano (Puentes *et al.*, 2007), en el cual se estudió la composición de la Faca en la pesquería de estas 2 especies, además de la especie de camarón *Farfantepenaeus californiensis*. Se encontró que algunas de las especies reportadas como especies dominantes o especies de interés comercial en la Faca del presente estudio, resultaron estar entre las especies más frecuentes en la Faca en Colombia, entre estas: lenguado tapadero, salema, cabro volador y congrio rosado (Puentes *et al.*, 2007). El estudio colombiano además, hace mención de especies que no estuvieron entre las más frecuentes, pero que formaban parte de la Faca, las cuales han sido nombradas en el presente estudio también dentro de la Faca analizada para Costa Rica, como lo son: el pez murciélago, raya bruja dos manchas y lapón sapo. Acevedo *et al.* (2012), adicionalmente, reportaron a la menta como una de las especies más abundantes en Faca en un estudio en pesca de arrastre en el Golfo de California, Sonora, México; especie que fue frecuentemente dominante en cantidad de individuos en lances del presente estudio.

La mayoría de las especies encontradas en la Faca de pesca de arrastre de camarón fidel y pinky en el presente estudio, como especies dominantes, especies de interés comercial y peces cartilaginosos, son especies de hábitats bentónicos, demersales o asociados al fondo de alguna manera (Fisher *et al.*, 1995; Froese y Pauly, 2018), como es el caso de los camarones pinky y fidel, que también habitan los fondos marinos (Fisher *et al.*, 1995), lo cual las hace propensas a ser capturadas por las redes de arrastre como fauna de acompañamiento. Esto refuerza la importancia de la utilización de dispositivos excluidores que sean efectivos, para aumentar la selectividad del arte de pesca de arrastre, y disminuir la Faca en las capturas.

Por otro lado, el tiburón zorro pelágico se considera como una especie oceanódrama (Compagno, 1984; Fisher *et al.*, 1995; Froese y Pauly, 2018), lo cual podría explicar su baja frecuencia de captura en los arrastres de camarón pinky y fidel, ya que no comparten usualmente el hábitat con la pesca objetivo. En este caso, su captura podría deberse más a factores estocásticos que a la selectividad del arte de pesca, como podría ser su captura en la columna de agua al largar o

costrar las redes, o que fueron capturadas al acercarse a depredar la captura de las redes, entre otros. Otra especie que es considerada oceanódrama según los mismos autores, es la raya llamada gavilán negro, la cual, a pesar de ser una especie fuertemente nadadora, se alimenta de crustáceos bentónicos y moluscos de concha dura que arranca del fondo (Fisher et al., 1995), por lo que podría tener mayor interacción con la pesca de fidel y pinky que el tiburón zorro.

La Faca de la pesca del camarón pinky tuvo una representación mayor en peso, con respecto a las especies de interés comercial para la flota artesanal de la Faca de camarón fidel, con un 1,0% del peso total de la Faca capturada en los lances de pinky, con un total de 8 especies, frente a un 0,004% para fidel, con una sola especie. Un factor que pudo haber influido en esta diferencia entre la Faca de ambas especies objetivo, es la profundidad, ya que para el presente estudio la pesca de fidel se realizó a una profundidad mayor (166-234 m) que la pesca de pinky (57-84 m), lo cual podría haber disminuido la interacción de la pesca de fidel con las especies de interés comercial para la pesca artesanal, pesca que es más costera. Steele *et al.* (2002), atribuyen variaciones observables respecto a las proporciones de Faca (aprovechable y no aprovechable) producto de la diversidad temporal y espacial en tallas, abundancia y composición de especies de peces y crustáceos dentro de los caladeros, a los tipos de sustrato marino, profundidad del agua, y a la combinación de todos estos factores. Adicionalmente, de acuerdo con Wehrtmann y Cortés (2009), la sección externa del Golfo de Nicoya está influenciada por aguas sub-superficiales ecuatoriales, y las características del agua y de los ensambles de peces, están muy influenciados por la estación seca (diciembre-abril) y la lluviosa (mayo-noviembre).

Los peces cartilaginosos tuvieron una representación bastante pobre dentro de la Faca en el presente estudio, la cual fue similar para ambas especies de camarón, con 9 especies y un 2,7% del peso total de Faca para los lances de camarón pinky y 8 especies y un 2,2% del peso total de Faca para camarón fidel. Las especies vulnerables también presentaron bajos porcentajes en la Faca, con una representación del 1,05% del peso total para la Faca de pinky y ninguna en las especies de Faca de fidel. Se debe aclarar que no se determinó taxonómicamente toda la Faca, sino, solo las especies más abundantes, especies de interés comercial y peces cartilaginosos, por lo que no se cuenta con listados taxonómicos del 100% de las especies presentes en la Faca, sino una porción de estas.

En el caso de la red experimental 1, los resultados fueron muy positivos con respecto a la captura de especies de interés comercial para la flota artesanal de pequeña escala, ya que no se capturó ninguna especie en los lances de camarón fidel, y en los lances de pinky, solo representaron el 0,03% del peso de la captura

total (Faca más pinky), mientras que en el caso de los peces cartilagosos, los resultados también fueron alentadores, ya que estos representaron un 3,1% del peso de la captura total para fidel, y solo un 0,6% para pinky.

## 8. RECOMENDACIONES.

Antes de dar las recomendaciones, es importante recordar que la Sala Constitucional había establecido 3 requerimientos para que se pudiera reabrir la pesca de arrastre de camarón, lo anterior, según el Por Tanto de la Sentencia 10540-2013, habiéndose cumplido el primero antes de la investigación, el cual era el establecimiento obligatorio del DEP ojo de pescado. Por su parte, el segundo requerimiento (demostrar una reducción significativa de dicha captura incidental) y el tercero (que esa reducción fuera compatible con un desarrollo sostenible democrático) se tendría que demostrar su cumplimiento en la presente investigación. Una vez aclarado lo anterior y con base en los resultados de esta investigación, se recomienda:

1. Implementar la red experimental 1, en calidad de estándar legal, en las licencias de pesca para las capturas de las especies de camarón fidel y camarón pinky, según los resultados encontrados en esta investigación. Esta fue la red que tuvo una mayor eficiencia, tanto en la reducción de la pesca incidental asociada a la captura de la pesca objetivo, como a una mayor captura de camarón, con respecto a la red tradicional, cumpliéndose así el segundo requerimiento de la Sala Constitucional. Además, esta red experimental captura camarones pinky y fidel más grandes y con un porcentaje mayor al 90% de individuos por encima de la talla de primera madurez sexual. En cuanto a captura de especies de rayas y tiburones, clasificadas como en peligro o vulnerables por la IUCN, la red experimental no capturó ninguna de estas, ya fuera en la pesca de pinky o fidel y solo se capturó 0,2 kg de cabrilla rosada *Hyporthodus acanthistius*, que representan el 0,02% del peso total de faca y esta especie si fue considerada vulnerable. Por otro lado, para el caso de las especies de peces de alto interés comercial para la flota artesanal (cabrillas, pargos, congrios y corvinas), los porcentajes de captura fueron muy bajos, con solo un 0,03% para pinky, y ninguna captura para fidel (cumpliéndose así con el tercer requerimiento de la Sala Constitucional).
2. Que en el caso de que la anterior recomendación sea acogida favorablemente, la red tiene que utilizarse aplicando los cambios que se hicieron a esta nueva red con respecto a la red tradicional o de control y que son sumarizados en el capítulo de Discusión y Conclusiones.
3. Que anterior a la implementación de esta nueva red, se tiene que dar un proceso de capacitación a los capitanes y rederos de pesca, acerca de su uso correcto. Esto

incluye la preparación de un manual de uso para los capitanes de pesca, por parte del Incopesca, junto al sector pesquero, en el cual se detalle la manera correcta de realizar la calibración de esta nueva red, tendientes principalmente a corregir el desajuste normal que ocurre por el estiramiento. Además se debe incluir la revisión constante de los porcentajes de Faca que se están capturando en cada lance, de tal manera, que si su captura aumenta, entonces realizar una calibración inmediata.

