

SEPEC

SERVICIO ESTADÍSTICO PESQUERO COLOMBIANO



**CONTRATO INTERADMINISTRATIVO 452 DE 2021, SUSCRITO ENTRE
LA AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA (AUNAP) Y LA
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

**PRODUCCIÓN DE ACUICULTURA EN LOS DEPARTAMENTOS DE
CÓRDOBA, HUILA Y TOLIMA: RESULTADOS DE LA PRUEBA PILOTO
DE LA METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN**

Presentado a:

**AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA (AUNAP)
DIRECCIÓN TÉCNICA DE INSPECCIÓN Y VIGILANCIA (DTIV)**

Por:

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

Santa Marta, diciembre de 2022

Elaborado por:

Brayan Roca Lanao¹, Rafael Mendoza Ureche¹ y Luis Manjarrés Martínez²

¹Contratistas Universidad del Magdalena

²Profesor Titular Universidad del Magdalena

Grupo de Investigación Evaluación y Ecología Pesquera (GIEEP)

Programa de Ingeniería Pesquera

Facultad de Ingeniería

Cítese como:

Roca-Lanao B., R. Mendoza-Ureche y L. Manjarrés–Martínez. 2022. Producción de acuicultura en los departamentos de Córdoba, Huila y Tolima: Resultados de la prueba piloto de la metodología de estimación. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Bogotá, 47 p.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	6
2. METODOLOGÍA	8
2.1. ÁREA DE COBERTURA DE LA PRUEBA PILOTO	8
2.2. DISEÑO ESTADÍSTICO.....	9
2.3. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ACUICULTURA EN LOS TRES DEPARTAMENTOS PILOTO	17
2.4. PRODUCCIÓN MULTIESPECIE EN LOS TRES DEPARTAMENTOS PILOTO.....	17
2.5. SISTEMA DE ENTRENAMIENTO	17
2.6. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	18
2.7. SISTEMATIZACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS	18
2.7.1. Sistematización y control de calidad	18
2.7.2. Imputación de datos.....	19
3. RESULTADOS	20
4. EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ACUICULTURA, CON BASE EN DIFERENTES ESCENARIOS DE ESFUERZO DE MUESTREO	24
4.1. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	24
4.2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL ERROR RELATIVO DE LA ESTIMACIÓN, POR EFECTO DEL INCREMENTO EN EL ESFUERZO DE MUESTREO.....	29
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
6. BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXOS.....	35
Anexo 1. Cantidad de UPA categorizadas como grandes, medianas y pequeñas en los tres departamentos evaluados en la prueba piloto de la metodología de estimación de la producción de acuicultura, discriminada por municipio.	36
Anexo 2. Cantidad de UPA categorizadas como “de subsistencia” y respectivos tamaños de muestra según estrato de tipo de aguas y municipio, para los tres departamentos evaluados en la prueba piloto de la metodología de estimación de la producción de acuicultura.	38
Anexo 3. Portada del instructivo diseñado para el diligenciamiento del formulario de registro de los volúmenes de carne producida en la acuicultura.	41

Anexo 4. Formulario diseñado para el registro de los volúmenes de carne producida en la acuicultura, en el marco del SEPEC.	42
Anexo 5. Formulario electrónico implementado en la plataforma informática del SEPEC para la sistematización de los volúmenes de carne producida en la acuicultura.	43
Anexo 6. Producción de las UPA categorizadas como grandes, medianas y pequeñas, establecida mediante un enfoque censal aplicado en los tres departamentos piloto evaluados (año 2021), según municipio.....	43
Anexo 7. Producción estimada de las UPA de subsistencia en los tres departamentos piloto evaluados (año 2021), según estrato de tipo de aguas y municipio.	45
Anexo 8. Composición de especies de la producción de acuicultura en los tres departamentos piloto evaluados (año 2021), según categoría de UPA.	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad total de UPA con registro de producción de carne en los tres departamentos piloto. Se incluyen tanto las inventariadas en el marco de la encuesta estructural realizada por el SEPEC como aquellas incluidas en el registro de permisionarios de la AUNAP que no fueron inventariadas por el SEPEC.	9
Tabla 2. Cantidad de UPA que conforman el marco censal para la prueba piloto de la metodología de estimación de la producción de acuicultura, según departamento y por categoría de UPA.	10
Tabla 3. Cantidad de UPA categorizadas como “de subsistencia” y respectivos tamaños de muestra calculados en la segunda etapa del muestreo bietápico estratificado, según departamento y estrato de tipo de aguas.	13
Tabla 4. Producción de las UPA categorizadas como grandes, medianas y pequeñas, establecida mediante un enfoque censal aplicado en los tres departamentos piloto evaluados (año 2021).	20
Tabla 5. Producción estimada de las UPA de subsistencia en los tres departamentos piloto evaluados (año 2021).	21
Tabla 6. Producción de acuicultura de los tres departamentos evaluados en la prueba piloto, consolidada a partir de la producción censada (UPA grandes, medianas y pequeñas) y la producción estimada (UPA de subsistencia) para el año 2021.	21
Tabla 7. Composición de especies de la producción de acuicultura (año 2021) en los tres departamentos que conforman el área de cobertura de la metodología de estimación evaluada.	23
Tabla 8. Tamaños de muestra (número de municipios) calculados en la primera etapa de muestreo, para diferentes escenarios de error relativo (ϵ) esperado, según departamento y estrato de tipo de aguas.	24

Tabla 9. Tamaños de muestra (número de UPA) para la segunda etapa de muestreo, calculados para diferentes escenarios de error relativo (ϵ) esperado, según departamento, estrato de tipo de aguas y municipio.	25
Tabla 10. Estimación de la producción (t) de las UPA de subsistencia para los diferentes escenarios evaluados, según departamento. Para los errores relativos (ϵ) de la primera etapa se utiliza el subíndice 1 y para los de la segunda etapa el subíndice 2.	29
Tabla 11. Valores del error relativo resultante de aplicar un esfuerzo de muestreo superior al calculado con base en un error del 15%, para algunos municipios evaluados.	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cobertura geográfica (departamentos) de la prueba piloto diseñada para evaluar la metodología de estimación de la producción de acuicultura.	8
Figura 2. Distribución espacial de los estratos de tipo de aguas de los municipios incluidos en la encuesta estructural de UPA realizada por el SEPEC en los tres departamentos piloto. Nota: Los espacios en blanco en los tres departamentos corresponden a zonas geográficas en donde no se ha implementado la EE de UPA.	12
Figura 3. Producción estimada de las UPA de subsistencia para los diferentes escenarios evaluados de error relativo esperado, por departamento. Para los errores relativos (ϵ) de la primera etapa se utiliza el subíndice 1 y para los de la segunda etapa el subíndice 2.	28
Figura 4. Relación entre el porcentaje de sobremuestreo (respecto al n calculado con un $\epsilon = 15\%$) y el porcentaje de disminución en el error relativo de la estimación.	30

1. INTRODUCCIÓN

Se prevé que la demanda de productos pesqueros seguirá en aumento considerando el crecimiento de la población mundial y la importancia de estos productos como fuente de proteína animal (Ottolenghi et al., 2004); de hecho, se considera que los productos derivados de la actividad pesquera son los alimentos más saludables del mundo, y que su producción a través de buenas prácticas genera repercusiones mínimas en el medio ambiente, de allí que la acuicultura y la pesca deban asumir el reto de cubrir la demanda de productos pesqueros a través de soluciones innovadoras, sostenibles y amigables con el entorno natural (Anónimo, 2007; FAO, 2020).

De acuerdo con la FAO, (2022) la producción de animales acuáticos se estimó para el 2020 en 178 millones de toneladas, de las cuales 157 millones se destinaron al consumo humano, y un poco más de 20 millones de toneladas se orientaron principalmente a la producción de harina y aceite de pescado. El 49,0 % de la producción total se obtuvo a través de la acuicultura, actividad que año tras año comprende importantes volúmenes de producción en Asia (representó el 70,0 % del total estimado), las Américas, Europa, África y Oceanía.

La producción de la acuicultura colombiana presenta un comportamiento similar a las tendencias mundiales, pues desde el 2011 la producción de pescado proveniente de la acuicultura se ha mantenido al alza, alcanzando las 174.067 toneladas en 2020, que, sumadas a las 5.284 toneladas de camarón producidos en cautiverio durante el mismo año, conformaron una producción total de más de 179 mil toneladas (MADR, 2020). En general, la producción de acuicultura en Colombia se concentra en diez departamentos, tres de los cuales se destacan por la producción de camarón (Bolívar, Nariño y Atlántico) y siete en lo que respecta a la producción de pescado, como lo son Huila, Meta, Tolima, Antioquia, Córdoba, Boyacá y Cundinamarca (CCI, 2007; MADR, 2020).

La expansión de los volúmenes de producción de la acuicultura denota que en el futuro el crecimiento de la producción de pescado del país dependerá principalmente de esta actividad, específicamente de la acuicultura continental, toda vez que la acuicultura marina se concentra esencialmente en la producción de camarón; industria que, a propósito, casi colapsa a finales de la década de los 90 debido a la aparición de enfermedades virales (Anónimo, 2014).

Precisamente la aparición de nuevos brotes de enfermedades (Jiménez et al., 2007; Grajales-Hahn et al., 2018) propició que en el país se orientaran mayores esfuerzos hacia la investigación científica (Gaitán et al., 2019) y la tecnificación de las unidades de producción de acuicultura (Anónimo, 2014), lo que ha derivado en la expansión de los volúmenes de producción que experimenta la acuicultura nacional. Este aumento en la producción y el rápido desarrollo de la actividad ha demandado que la autoridad pesquera del país implemente un sistema eficaz de información, que le permita, entre otros propósitos, conocer de manera oportuna las variaciones y el comportamiento de la producción de la acuicultura.

Consciente de este requerimiento ineludible, la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) suscribió con la Universidad del Magdalena el contrato interadministrativo No. 452 de 2021, mediante el cual se estipuló construir, ejecutar y evaluar una metodología tendiente a estimar la producción de acuicultura (obligaciones 11, 12 y 29 del contrato). En este sentido, en el presente informe se describen tanto los aspectos metodológicos como los resultados derivados de la estimación de la producción de acuicultura en tres departamentos, así como también se efectúa una evaluación del diseño estadístico empleado, a fin de que dicha metodología se extienda a más departamentos, una vez se surtan los procesos de ajuste y fortalecimiento de las etapas de diseño y construcción de la operación estadística, tal como se estipula en la Norma Técnica de Calidad del Proceso Estadístico (NTC PE 1000:2020).