4. Que la aprobación de las licencias de pesca vayan condicionadas a nuevas investigaciones, tales como: utilización de esta red en otras zonas de pesca, comportamiento temporal (día y noche); estacional (época seca y lluviosa) y espacial (longitudinales y batimétricas). Además, es necesario determinar la captura de la biomasa al máximo rendimiento sostenible, zonas de ubicación de juveniles, tallas de primera madurez sexual y otros, que hagan una pesca sostenible para ambas especies.
5. Realizar estudios con la red experimental 1, pero armándola con diferentes luces de malla, para conocer si hay variaciones significativas en las tallas capturadas. Además, la red tiene que ser evaluada con lances mayores a las 2 horas, para conocer si se afectan los porcentajes de disminución de Faca y de captura de camarón.
6. Realizar investigación acerca del aprovechamiento de la faca, ya sea para consumo humano o para preparar harinas de pescado. En el caso del alacrán marino, este ya se está consumiendo en países como España, Canadá y China, por lo que se deberían de analizar la posibilidad de exportarlo, según estudio de estado de su recurso.
7. Incorporar un enfoque ecosistémico a las nuevas investigaciones pesqueras, en cuanto a la determinación de los parámetros biológico-pesqueros de los stocks, incluyendo biomasa disponible, capacidad de carga del ecosistema, niveles de explotación óptimos, y otros que se requieren, para obtener la sostenibilidad del recurso.
8. Aplicar un sistema de monitoreo permanente sobre la pesquería de camarón que permita una evaluación dinámica de las especies objetivo, las proporciones de Faca capturadas y los valores socio-económicos que se obtengan de la producción sostenible. Esto en concordancia con los resultados obtenidos en la presente investigación y el fomento del enfoque ecosistémico de las pesquerías a nivel nacional.

9. Que toda embarcación que vaya a pescar con la red experimental 1, tiene que tener instalada su baliza satelital y en correcta operación, según la zonificación legalmente establecida para la pesca de arrastre.
10. Solicitar a la NOAA, que lleve el proceso de certificación de la red experimental 1, para que se demuestre internacionalmente su capacidad de exclusión de Faca y de esta manera pueda ser recomendada a otros países que han venido buscando maneras de disminuir sustancialmente la cantidad de Faca que se captura en la pesca de arrastre de camarón.
11. Que el Gobierno de Costa Rica aporte los recursos económicos necesarios, para que el sector pesquero camaronero de arrastre, en conjunto con el Incopesca, puedan llevar un proceso de certificación de la pesquería de camarón en la MSC, con lo cual no solo se podrán lograr mejores precios internacionales para la venta de camarón, sino también, que se podrá realizar pesca sostenible de este crustáceo de manera permanente.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, A., López, M. y Ruiz, V. (2012). Biomasa y biología de especies claves de la fauna de acompañamiento del camarón, en las costas de Sonora, durante un periodo de veda. En M. López., y B. Morales (eds) *Efecto de la pesca de arrastre en el Golfo de California* (pp. 115-136). Sonora, México: Centro de Investigaciones Biológicas del NO. S.C. y Fundación Produce.
- Alvarado, H., y Retamal, L. (2012). Dificultades de comprensión del teorema central del límite en estudiantes universitarios. *Educación matemática*, 24(3), 151-171.
- Alverson, D.L., M.H. Freeberg, S.A. Murawski, and J.G. Pope. 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. FAO Fish. Tech. Pap. 339. 235 pp. Citado por Bourgeois et al 2016.
- Barón F., y F. Téllez M. (2004). *Diferencias que presenta una variable numérica entre dos grupos*. Recuperado de <https://www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/ficheros/cap04.pdf>
- Barreiro-Güemez, T. (1986). Estudio sobre la madurez y desove de *Penaeus vannamei* y *P. californiensis* (Crustacea: Decapoda, Penaeidae) en la costa sur de Sinaloa. En: Memorias del Primer Intercambio Académico sobre Investigaciones en el Mar de Cortés. Sonora, México.
- Bourgeois, M., Chapiesky, K., Landry, L., Lightner, J., y Marx, J. (2016). *Louisiana Shrimp*. Recuperado de <http://www.wlf.louisiana.gov/sites/default/files/pdf/page/37762-fishery-management-plans-marine/shrimpfmp4-11-16.pdf>.
- Burguillo, J., Gómez, J., Alonso, R., y Sánchez J. (2009). *Comparación de dos medias en muestras independientes*. Recuperado de <http://simfit.usal.es/casos/curso2009/caso4a.pdf>
- Bussing, W., y López, M. (2011). *Peces demersales y pelágicos costeros del Pacífico de Centroamérica Meridional* (1ª ed.). San José, Costa Rica: Editorial UCR.
- Casa Presidencial. (2015). Directriz. "Para la generación de una política nacional de aprovechamiento sostenible de camarón, generación de empleo y combate a la pobreza". *La Gaceta*. Recuperado de [http://www.imprentanacional.go.cr/pub/2015/05/27/COMP\\_27\\_05\\_2015.pdf](http://www.imprentanacional.go.cr/pub/2015/05/27/COMP_27_05_2015.pdf)
- Christian, P.A., y Harrington, D. L. (1987). Loggerhead turtle, finfish, and shrimp retention studies on four Turtle Excluder Devices. En Seventh Annual Workshop on Sea Turtle Biology and Conservation. Wakiwa Springs State Park, Florida. Citado por Arauz, R. (2007). Impacto de la pesca de camarón

por arrastre sobre el ecosistema marino, y lo que usted puede hacer al respecto como consumidor. Recuperado de <http://www.cientec.or.cr/exploraciones/ponencias2007/RandallArauz.pdf>

CITES. (2019). Apéndices I, II y III. Suiza: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Recuperado de <https://cites.org/esp/app/appendices.php>

Compagno, L. (1984). *FAO species catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. Part 1. Exanchiformes to Lamniformes*. Roma, Italia: FAO.

DeLancey, L.B., Whitaker, J.D., Egleston D.D y Maddox M.B. (2000). Testing of a Soft TED as a Bycatch Reduction Device. Technical Report Number 87. South Carolina Department of Natural Resources. Marine Resources Division. 19 p.

Devore, J. (2001). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (5ª ed.). México: Thompson.

Eayrs, S. (2007). *A Guide to Bycatch Reduction in Tropical Shrimp-Trawl Fisheries*. Roma: FAO.

Eighani, M., y Paighambari, S. Y. (2013). Shrimp, bycatch and discard composition of fish caught by small-scale shrimp trawlers in the Hormuzgan Coast of Iran in the Persian Gulf. *The Philippine Agricultural Scientist*, 96(3), 314–319.

Fennessy, S. T., Vincent, X., Budeba, Y., Mueni, E. M., y Gove, D. Z. (2008). An update on initiatives to reduce prawn trawl bycatch in the western Indian Ocean. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, 7(2), 217–222.

Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E., y Niem, V. H. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca: Pacífico Centro-Oriental*. Vol. I, II. Roma, Italia: FAO.

Froese, R., y Pauly, D. (Ed). (2018). *FishBase*. Suecia. Recuperado de <http://www.fishbase.org/search.php>

Girón, A., Rico-Mejía, F., Y Rueda, M. (2010). Evaluación experimental de dispositivos excluidores de fauna acompañante en redes de arrastre para camarón de aguas someras en el Pacífico colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39(2), 337-357.

Girón-Montaño, A., Rueda, M., Eraso Ordoñez, J. y Rodríguez-Jiménez, A. (2016). Variación interanual de la estructura de tallas y aspectos reproductivos del camarón pink (*Farfantepenaeus brevisrostris*) en el pacífico colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 45(2): 253-268.