2. METODOLOGÍA

2.1. ÁREA DE COBERTURA DE LA PRUEBA PILOTO

La cobertura geográfica de la prueba piloto correspondió a tres departamentos caracterizados por su relevancia en la producción de la acuicultura nacional, como lo son Córdoba, Huila y Tolima (Figura 1). En general, los datos de producción provienen de Unidades de Producción de Acuicultura (UPA) ubicadas en zonas geográficas del país que presentan una gran variedad de climas y una oferta hídrica que posibilitan la cría y producción de diversas especies acuáticas.

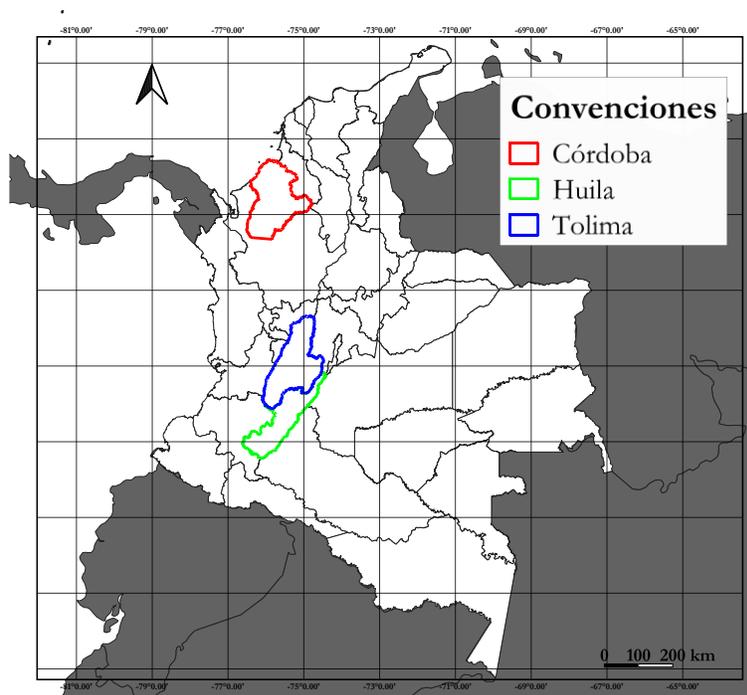


Figura 1. Cobertura geográfica (departamentos) de la prueba piloto diseñada para evaluar la metodología de estimación de la producción de acuicultura.

Con el fin de garantizar la consistencia y comparabilidad de la información con otros proyectos e investigaciones estadísticas realizadas a escala nacional, se optó por referenciar los resultados de producción con arreglo a las unidades geográficas político-administrativas del país, y de esa forma potenciar la utilidad de la información por parte de los entes territoriales e instituciones que realizan trabajos orientados hacia el subsector de la acuicultura; de allí que el diseño estadístico contemple la división de los departamentos en municipios, de conformidad con lo establecido en el estándar nacional de entidades territoriales (DIVIPOLA).

2.2. DISEÑO ESTADÍSTICO

Considerando que el propósito del estudio se circunscribe a la estimación de la producción de carne, el marco de referencia de unidades de producción de acuicultura correspondió a un total de 5.425 UPA orientadas a producir este tipo de producto. Este marco de UPA fue consolidado a través de dos fuentes de información: i) Las UPA inventariadas por el SEPEC en el marco de la Encuesta Estructural (EE) y ii) Las UPA de los permisionarios inscritos en la AUNAP que no fueron inventariadas por el SEPEC. En términos generales, el marco de referencia inicial consta de 2.372 UPA del departamento de Córdoba, 1.011 de Huila y 2.042 de Tolima (Tabla 1).

Las unidades de producción de acuicultura fueron clasificadas como UPA grandes, medianas, pequeñas y de subsistencia, de conformidad con los intervalos de producción que se estipulan en la resolución 1607 de 2019 de la AUNAP. Se destaca que el 92,1 % del total de UPA del marco de referencia inicial corresponden a UPA de subsistencia, y solo el 7,9 % atañe a las UPA grandes, medianas y pequeñas. Esta amplia diferencia entre la cantidad de UPA de subsistencia y las demás categorías de UPA se mantiene al desagregar la información a nivel de cada departamento, pues en Córdoba y Tolima más del 96,0 % de las UPA del marco de referencia inicial son de subsistencia, así como en Huila el 69,7 % del total de UPA del departamento corresponden a esta misma categoría (Tabla 1).

Tabla 1. Cantidad total de UPA con registro de producción de carne en los tres departamentos piloto. Se incluyen tanto las inventariadas en el marco de la encuesta estructural realizada por el SEPEC como aquellas incluidas en el registro de permisionarios de la AUNAP que no fueron inventariadas por el SEPEC.

Departamento	Categoría de UPA				Total
	Grandes	Medianas	Pequeñas	Subsistencia	
Córdoba	3	22	27	2.320	2.372
Huila	53	169	84	705	1.011
Tolima	12	40	17	1.973	2.042
Total general	68	231	128	4.998	5.425

En virtud de la cantidad de UPA del marco de referencia inicial y su distribución geográfica sobre el territorio nacional, se consideró viable desarrollar la metodología de estimación de la producción de acuicultura a través de dos enfoques estadísticos: Uno censal para las UPA

grandes, medianas y pequeñas, y un enfoque muestral en el caso de las UPA de subsistencia. Además, atendiendo a la dinámica que caracteriza la actividad de las UPA, se optó por cubrir tanto UPA activas como las inactivas temporalmente, pues en muchas de estas últimas el productor retoma las actividades de producción conforme a la posibilidad de comercializar el producto y/o la disponibilidad de obtener la semilla, entre otras circunstancias que suelen supeditar el funcionamiento de las UPA.

- ENFOQUE ESTADÍSTICO CENSAL

El enfoque censal comprendió el cubrimiento de 427 UPA. La mayor cantidad de UPA del censo correspondieron al departamento del Huila, que abarcó el 71,7 % del total de UPA categorizadas como grandes, medianas y pequeñas. La distribución del número de UPA visitadas a través del esquema censal fue la siguiente: 306 en Huila, 69 en Tolima y 52 en Córdoba (Tabla 2, Anexo 1).

Tabla 2. Cantidad de UPA que conforman el marco censal para la prueba piloto de la metodología de estimación de la producción de acuicultura, según departamento y por categoría de UPA.

Departamento	Categoría de UPA			Total
	Grande	Mediana	Pequeña	
Córdoba	3	22	27	52
Huila	53	169	84	306
Tolima	12	40	17	69
Total general	68	231	128	427

- ENFOQUE ESTADÍSTICO MUESTRAL

Muestreo en espacio

Para efectos de estimar la producción de las UPA de subsistencia se consideraron como estratos geográficos los departamentos, y la división de estos departamentos en municipios. En este orden de ideas, se implementó un muestreo bietápico estratificado, siendo las unidades primarias de muestreo (UPM) los municipios, y las UPA dentro de cada municipio las unidades secundarias de muestreo (USM). En la primera etapa de muestreo (selección de municipios) se llevó a cabo un Muestreo Aleatorio Estratificado (MAE), donde el criterio de estratificación correspondió al tipo de agua presente en los municipios, factor que determina el(los) tipo(s)

de especie(s) cultivada(s) (especies de aguas cálidas o de aguas frías), esto considerando que en algunos municipios se produce exclusivamente una especie de aguas frías (trucha). De esta forma, se generaron los siguientes dos estratos: municipios con aguas cálidas y municipios con aguas frías. Sin embargo, también existen municipios que presentan tanto aguas cálidas como aguas frías, lo que derivó en un tercer estrato (Figura 2). En el departamento de Córdoba no se requirió la implementación de este tipo de estratificación, por cuanto en todos los municipios con desarrollo de acuicultura se producen especies de aguas cálidas, de manera que en este caso se implementó un Muestreo Aleatorio Simple (MAS) en la primera etapa de muestreo. El cálculo de tamaño muestral de la UPM se realizó a través de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2 N^2 S_{con}^2}{\delta^2 M_0^2 + z^2 N S_{con}^2}$$

Donde z es el percentil de la distribución normal estándar para una confianza del 95 %, N corresponde al número total de municipios con actividad de acuicultura en cada departamento, S_{con}^2 es la estimación previa de la variabilidad entre las producciones de los municipios (tomada de los datos de la EE de UPA), M_0 corresponde al número total de UPA de subsistencia activas e inactivas temporalmente en el departamento (información proveniente de la EE de UPA) y δ es el error absoluto obtenido a partir de la multiplicación del error relativo (que se consideró en un 20 %) con la producción media por UPA del departamento (información tomada de la EE de UPA). Una vez se determinó el tamaño muestral de la UPM, se implementó un Muestreo Aleatorio Simple (MAS) para la selección de los municipios de cada estrato de tipo de aguas.