- Gómez-Biedma, S., Vivó, M., y Soria, E. (2001). Pruebas de significación en Bioestadística. *Revista de Diagnóstico Biológico*, 50(4), 207-218. Recuperado de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-79732001000400008&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-79732001000400008&lng=es&tlng=es).
- Hammer, Ø., Harper, D., y Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistic software for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9.
- Harrington, J.M., R.A. Myers, and A.A. Rosenberg. (2005). Wasted fishery resources: discarded by-catch in the USA. *Fish. Fish.* 6:350–361.
- Helies, F., Jamison, J. y Gallaway, B. (2012). Development and Assessment of Bycatch Reduction Devices within the Southeastern Shrimp Trawl Fishery. NOAA/NMFS Award Number NA08NMF4330406 (GSAFFI #105). FINAL REPORT. 40 p.
- Incopesca. (2009). *AJDIP-151-2009: Reglamento sobre Regulaciones Técnicas del Uso Correcto del Dispositivo Excluidor de Tortugas (DET), por parte de la Flota Camaronera de Arrastre de Orilla. La Gaceta*. Recuperado de [http://www.gaceta.go.cr/pub/2009/05/18/COMP\\_18\\_05\\_2009.html](http://www.gaceta.go.cr/pub/2009/05/18/COMP_18_05_2009.html).
- Incopesca. (2013). AJDIP-458-2013: Se establece como obligatorio el uso del dispositivo excluidor de peces, del tipo ojo de pescado, en la realización de las faenas de pesca por parte de la flota semi-industrial camaronera costarricense, tanto en la pesca costera como en la pesca de profundidad. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. 3 p.
- Incopesca. (2015). *AJDIP-483-2015: Regulación de establecer el retiro de la flota pesquera semi-industrial camaronera para realizar faenas de pesca*. Recuperado de [https://www.incopesca.go.cr/acerca\\_incopesca/transparencia\\_institucional/jerarcas\\_decisiones/acuerdos/2015/AJDIP-483-2015\\_Aprueba\\_propuesta\\_alejamiento\\_15\\_mts\\_batimetria\\_flota\\_camaronera.pdf](https://www.incopesca.go.cr/acerca_incopesca/transparencia_institucional/jerarcas_decisiones/acuerdos/2015/AJDIP-483-2015_Aprueba_propuesta_alejamiento_15_mts_batimetria_flota_camaronera.pdf).
1. Incopesca. (2017). AJDIP-158-2017: Establece el retiro de la Flota Pesquera Semi-Industrial Camaronera de arrastre en el Océano Pacífico y espacios marinos de aprovechamiento sostenible de Camarón para flota pesquera de pequeña escala en el Mar Caribe para realizar faenas de pesca de acuerdo a los mapas de zonificación participativa elaborados por el grupo de trabajo de investigación, en el marco de la mesa de dialogo de ordenamiento de la pesca de camarón. Recuperado de: [https://www.incopesca.go.cr/acerca\\_incopesca/transparencia\\_institucional/jerarcas\\_decisiones/acuerdos/2017/AJDIP-158-017\\_Establece\\_Mapade\\_Zonificacion.pdf](https://www.incopesca.go.cr/acerca_incopesca/transparencia_institucional/jerarcas_decisiones/acuerdos/2017/AJDIP-158-017_Establece_Mapade_Zonificacion.pdf).
- Invemar. (2017). Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: 2016. Recuperado de [http://www.invemar.org.co/documents/10182/14479/IER\\_2016\\_baja.pdf/4648b25a-fb94-4294-9ecb-a027abb3a211](http://www.invemar.org.co/documents/10182/14479/IER_2016_baja.pdf/4648b25a-fb94-4294-9ecb-a027abb3a211)

- IUCN (2019). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Recuperado de <https://www.iucnredlist.org/>.
- Kelleher, Kieran. 2005. Discards in the world's marine fisheries. FAO Fisheries Technical Paper 470. 22p.
- Laguna, C. (2014). *Inferencia Paramétrica: Relación entre Variables Cualitativas y Cuantitativas*. Recuperado de <http://www.ics-aragon.com/cursos/salud-publica/2014/pdf/M2T08.pdf>
- López, W. A., y Espinoza, J. J. (2005). Estructura poblacional y ubicación geográfica y batimétrica de las especies: *Farfantepenaeus californiensis*, *F. brevivirostris*, *Litopenaeus vannamei*, *L. stylirostris* y *L. occidentalis* en la costa salvadoreña (tesis de licenciatura). El Salvador: Universidad de El Salvador.
- Maharaj, V., & Recksiek, C. (1991). The by-catch from the artisanal shrimp trawl fishery, Gulf of Paria, Trinidad. *Marine Fisheries Review*, 53(2), 9-15.
- Manjarrés, L., Cuello, F., Duarte, L. O., y Acevedo, R. (2014). Evaluación experimental del efecto de dispositivos reductores de pesca acompañante en una pesquería artesanal de arrastre de camarón del Golfo de Salamanca, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 43(2), 329-343.
- Marín, B. (2009). *Comparación de las Capturas entre dos Tipos de Dispositivos Excluidores de Tortugas (DET'S), en la Pesca del Camarón Rosado Penaeus brevivirostris en el Océano Pacífico Norte de Costa Rica*. Documento Técnico N°1, Incopesca, de investigación realizada para la NOAA. Recuperado de [https://www.incopesca.go.cr/investigacion/documentos\\_tecnicos/2.1\\_Inf\\_Invest\\_DET\\_barra\\_plana.pdf](https://www.incopesca.go.cr/investigacion/documentos_tecnicos/2.1_Inf_Invest_DET_barra_plana.pdf).
- Marín, J. (2018). *Análisis de dos muestras*. Recuperado de <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Disenno/tema1de.pdf>
- Méndez, I. (1992). Valoración estadística en la investigación. *Monografías*, 2(10), 1-57.
- Mendoza, B. (2002). *Bioestadística Fundamental: Teorema Central del Límite*. Recuperado de [http://168.176.239.58/cursos/ciencias/2001091/html/un5/cont\\_505\\_50.html](http://168.176.239.58/cursos/ciencias/2001091/html/un5/cont_505_50.html)
- Montero, R. (2007). *Contraste de Hipótesis para la media*. Recuperado de <http://www.ugr.es/~montero/matematicas/contrastes.pdf>.
- Montgomery, D., y Runger, G. (1996). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería* (3ª ed.). México, Mc Graw Hill.

- Morán-Silva, A., Chávez-López, R., Jiménez-Badillo, M., Cházaro-Olvera, S., Galindo-Cortes, G., y Meiners-Mandujano, C. (2017). Análisis de la comunidad de peces de descarte en la pesca de arrastre de camarón (temporada de lluvias 2013) en la zona centro-sur del litoral veracruzano, México. *Revista de biología marina y oceanografía*, 52(3), 551-566.
- MSC. (2011). Suriname Atlantic Seabob shrimp. Marine Stewardship Council Sustainable Fisheries Certification. Public Certification Report. 273 p.
- Neus, C. (2006). *Distribuciones de probabilidad. El teorema central del límite*. Recuperado de <http://www.revistaseden.org/files/8-CAP%208.pdf>
- NOAA. (2013). *Bycatch reduction device (BRD) requirements*. Recuperado de <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2013-title50-vol12/pdf/CFR-2013-title50-vol12-sec622-53.pdf>.
- NOAA. (2013b). *Bycatch reduction device (BRD) requirements*. Recuperado de <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2013-title50-vol12/pdf/CFR-2013-title50-vol12-sec622-207.pdf>
- Padilla, S. (2012). *Innovaciones Tecnológicas en Redes de Arrastre Camaroneras al Sur del Golfo de California, México* (tesis de maestría). Recuperado de <https://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/13348/1/padillag1.pdf>.
- Poder Judicial. (2013). *Voto 10540-2013*. Recuperado de <https://semanariouniversidad.com/wp-content/uploads/Pesca-Arrastre.pdf>.
- Porras, A., Marchena, L., y Chavarría, J. (2008). *Evaluación Del Uso De Dispositivos Excluidores De Peces (DEP's) En Redes De Arrastre De Camarón, Pacífico, Costa Rica*. Informe Rebyc 1. Costa Rica: FAO.
- Pretoma. (2000). Excluidor de Tortugas. Resumen del primer informe de investigación realizado por el Programa de Restauración de la Tortuga Marina, en conjunto con el sector camaronero de arrastre. 1 p. <Http://www.pretoma.org/es/sea-research/fisheries/responsible-fisheries/ted>
- Puentes, V., Madrid, N. y Zapata, L. (2007). Composición de la captura de la pesquería del camarón de aguas profundas (*Solenocera agassizi* y *Farfantepenaeus californiensis* y *Farfantepenaeus brevisrostris*) del océano Pacífico colombiano. *Gayana*. 71(1), 84-95.
- Roa, R., Ernst, B., y Tapia, F. (1999). Estimation of size at sexual maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. *Fishery Bulletin*, 97: 570-580.