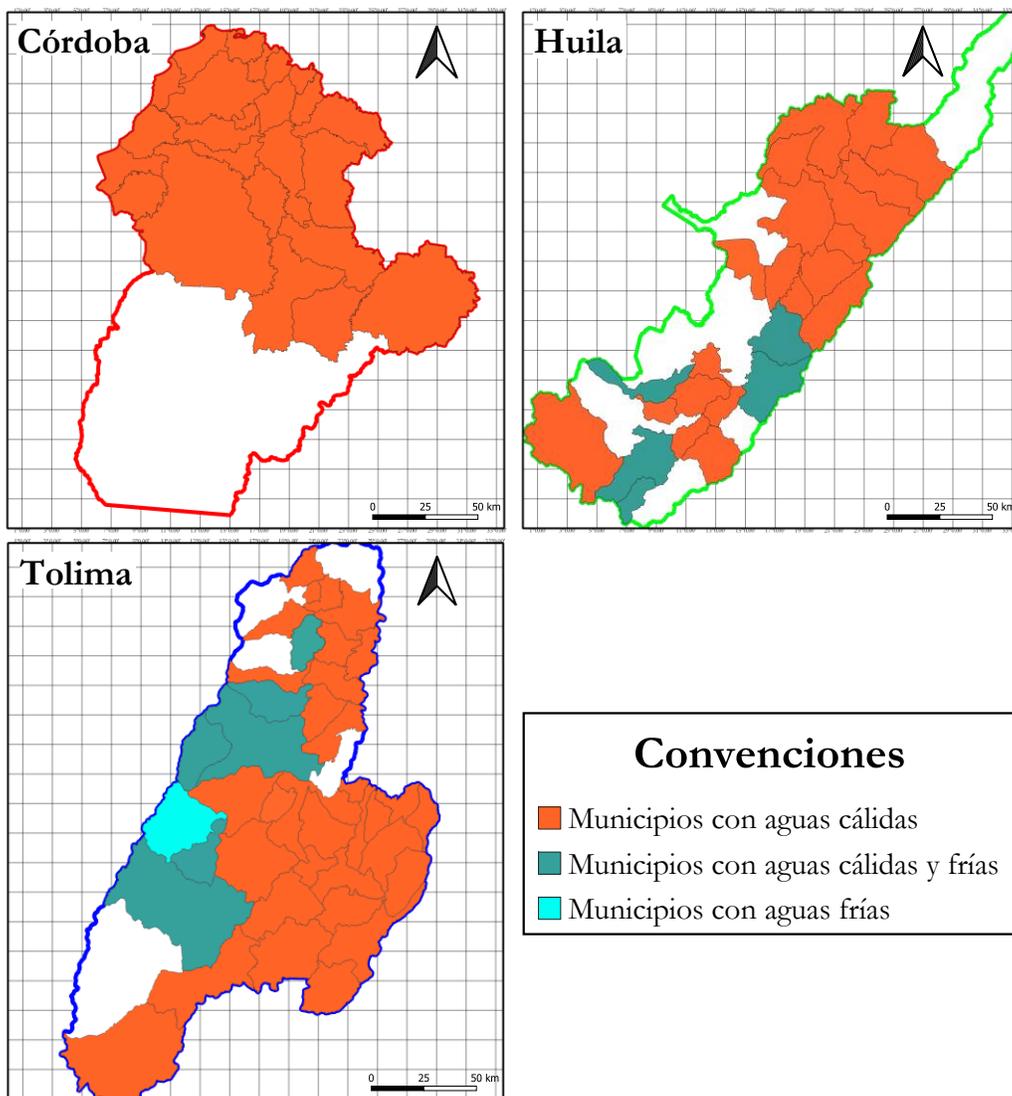


Figura 2. Distribución espacial de los estratos de tipo de aguas de los municipios incluidos en la encuesta estructural de UPA realizada por el SEPEC en los tres departamentos piloto. Nota: Los espacios en blanco en los tres departamentos corresponden a zonas geográficas en donde no se ha implementado la EE de UPA.

En lo que respecta a la segunda etapa de muestreo, en cada municipio seleccionado se determinó el tamaño muestral de UPA (USM) con la siguiente formula:

$$m_i = \frac{\frac{z^2 s_i^2}{\bar{y}_i^2 \epsilon^2}}{1 + \frac{1}{M_i} \left(\frac{z^2 s_i^2}{\bar{y}_i^2 \epsilon^2} \right)}$$

Donde z es el percentil de la distribución normal estándar para una confianza del 95 %, M_i corresponde al número total de UPA de subsistencia en el municipio i -ésimo, s_i^2 es la estimación previa de la variabilidad entre las producciones de las UPA de subsistencia del municipio i -ésimo, \bar{y}_i^2 es la estimación previa de la producción media de las UPA de subsistencia del municipio i -ésimo y ϵ es el error máximo relativo que se consideró en 15 %. Una vez se determinó el tamaño muestral de la segunda etapa de muestreo (Tabla 3, Anexo 2), se aplicó un Muestreo Sistemático Lineal (MSL) para la selección de las UPA dentro de cada UPM seleccionada. De acuerdo con Ospina-Botero (2001), el MSL facilita la selección de la muestra en áreas geográficas extensas y permite lograr una cobertura geográfica aceptable de los diferentes sectores geográficos que conforman el área de cobertura del estudio.

Tabla 3. Cantidad de UPA categorizadas como “de subsistencia” y respectivos tamaños de muestra calculados en la segunda etapa del muestreo bietápico estratificado, según departamento y estrato de tipo de aguas.

Departamento	Estrato de tipo de aguas del municipio	Tamaño poblacional (Mi)	Tamaño de muestra (mi)
Córdoba	Aguas cálidas	2.320	1.061
Huila	Aguas cálidas	423	241
	Aguas cálidas y frías	282	184
Subtotal Huila		705	425
Tolima	Aguas cálidas	1.545	594
	Aguas frías	20	16
	Aguas cálidas y frías	408	153
Subtotal Tolima		1.973	763
Total general		4.998	2.249

Aspectos temporales

Considerando el hecho de que la producción de acuicultura implica generalmente la obtención de varias cosechas durante el año, se consideró pertinente, para efectos del presente estudio, estimar la producción del año anterior (2021), de forma que los datos recabados durante el muestreo correspondieran a producciones efectivamente obtenidas y no a proyecciones de producciones futuras. Además, aquellas UPA de subsistencia que fueron seleccionadas y no se lograron cubrir en campo debido a situaciones imprevisibles como, por ejemplo, derrumbes

en las carreteras o por alteración del orden público, fueron reemplazadas por otras UPA de la misma categoría, siguiendo los lineamientos del muestreo sistemático lineal, a fin de que la muestra cumpliera con los criterios de completitud.