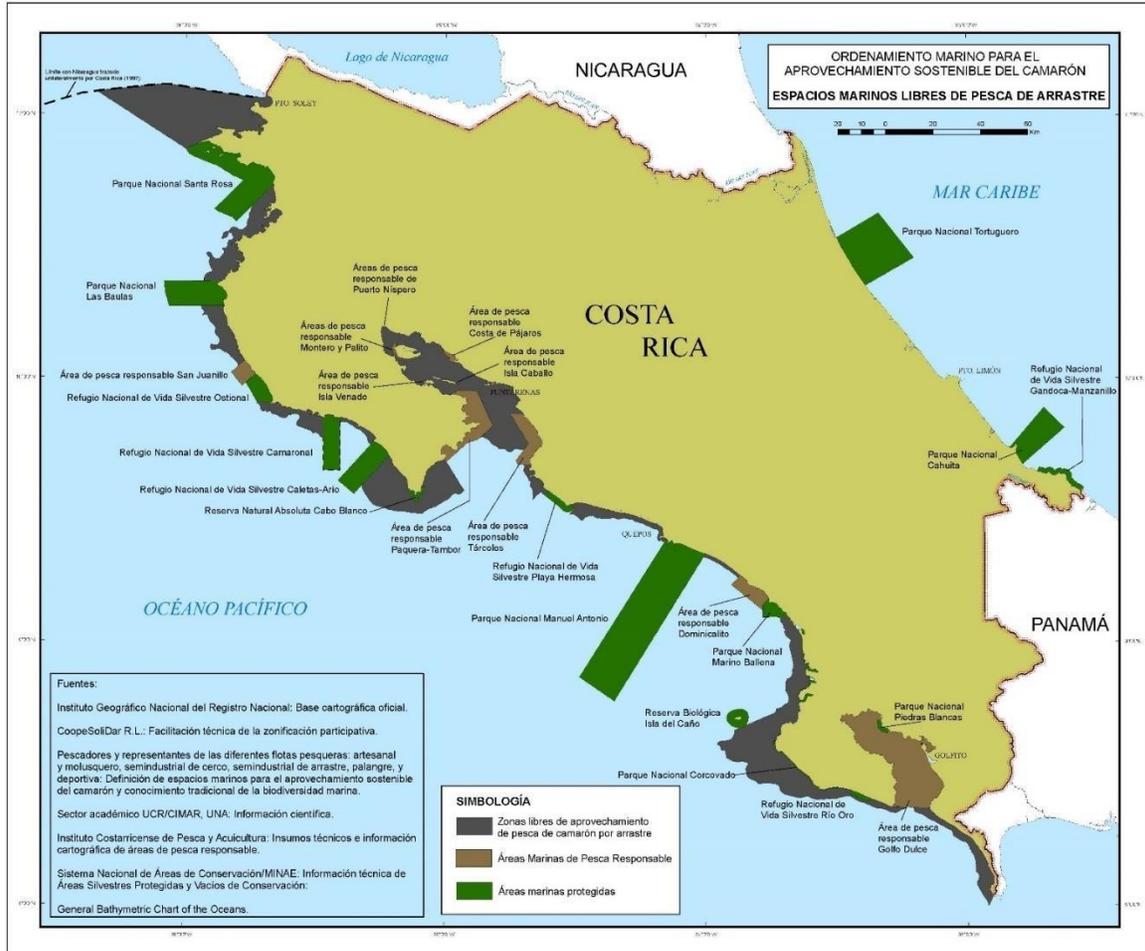
- Robertson, R. y Allen, G. (2015). *Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical, sistema de información en línea*. Versión 2.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá.
- Rodríguez, A., Rueda, M, y Cubillos, L. A. (2012). Agregación reproductiva del camarón de aguas profundas *Solenocera agassizii* (Crustacea: Decapoda) en el Pacífico colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 41(2): 429-446.
- Romero. J. C., Noriega, E. A., Mendosa, M. M., Salinas, C., y García, A. (2004). Periodo reproductivo del camarón café *Farfantepenaeus californiensis* en la laguna costera de Agiabampo sonora- Sinaloa –México. *Ciencias Marinas*, 30(3): 465-475.
- Ruiz, R. (2005). *Estadística para los clínicos III*. Recuperado de [https://www.ugr.es/~rruizb/cognosfera/sala\\_de\\_estudio/estadistica/esquematest.doc](https://www.ugr.es/~rruizb/cognosfera/sala_de_estudio/estadistica/esquematest.doc).
- Scott-Denton, E. 2007. U.S. southeastern shrimp and reef fish resources and their management. Ph.D. Dissert., Texas A&M Univ., Coll. Stat., Tex. 400 pp. Citado por Bourgeois et al 2016.
- Sala Constitucional. (2013). Res. N° 2013-010540 de la Sala Constitucional De La Corte Suprema De Justicia. Prohíbe la pesca de arrastre. 139 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación. (2013). Norma Oficial Mexicana Nom-002-SAG/PESC-2013, para Ordenar el Aprovechamiento de las Especies de Camarón en Aguas de Jurisdicción Federal de los Estados Unidos Mexicanos. *Diario oficial*. Recuperado de [https://www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/dgop/2018/normas/2\\_NOM\\_002\\_SAG\\_PESC\\_2013.pdf](https://www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/dgop/2018/normas/2_NOM_002_SAG_PESC_2013.pdf).
- Steele, P., Bert, T.M., Johnston, K.H., Levett, S. (2002). Efficiency of bycatch reduction devices in small otter trawls used in the Florida shrimp fishery. *Fish. Bull.* 100, 338-350.
- TCA. (2018). Resolución N°277-2018-I del Tribunal Contencioso Administrativo sobre medida cautelar donde se establecen 4 meses para realizar estudios sobre camarón. Corte Suprema de Justicia. 20 p.
- Tsukamoto, K., Kawamura, T., Takeuchi, T., Beard Jr, T. D., y Kaiser, M. J. (2008). *A review of bycatch and discard issue toward solution*. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.546.4974&rep=rep1&type=pdf>.
- Vargas, M. (2012). *Contraste de Hipótesis para la Media*. Recuperado de <https://www.ugr.es/~mvargas/Infe2.pdf>

- Villalobos, F. 2009. *Biología reproductiva del camarón fidel, Solenocera agassizii Faxon, 1893 (Decapoda:Solenoceridae) en el Pacífico costarricense* (tesis de licenciatura). San José: Universidad de Costa Rica. Recuperado de <http://www.biologia.ucr.ac.cr/TesisLic/FresiaVillalobos.pdf>
- Villavicencio, E. (2017). *¿Cómo Realizar la T de Student con Excel?* Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/319535282>.
- Villón, C. (2007). *Análisis del Sector Pesquero del Ecuador Continental*. Recuperado de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Análisis-de-la-pesquería-arrastre-Ecuador-21febPDF>
- Walpole, R., Myers, R., y Myers, S. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros* (6ª ed.). México: Pearson.
- Wehrtmann, I y Cortés, J. (2009). Diversity of marine habitats of the Caribbean and Pacific of Costa Rica. En I.S. Wehrtmann y J. Cortés. *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America*. (pp. 1-45). Berlin, Alemania: Springer.
- Zar, J. (1999). *Biostatistical analysis* (6ª ed.). New Jersey: Prentice Hall.