Estimación de la producción media poblacional por municipio, corregida mediante ‘remuestreo bootstrap’

Los datos de producción de las UPA de subsistencia muestreadas presentaron una alta variabilidad que dificultaba la estimación de los intervalos de confianza, y una asimetría que además generaba estimadores sesgados de la producción media. Bajo estas condiciones, los autores Efron, (1982) y Efron y Tibshirani, (1994) indican que los métodos Bootstrap proporcionan una alternativa que resulta válida bajo este tipo de condiciones, dado que no asumen que la muestra haya sido tomada de una población con una distribución estadística concreta. La idea básica del Bootstrap es que, en ausencia de otra información sobre la población, la distribución de una muestra aleatoria es la mejor guía sobre la distribución de la población; por lo tanto, remuestrear la muestra con reemplazamiento provee una aproximación a lo que sucedería si se remuestreara la población (Manly, 1997).

En consideración a lo anteriormente expuesto, se aplicó la técnica Bootstrap para obtener una estimación de la producción media poblacional en cada municipio muestreado, empleando 10.000 remuestras. La diferencia entre la producción media observada de cada municipio y el sesgo obtenido mediante la técnica Bootstrap permitió determinar la producción media corregida por sesgo ($\bar{y}_{Bi.sis}$). Con este resultado se procedió a estimar la producción media poblacional de cada municipio a través de la siguiente fórmula:

$$\hat{Y}_{i.sis} = M_i \times \bar{y}_{Bi.sis}$$

Los intervalos de confianza de la producción media de cada municipio se obtuvieron mediante el método de Sesgo Corregido y Acelerado (BCA por sus siglas en inglés). Análogamente, la variabilidad de la producción dentro de cada municipio se calculó con base en la variabilidad de las 10.000 remuestras Bootstrap así:

$$var(\hat{Y}_{i.sis}) = M_i^2 \times var(\bar{y}_{Bi.sis})$$

A partir de esta varianza por municipio se estableció el respectivo error estándar:

$$ee(\hat{Y}_{i.sis}) = \sqrt{\text{var}(\hat{Y}_{i.sis})}$$

El intervalo de confianza de la producción media estimada de cada municipio se calculó entonces de la siguiente manera:

$$\text{Lim}_{\text{inf}}(\hat{Y}_{i.sis}) = M_i \times \text{Lim}_{\text{inf}}(Y_i)_B$$

$$\text{Lim}_{\text{sup}}(\hat{Y}_{i.sis}) = M_i \times \text{Lim}_{\text{sup}}(Y_i)_B$$

Estimación de la producción media poblacional por estrato de tipo de aguas

En atención a los criterios de estratificación, en la segunda etapa del muestreo bietápico se calculó un estimador de razón o proporción $\bar{y}_{r(2)}$, que corresponde al cociente generado entre la sumatoria de las producciones de cada estrato de tipo de aguas y su número total de UPA, obteniendo así una producción media que representa a cada uno de los estratos:

$$\bar{y}_{r(2)} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{Y}_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

Una vez calculada la media estratificada, se procedió a obtener la estimación de la producción media poblacional de cada estrato, junto con su respectiva varianza:

$$\hat{Y}_{r(2)} = M_0 \times \bar{y}_{r(2)}$$

Donde $M_0 = \sum_{i=1}^N M_i$, es decir, el número total de UPA de cada estrato de tipo de aguas.

$$\text{var}(\hat{Y}_{r(2)}) = \frac{N(N-n)}{n} s_{rUPM}^2 + \frac{N}{n} \sum_{j=1}^{m_i} M_i(M_i - m_i) \frac{s_i^2}{m_i}$$

Donde $s_{rUPM}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - M_i \bar{Y}_{r(2)})^2$, N es el número total de municipios de cada estrato de tipo de aguas y n el número de municipios calculado en la primera etapa del muestreo bietápico estratificado.

A partir de esta varianza se calculó el respectivo error estándar dentro de cada estrato, y seguidamente el intervalo de confianza de la estimación de la producción estratificada:

$$ee(\hat{Y}_{r(2)}) = \sqrt{var(\hat{Y}_{r(2)})}$$

$$\hat{Y}_{r(2)} \pm t_{0.05(2),n-1} ee[\hat{Y}_{r(2)}]$$

Estimación de la producción por departamento

La estimación de la producción media poblacional por estrato de tipo de aguas se efectuó mediante el método de elevar las producciones considerando el censo o cantidad total de UPA registradas en el marco de la encuesta estructural, por estrato. A partir de ello, la producción total estimada de cada departamento se obtuvo sumando las estimaciones de cada uno de los estratos, es decir, utilizando la siguiente formula:

$$\hat{Y} = \sum_{r=1}^R \hat{Y}_{r(2)}$$

La varianza, el error estándar y el intervalo de confianza de la producción total estimada de cada departamento se calcularon de la siguiente manera:

$$var(\hat{Y}) = \sum_{r=1}^R var(\hat{Y}_{r(2)})$$

$$ee(\hat{Y}) = \sqrt{var(\hat{Y})}$$

$$\hat{Y} \pm t_{0.05(2),n-1} ee[\hat{Y}]$$

2.3. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ACUICULTURA EN LOS TRES DEPARTAMENTOS PILOTO

La estimación total de la producción de acuicultura en los tres departamentos se obtuvo sumando la producción de las UPA del censo (grandes, medianas y pequeñas) con la producción estimada de las UPA de subsistencia. Esta última permitió determinar el intervalo de confianza de la producción total de cada departamento, de manera que esta metodología permitió establecer el error absoluto de la estimación de la producción de Córdoba, Huila y Tolima.

2.4. PRODUCCIÓN MULTIESPECIE EN LOS TRES DEPARTAMENTOS PILOTO

Para determinar la producción por especie se obtuvo de manera inicial la proporción de la producción de cada especie en cada municipio (UPM). Seguidamente, estas proporciones se fueron escalando a nivel de cada estrato de tipo de aguas, aplicando para ello un factor de ponderación a dichas proporciones (\bar{X}_p), consistente en el número de UPA respectivo:

$$\bar{X}_p = \frac{\sum_{i=1}^k M_i \times y_{ij} \%}{\sum_{i=1}^k M_i}$$

Donde $y_{ij} \%$ es la proporción de la producción de cada especie en el i-ésimo municipio. De esta forma, las producciones por especie para cada estrato de tipo de aguas se calcularon aplicando las proporciones ponderadas a la producción estimada del estrato j-ésimo de tipo de aguas, obteniendo así la composición de especies de la producción de los respectivos estratos. Por último, la producción total de cada especie a nivel de departamento se obtuvo sumando las estimaciones de los estratos de tipo de aguas con la producción de las UPA censadas.

2.5. SISTEMA DE ENTRENAMIENTO

Para llevar a cabo el trabajo de campo se contó con la participación de técnicos, tecnólogos y profesionales conocedores de la acuicultura local. Antes de iniciar el monitoreo se realizaron entrenamientos virtuales, además de difundir entre los colectores un instructivo diseñado con preguntas frecuentes (Anexo 3), de manera que se asegurara la calidad de la información recolectada y se estandarizara la forma de interpretar cada una de las variables del formulario.

En estas capacitaciones también se hizo énfasis en el uso de términos y definiciones estandarizadas y aprobadas en instancias internacionales en torno a los nombres científicos de las especies, las infraestructuras de cultivo y las tecnologías de producción, así como los aspectos conceptuales y metodológicos de la operación estadística, de tal forma que los colectores desarrollaran capacidades para la toma de decisiones en campo y mejoraran el flujo de información con el entrevistado.

2.6. RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos se recolectaron mediante la modalidad de entrevista directa a personas con capacidad de responder las preguntas estipuladas en el formulario (propietarios, administradores o jefes de producción de las UPA, en su gran mayoría). El instrumento utilizado para recolectar los datos consistió en un formulario físico integrado por variables cuantitativas y cualitativas (Anexo 4), como lo son los volúmenes de producción de carne, las especies producidas, las infraestructuras de cultivo, las tecnologías de producción, entre otras.

El monitoreo obedeció a una programación semanal. Durante el desarrollo de las actividades de campo, en cada UPA visitada los colectores inicialmente realizaban una presentación de los objetivos y propósitos de la encuesta; además, proporcionaban al entrevistado una carta de presentación elaborada como estrategia de sensibilización, cuyo propósito consistía en: i) dar a conocer el marco legal del monitoreo de la producción. ii) generar confianza en los actores involucrados para que se convirtieran en multiplicadores de la información. iii) promover la cooperación y colaboración de los actores hacia el grupo de colectores y iv) generar un ambiente de seguridad que le permitiera al entrevistado contestar con veracidad y precisión las preguntas del formulario.

2.7. SISTEMATIZACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

2.7.1. Sistematización y control de calidad

Para la sistematización de los datos en la plataforma informática del SEPEC, el equipo de soporte informático diseñó el formulario electrónico de registro de los volúmenes de carne producida en la acuicultura (Anexo 5). Asimismo, el grupo de ingenieros de sistemas creó la interfase de consulta de información que permite la descarga de los datos en hojas de cálculo

del programa informático Excel®. A través de este mecanismo de consulta, los datos sistematizados por los colectores fueron revisados por el analista del componente de Acuicultura, quien, mediante el uso de herramientas de análisis, tales como Power BI, la tecnología de conexión de datos Power Query y RStudio®, verificaba que no existieran valores atípicos o inconsistencias en la información, teniendo en cuenta para ello las reglas de validación y las temáticas enmarcadas en la metodología de estimación.

En caso de detectarse valores atípicos, se consultaba con el personal de campo para que corroborara con la información consignada en los formularios físicos y, en caso de no arrojar un resultado que permitiera esclarecer las inquietudes, se optaba por consultar los datos con la fuente primaria de información, de manera que se efectuaran las modificaciones o validaciones correspondientes. De cualquier forma, para revisiones posteriores la rutina de validación y procesamiento de datos permitía establecer la trazabilidad de las modificaciones efectuadas, a fin de llevar un control que garantizara la consistencia y la calidad de la información.