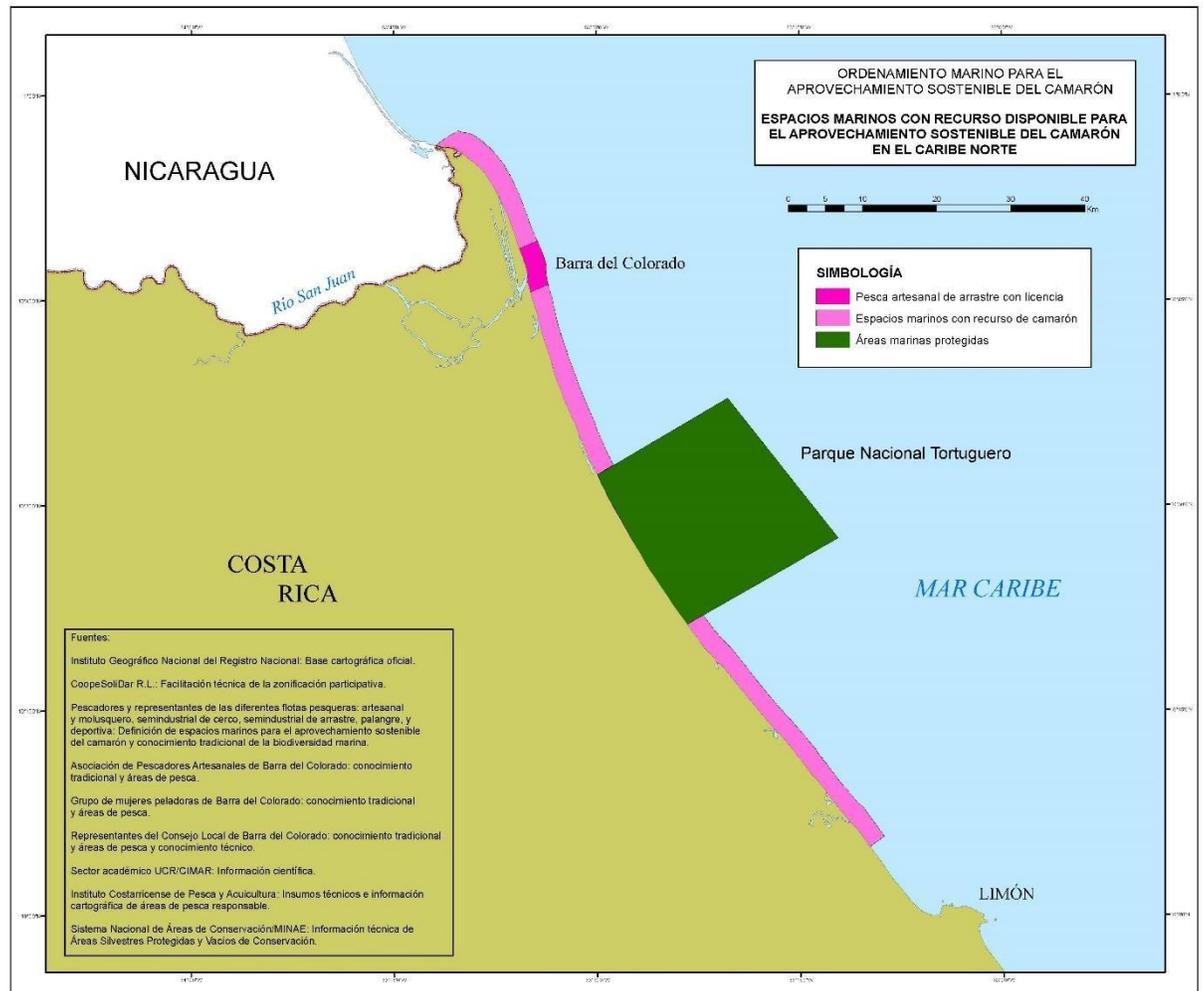
## 10. ANEXOS

### 10.1. Anexo 1: Zonas con restricción para la pesquería de arrastre.

#### A. Mapa Espacios marinos libres de pesca de arrastre litoral Pacífico.



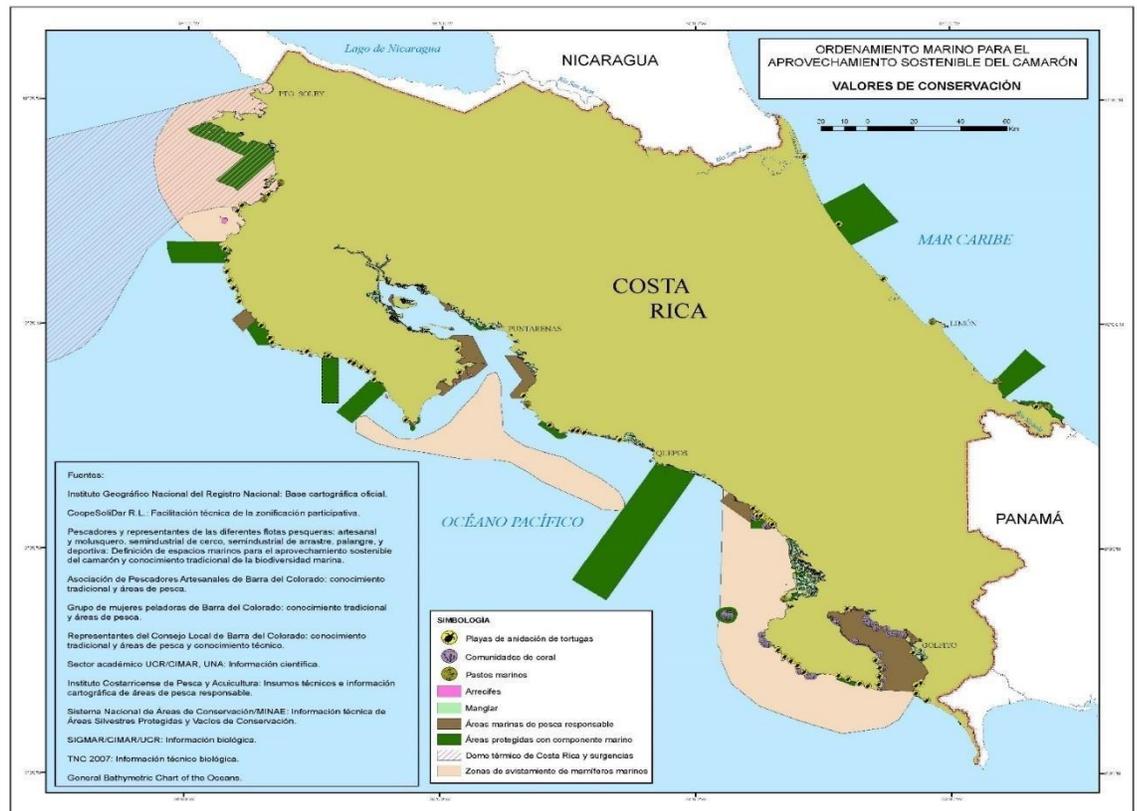
B. Espacios marinos con recurso disponible para el aprovechamiento sostenible del camarón en el Caribe Norte.



### C. Espacios marinos prioritarios para la investigación.



D. Valores o elementos de conservación (anidación de tortugas, coral, arrecifes, manglar, pasto marino, montes submarinos, áreas marinas de pesca responsable, áreas protegidas marinas, avistamiento de mamíferos marinos y domo térmico de CR y surgencias).



**10.2. Anexo 2: Formularios utilizados para registrar los datos obtenidos durante la investigación.**

A. Formulario 1. Pesos de camarón y Faca por lance

#

Experimento:

Fecha de salida:

Fecha de entrada:

Embarcación:

Tipo de Red:

Pesca Objetivo:

# Lance	Fecha	Peso total camarón (kg)	Peso total Faca (kg)	Submuestra de Faca (kg)				
				Tib/ Raya	Pesc.	Crust	Mol.	Otros





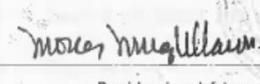


**10.3. Anexo 3: Permisos de investigación otorgados a las embarcaciones participantes.**



**REPUBLICA DE COSTA RICA**  
Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura  
**..Permiso de Pesca..**



Expediente #	3101091495	Solicitud N°	137891
Tipo de Pesca Autorizada	--FAUNA DE ACOMPAÑAMIENTO--CAMARON PROFUNDIDAD	Cédula	3101091495
Permisionario	INVERSIONES CALO PUNTARENAS S.A.	Bandera	COSTA RICA
Base de Operación	PUNTARENAS, CENTRO		
Artes de Pesca Autorizada	COMERCIAL SEMI INDUSTRIAL REDES DE ARRASTRE. FCOSI --FAUNA DE ACOMPAÑAMIENTO--CAMARON PROFUNDIDAD		
Fecha de Emisión	10-10-2018	Fecha de Vencimiento	10-02-2019
Periodo Cancelado	Desde el: 10/10/2018	Hasta el:	10/02/2019
Eslora	21,03	Manga	6,10
		Puntal	2,74
Tipo Flota	COMERCIAL SEMI INDUSTRIAL		
<b>Notas Técnicas</b>			
<p>EL PRESENTE PERMISO SE OTORGA DE CONFORMIDAD CON EL ACUERDO DE JUNTA DIRECTIVA NO. AJDIP/336-2018, POR LO CUAL CORRESPONDE A U PERMISO PARA INVESTIGACION QUE PERMITIRA EVALUAR LOS PORCENTAJES DE EXCLUSIÓN DE FACIA EN LA PESCA DE ARRATRE DE LOS CAMARONES DE PROFUNDIDAD PINKI Y FIDEL. DEBERÁ DE RESPETARSE LAS DISPOSICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONVENIO SUSCRITO ENTRE LAS PARTES. SE DEBE RESPETAR LAS ZONAS DE PESCA ESTABLECIDAS EN EL ACUERDO NO. AJDIP-158-2017, LO CUAL INCLUYE EL USO DE BALIZAS DE CONFORMIDAD CON LA NORMATIVA CORRESPONDIENTE. LA COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO DEBERÁ DE REALIZARSE EN CONCORDANCIA CON LO ESTABLECIDO EN EL REGLAMENTO A LA LEY DE PESCA, ASÍ COMO LAS CLÁUSULAS DEL CONVENIO SUSCRITO ENTRE LOS INTERESADOS. DEBERÁ REALIZAR LA SOLICITUD DE INSPECCION DE DESCARGA DE PRODUCTO PESQUERO, SIGUIENDO LA NORMATIVA VIGENTE EN LA MATERIA.</p>			
 _____ Presidencia o Jefatura		 _____ Presidencia o Jefatura	
Canon Anual	_____	_____	_____
Firma Funcionario	_____	_____	_____

No. 00171810111111



16

**REPUBLICA DE COSTA RICA**  
**Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura**  
**..Permiso de Pesca..**

Expediente #	501890737	Solicitud N°	137890
Tipo de Pesca Autorizada:	-FAUNA DE ACOMPAÑAMIENTO-CAMARÓN PROFUNDIDAD		Cédula: 501890737
Permisionario:	SAMADY VALLE SOLORZANO		Bandera: COSTA RICA
Base de Operación:	PUNTARENAS, CENTRO		
Artes de Pesca Autorizada:	COMERCIAL SEMI INDUSTRIAL REDES DE ARRASTRE, FCSI -FAUNA DE ACOMPAÑAMIENTO-CAMARÓN PROFUNDIDAD		
Fecha de Emisión:	10-10-2018	Fecha de Vencimiento:	10-02-2019
Embarcación:	SULTANA		
Periodo Cancelado	Desde el 10/10/2018	Hasta el 10/02/2019	Matrícula: P09827
Eslora:	21,00	Manga:	4,30
		Puntal:	2,97
Tipo Flota:	COMERCIAL SEMI INDUSTRIAL		

Motor Marca:	N° Serie	Potencia HP	Tipo	Kw
CATERPILLAR	4TB05078	365	ESTACIONARIO	272,1005

**Notas Técnicas**

EL PRESENTE PERMISO SE OTORGA DE CONFORMIDAD CON EL ACUERDO DE JUNTA DIRECTIVA NO. AJDIP/336-2018, POR LO CUAL CORRESPONDE A UN PERMISO PARA INVESTIGACION QUE PERMITIRA EVALUAR LOS PORCENTAJES DE EXCLUSION DE PAGA EN LA PESCA DE ARRATRE DE LOS CAMARONES DE PROFUNDIDAD FINNI Y FIDEL, DEBERA DE RESPETARSE LAS DISPOSICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONVENIO SUSCRITO ENTRE LAS PARTES. SE DEBE RESPETAR LAS ZONAS DE PESCA ESTABLECIDAS EN EL ACUERDO NO. AJDIP-158-2017, LO CUAL INCLUYE EL USO DE BALIZAS DE CONFORMIDAD CON LA NORMATIVA CORRESPONDIENTE. LA COMERCIALIZACION DEL PRODUCTO DEBERA DE REALIZARSE EN CONCORDANCIA CON LO ESTABLECIDO EN EL REGLAMENTO A LA LEY DE PESCA, ASI COMO LAS CLAUSULAS DEL CONVENIO SUSCRITO ENTRE LOS INTERESADOS. DEBERA REALIZAR LA SOLICITUD DE INSPECCION DE DESCARGA DE PRODUCTO PESQUERO, SIGUIENDO LA NORMATIVA VIGENTE EN LA MATERIA.

*[Signature]*

*[Signature]*

Presidencia o Jefatura

Canon Anual	Fch Vencimiento				
Firma Funcionario					

M. Zamady Del Valle S. 12-10-18  
 5-18A737

No. 0059629

#### 10.4. Anexo 4: Fundamentos Estadísticos Utilizados en esta Investigación.

A la hora de analizar los resultados de una investigación, varios factores van a determinar la prueba estadística a utilizar y se refieren al número, tipo y distribución de las variables y a la forma en que se eligió a los sujetos del estudio.

Cuando se trabaja con una sola variable, esta podrá ser **cualitativa o cuantitativa**. La primera, conocida también como **categorica**, puede ser dicotómicas o politómicas (Ruiz, 2005). En el caso de las dicotómicas, estas solo pueden adoptar dos valores, por ejemplo: un pez puede ser macho o hembra o puede estar vivo o muerto, no hay una tercera opción. Por su parte, en las politómicas, la variable cualitativa puede adquirir un número de valores superior a dos, por ejemplos *Salud (buena, regular, mala)*. En el caso de la variable **cuantitativa (o variable numérica)** es una variable que toma valores numéricos. Por ejemplo, Número de camarones muestreados (1, 2,...) o edades (1, 2, 3;...).

En los casos en que sólo tenemos **una muestra de sujetos**, nuestro interés será saber si dicha muestra difiere en los valores de la variable de una población u otra muestra de referencia. No obstante, es más habitual que se disponga de **dos muestras o grupos de sujetos**, por ejemplo, peces machos y hembras colectados, sanos y enfermos, o camarones con la enfermedad A o con la enfermedad B, etc. En este caso se quiere saber también si existen diferencias entre los dos grupos con respecto a alguna de las variables que se han estudiado.

##### A. Pruebas Paramétricas y Pruebas no Paramétricas

La distribución de la variable que interesa comparar también es importante a la hora de establecer la prueba estadística que permita evaluar la hipótesis nula de igualdad, de forma que si la distribución es normal y cumple algunas otras condiciones, se utilizan los denominados **test paramétricos** y si no cumple dichos criterios, entonces se tendrá la opción de usar los llamados **test no paramétricos** o de distribución libre, que se basan en los rangos de distribución de la variable. Por otro lado, la potencia de un test estadístico aumenta cuando lo hace el tamaño de la muestra. Por lo tanto, para conseguir la misma potencia con una prueba no paramétrica, se requiere aumentar el tamaño de la muestra en una cantidad determinada.

##### B. Muestras pareadas (también llamadas relacionadas) o muestras independientes (o no relacionadas).

Si los sujetos de las muestras han sido elegidos de forma que se parecen bastante en sus características (el prototipo serían los gemelos, pero también pueden ser compañeros de habitación en un colegio, etc.) o se trata de los mismos individuos

evaluados en dos momentos diferentes del tiempo, se habla de muestras pareadas. En este caso se utilizan pruebas estadísticas especiales para muestras pareadas o relacionadas. En el caso de muestras independientes, son mediciones realizadas en dos conjuntos de elementos distintos. Por ejemplo, si se compara la media de una corvina reina capturada en una zona, contra la media de esa especie en otra zona; o las medias de la misma corvina capturada con diferentes artes de pesca o en diferentes años.

Por lo anterior, las pruebas estadísticas deben elegirse en concordancia con su tipo. Por ejemplo, si interesa estudiar el efecto de un tratamiento médico sobre la tasa de insulina dos diseños experimentales posibles: primero, la tasa de insulina es medida en 30 pacientes antes y después del tratamiento médico. Los datos están, por tanto, organizados en pares (cada paciente está asociado con dos medidas). Una prueba apropiada en este caso sería la prueba de t para dos muestras **relacionadas**, al ser los mismos pacientes. Segundo; la tasa de insulina es medida en 30 pacientes que reciben un placebo (pastilla sin antibiótico), y en otros 30 pacientes que reciben tratamiento médico. En este caso, todas las medidas son independientes. Una prueba apropiada en este caso sería la prueba de t para dos muestras **independientes** (son diferentes pacientes). Al respecto, Barón y Téllez (2004) exponen, que las muestras son independientes, cuando puede suponerse que los individuos de un grupo de tratamiento han sido extraídos independientemente de los del otro grupo.

### **C. Variable dependiente y variable independiente.**

El esquema que se sigue en la situación en que comparamos dos o más muestras o grupos es que la variable de clasificación de los sujetos en cada una de las muestras se denomina **variable independiente o predictor**, de forma que es la pertenencia a uno de dichos grupos lo que biológicamente determina los valores que toma la variable que estamos analizando, a la que denominamos **variable dependiente o resultado**.

### **D. Comparación de Datos Cuantitativos entre dos o más Grupos.**

La prueba estadística que se utiliza para contrastar la hipótesis nula de igualdad de medias para una muestra o entre dos muestras o grupos es la **t de Student**. Para la aplicación de la t de Student se requiere que la distribución de la variable cuantitativa sea normal en ambos grupos de comparación. Además, se debe revisar si las varianzas de ambos grupos son iguales o desiguales o si las muestras sean pareadas o no pareadas, debido a que las pruebas estadísticas son diferentes para cada uno de los casos.

López y Téllez (2004) clasifican el experimento en dos clases: **muestras pareadas**, cuando para cada observación en un grupo tenemos una observación asociada en el segundo grupo y **muestras independientes**, cuando puede suponerse que los individuos de un grupo de tratamiento han sido extraídos independientemente de los del otro. Laguna (2014) establece, que dos muestras son relacionadas cuando:

- Se realizan mediciones repetidas en un mismo individuo.
- Se comparan entre sí, de dos en dos, parejas naturales de individuos, por ej. gemelos (emparejamiento natural).
- Se busca un control para cada paciente de tal modo que tenga las mismas características de edad, sexo,...que el paciente.

En la práctica, distinguiremos este tipo de datos emparejados porque en la base de datos habrá una columna para cada medición (antes-después) o una columna para cada una de las dos observaciones que forman la pareja (antes/después).

### E. Pruebas de dos colas y pruebas de una cola

En las pruebas de hipótesis se puede partir de la idea de que uno de los grupos de estudio va a tomar valores mayores o menores de la variable resultado que el otro grupo. Por ejemplo, los pacientes hipertensos tendrían mayor frecuencia de demencia que los pacientes con presión normal. En este caso se utilizarían **pruebas de hipótesis de una cola**. Esta no es una actitud prudente en investigación y es más razonable plantear lo que se denominan **pruebas de dos colas**, es decir, considerar la hipótesis “a priori” de que la hipertensión puede conllevar tanto una mayor frecuencia como una menor frecuencia de demencia cuando comparamos con la situación que se presentaría en los pacientes normales, en resumen, se aplicaría el test de dos colas, cuando realmente no se sabe si A va ser superior o inferior a B. La consecuencia será que las diferencias en la frecuencia de demencia entre los grupos deberán ser mayores para que se pueda rechazar la hipótesis nula de igualdad (Ruiz, 2005).

### F. Prueba de hipótesis.

Las pruebas de significación estadística sirven para comparar variables entre distintas muestras. Si la distribución de la muestra es normal se aplican las llamadas pruebas paramétricas. Si la distribución no puede asumirse normal se aplican las pruebas no paramétricas. Hay que tener siempre en cuenta que los tests paramétricos son más potentes y dan más información que los no paramétricos, por lo que, si pueden usarse, se prefieren. El uso indiscriminado de muestras de distribución fuera de la normalidad conlleva el peligro de obtener conclusiones erróneas (Gómez *et al.*, 2001). En general, con pocos datos, es preferible, si no es

difícil ni conlleva un alto coste de tiempo y dinero, realizar más muestreos para poder aplicar pruebas paramétricas al lograrse una distribución normal. Lo anterior, ya que el teorema del límite central nos dice que si el tamaño de la muestra es suficiente, la distribución siempre tiende a ser normal (Gómez *et al.*, 2001). También hay que tener presente que la mayoría de las veces no hay suficiente tiempo y dinero para realizar un número elevado de pruebas para calcular la variancia de la población, por lo que se recurre a la variancia de la muestra.

Si se pretende averiguar si existen diferencias significativas entre dos muestras y los datos proceden de una muestra con una distribución normal, y que el diseño es completamente aleatorizado, entonces, dada una muestra de tamaño  $n$ , se desea contrastar la hipótesis nula ( $H_0$ ), que establece que las medias son iguales con respecto a una hipótesis alternativa ( $H_1$ ), en donde las medias son diferentes:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

La prueba permite comparar la media con su valor verdadero (la media de la población) o bien las medias de dos poblaciones (o de 2 grupos de muestras). Luego, se compara el valor de  $t$  estadístico, (o  $t$  tabulada) con respecto al valor de una distribución  $t$  de Student ( $t$  calculada). Así, si  $H_0$  es verdadera,  $t_0$  se distribuye como una  $t$  de Student y es de esperar que un  $100(1 - \alpha)$  de los valores de  $t_0$  estén en la zona de aceptación (Figura 28). Una muestra que produzca un valor fuera de este intervalo es rara si  $H_0$  fuese cierta, lo que lleva a rechazar la hipótesis  $H_0$  (Marín, 2018).

A partir de la hipótesis hay que comprobar si la diferencia que existe entre dos medias es debida a que realmente sí existe una diferencia significativa entre ambas o bien, si las diferencias observadas se podrían explicar simplemente por azar. Laguna (2014) expone que si la diferencia observada es mucho mayor que la variabilidad biológica aleatoria esperada, entonces el cociente  $t$  tendrá un valor grande y se concluye que hay diferencias significativas. Por su parte, si la diferencia observada es pequeña en relación a la variabilidad biológica esperada, entonces la  $t$  tendrá un valor pequeño y no se podría decir que existen diferencias significativas. Como ejemplo, si el valor del  $t$  Student o calculado fue de 0,3, esto quiere decir que el efecto observado es sólo el 30% de la variabilidad biológica esperada. Casi sin necesidad de mirar las tablas ya se puede decir que la diferencia entre las dietas es insignificante, mucho menor que lo esperado por el azar.

Según Barón y Téllez (2004), la prueba  $t$  Student para dos medias se basa en contrastar si las medias de cada grupo son similares. Este tipo de contrastes es válido cuando se da alguna de las siguientes condiciones:

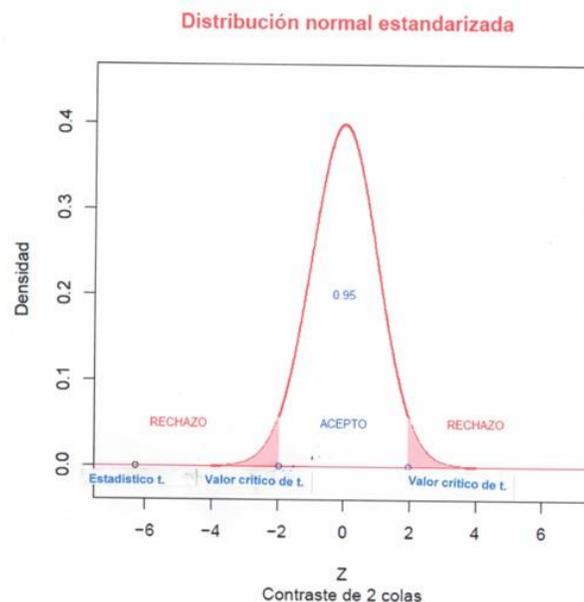
- Las varianzas son similares y las observaciones de cada muestra son

normales.

- Las varianzas son similares y los tamaños muestrales son grandes.
- Hay diferencia notable entre las varianzas de cada grupo, pero los tamaños de cada muestra son similares y además las muestras son grandes o aproximadamente normales.

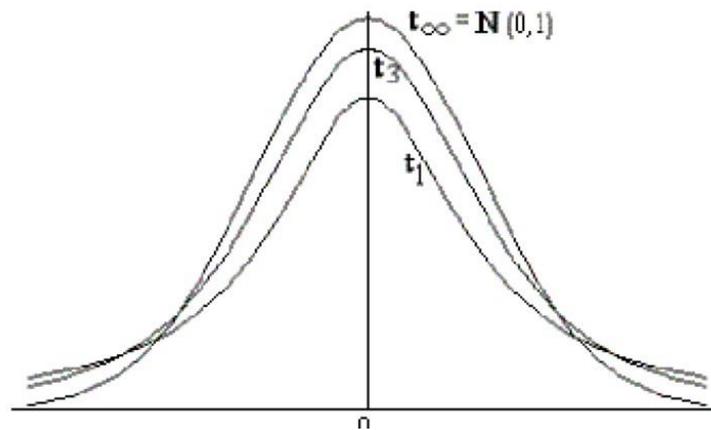
En la mayor parte de los outputs de programas informáticos se suele arrojar el valor de la prueba  $t$  y el  $p$ -valor. El valor de la prueba es el valor de la distribución para los parámetros elegidos (media u otro), si dicho valor pertenece a la región de aceptación, la  $H_0$  se acepta mientras que si cae en la región de rechazo,  $H_1$  se acepta (Figura 28). Por otro lado, el  $p$ -valor es el valor del nivel de significación ( $\alpha$ ) límite para el valor de la prueba. Si  $p$ -valor  $< 0,05$ , en una prueba de una cola, se dice que  $H_0$  se rechaza para un nivel de confianza de  $1 - \alpha$ . Típicamente si  $p$ -valor  $< 0,05$  las diferencias entre los parámetros no son estadísticamente significativas (Montero, 2005).

En el caso de valor de  $p$  para el test de dos colas, para rechazar  $p$ , esta tiene que ser menor  $0,025$  ( $0,05/2$  por ser dos colas). Como ejemplo, si  $p$  tiene un valor de  $0,0025$ , esto quiere decir que  $p < 0,01$ , por tanto se rechaza la hipótesis nula con riesgo del 1%, o lo que es lo mismo las medias son significativamente diferentes con una probabilidad del 99% (Burguillo *et al.*, 2009). La distribución  $t$  de Student es muy parecida a la distribución normal, y se aplica cuando no se conoce la desviación estándar poblacional y el estimador utilizado se calcula en la propia *muestra* ( $s$ ,  $s^2$ ). Como casi nunca se dispone de la varianza ( $\sigma$  o  $\sigma^2$ ), el uso de la  $t$  de Student es muy frecuente (Laguna, 2014).



**Figura 28.** Distribución normal con sus zonas de aceptación y de rechazo (Modificada de Montero, 2007).

Para evitar rechazar una hipótesis por algún tipo de error, Montero (2007) recomienda incrementar el tamaño de la muestra. Sin embargo, incrementar el tamaño de la muestra tiene un costo que puede ser caro, por lo que el tamaño de la muestra tampoco puede ser muy grande. Laguna (2014) informa que a medida que la muestra es grande, es casi equivalente utilizar la  $t$  de Student o la distribución normal y para un número alto de grados de libertad, se puede aproximar a la  $N(0,1)$  (Figura 29). Como la distribución  $t$  de Student tiene en cuenta el tamaño de la muestra, hay una  $t$  distinta para cada tamaño muestral, es decir, para cada número de grados de libertad.



**Figura 29:** Distribución de  $t$  Student para varios grados de libertad.

Los **grados de libertad (g.l.)** en una variable cuantitativa de una muestra se obtienen con la fórmula *muestra*:  $g.l. = (n-1)$ , donde  $n$  es el tamaño de la muestra; mientras que cuando *dos muestras*:  $g.l. = (n-1) + (m-1) = (n+m-2) = N-2$ , siendo  $N$  la suma de los individuos de los dos grupos.

Aunque se pueda utilizar la  $t$  de Student para contrastar la media de una muestra y la media poblacional de la que ha sido extraída (problema más simple referido a una sola muestra), el uso más habitual de esta distribución es el de comparar las medias de una variable cuantitativa continua entre dos grupos independientes. En este tipo de problemas habrá siempre dos variables: una **cuantitativa** (variable dependiente que se compara) y otra **cuantitativa dicotómica** (variable independiente). Se trata de comprobar si la variable cuantitativa depende de la variable dicotómica, es decir, calcularemos las medias de la variable continua para los dos grupos de la variable cualitativa y se crea el contraste para determinar si existen diferencias significativas o no entre las medias de dos muestras independientes (Laguna, 2014).

Para aplicar el t Student se necesita que la variable cuantitativa o dependiente siga aproximadamente una distribución normal dentro de cada grupo. La regla práctica respecto al valor apropiado de  $n$ , ha sido analizada por diferentes autores. La mayoría coincide en aplicar el teorema central del límite, el cual establece que si una muestra es lo bastante grande, generalmente cuando el tamaño muestral ( $n$ ) es mayor o igual a 30, se puede presumir que la aproximación a la distribución normal será buena (Montgomery y Runger, 1996; Alvarado y Retamal, 2012; Canal, 2006; Laguna, 2014; Mendoza, 2002). No obstante, Walpole *et al.*, (1999) indican, que la aproximación normal a la distribución binomial será buena si  $np$  y  $n(1-p)$  son mayores o iguales a 5, y para Devore (2001) que en la práctica, la aproximación es adecuada siempre que  $np \geq 10$  y  $nq \geq 10$ . Por su parte, Méndez (1992) expone que un tamaño de muestra de 30 o más ya produce la distribución normal. Sin embargo, si la distribución de la población es normal con muestras de tamaño 10 o más, se tiene la normalidad. Si la distribución de población no es normal, pero no se aleja mucho de ella y es simétrica o casi (Mendoza, 2002), con la media casi igual a la moda y la mediana, entonces con muestras de tamaño 15 o 20 es suficiente, dependiendo de qué tan cercana es la distribución de la población a la distribución normal. Por su parte, Marín (2009), en un estudio con camarón pinky *Penaeus brevistris* utilizó 33 muestras para obtener condición de normalidad, bajo recomendación de la NOAA.

La prueba t Student tiene que seleccionarse según sea una muestra pareada o independiente y según sea un análisis de una o dos colas. Los resultados de la prueba de t, dependiendo de la hipótesis planteada, se recurrirá a ver los valores de del t Student para una o para dos colas. Luego se compara el valor de t calculada con respecto al valor de t tabulada. En el caso de que la t calculada sea inferior a la t tabulada, entonces se acepta la hipótesis nula. Caso contrario, se rechaza esa hipótesis y se acepta la hipótesis alternativa. Esa prueba debe de complementarse con los resultados de la prueba de probabilidad. La diferencia entre un estadístico de muestra y un valor hipotético es estadísticamente significativa si una prueba de hipótesis indica que es muy poco probable que la misma haya ocurrido en virtud de las probabilidades. Para evaluar la significancia estadística, se examina el valor p de la prueba. Si el valor p está por debajo de un nivel de significancia ( $\alpha$ ) especificado (generalmente 0,10, 0,05 o 0,01), se puede decir que la diferencia es estadísticamente significativa y rechazar la hipótesis nula de la prueba.