2.7.2. Imputación de datos

En aquellos casos en donde no fue posible obtener la información referente a los volúmenes de producción; es decir, en aquellas UPA del censo y del muestreo que al final del operativo de campo resultaron siendo casos de No Respuesta (NR), se les imputó el conjunto de datos faltantes a través de una secuencia de criterios que se construyeron para el efecto y rezan de la siguiente manera:

- En caso de existir más de un dato de producción registrado para el mismo municipio y categoría de UPA, a la UPA de NR se le imputará su producción del año anterior, en caso de que ese dato haya sido registrado. En caso contrario, se le imputará el promedio Bootstrap de las producciones actuales registradas para el mismo municipio y categoría de UPA.
- Cuando en el municipio y la categoría del caso de NR solo exista un dato de producción, a la UPA de NR se le imputará su producción del año anterior, en caso de que ese dato haya sido registrado.

- Cuando en el municipio y la categoría del caso de NR solo exista un dato de producción, a la UPA de NR se le imputará la producción de una UPA similar del municipio más cercano perteneciente al mismo estrato de tipo de aguas.

3. RESULTADOS

La producción total de 2021 de las UPA grandes, medianas y pequeñas en los tres departamentos evaluados alcanzó un poco más de las 68.000 t. El 84,9 % de esta producción se obtuvo en el departamento del Huila, que presentó los mayores volúmenes de producción en los tres tipos de categorías de UPA censadas (Tabla 4). Este departamento también comprendió la mayor producción media estimada de las UPA de subsistencia con alrededor de 1.355 t, seguido de Córdoba con 1.128 t y por último el departamento de Tolima con 965 t (Tabla 5). La producción consolidada, es decir, aquella conformada por los volúmenes de producción del censo y la producción estimada de las UPA de subsistencia, fue la siguiente para los tres departamentos: Córdoba 3.145 ± 370 t, Huila 59.355 ± 217 t y Tolima 9.265 ± 283 t (Tabla 6).

Tabla 4. Producción de las UPA categorizadas como grandes, medianas y pequeñas, establecida mediante un enfoque censal aplicado en los tres departamentos piloto evaluados (año 2021).

Departamento	Categoría de UPA			Total (t)
	Grandes	Medianas	Pequeñas	
Córdoba	1.069,3	768,9	179,1	2.017,3
Huila	48.323,4	8.889,1	789,6	58.002,0
Tolima	6.144,3	1.985,0	170,1	8.299,4
Total general	55.536,9	11.643,0	1.138,8	68.318,7

Tabla 5. Producción estimada de las UPA de subsistencia en los tres departamentos piloto evaluados (año 2021).

Departamento	Producción estimada (t)	I.C. 95 %	
		Lim. Inferior	Lim. Superior
Córdoba	1.128,4	758,4	1.498,3
Huila	1.353,4	1.136,7	1.570,2
Tolima	965,8	683,3	1.248,3

Tabla 6. Producción de acuicultura de los tres departamentos evaluados en la prueba piloto, consolidada a partir de la producción censada (UPA grandes, medianas y pequeñas) y la producción estimada (UPA de subsistencia) para el año 2021.

Departamento	Producción estimada (t)	I.C. 95%	
		Lim. Inferior	Lim. Superior
Córdoba	3.145,8	2.775,8	3.515,8
Huila	59.355,5	59.138,8	59.572,2
Tolima	9.265,3	8.982,8	9.547,8

La producción del censo significó más del 89,0 % de la producción consolidada en los departamentos de Huila y Tolima, mientras que en Córdoba comprendió el 64,1 %. Se destaca el hecho de que en Huila y Tolima la producción de acuicultura está sustentada principalmente por los volúmenes de producción de las UPA grandes, las cuales conforman el 81,4 % y el 66,3 % de la producción total de cada departamento, respectivamente (Tablas 4 y 6). Caso contrario sucede en Córdoba, toda vez que los resultados de la prueba piloto permitieron determinar que la producción de acuicultura de dicho departamento se sustenta de la siguiente forma: Las UPA de subsistencia aportan el 36,0 %, las grandes el 34,0 %, las medianas el 24,4 % y las UPA pequeñas el 5,6 % (Tablas 4 y 5). De manera que en este último departamento la producción de acuicultura depende principalmente de los aportes de las UPA de subsistencia y las grandes unidades de producción, que en conjunto comprenden el 70,0 % de la producción total de Córdoba. Este resultado pone de presente la relevancia socio-económica de las UPA de subsistencia, situación no menos relevante considerando el propósito de extender a más departamentos del territorio nacional la metodología de estimación.

Al efectuar un análisis de la producción por municipio, es posible identificar que Campoalegre en Huila comprende los mayores volúmenes de producción tanto del censo como los obtenidos mediante el muestreo con las UPA de subsistencia, con 14.073 t y 246 t, respectivamente (Anexos 6 y 7). Situación contraria a lo ocurrido con los municipios de San Pelayo (Córdoba) y Pital (Huila), que presentaron la menor producción del censo y del muestreo, respectivamente (Anexos 6 y 7).

Más del 78,0 % de la producción total del censo se concentra en ocho municipios de Huila, como lo son Campoalegre, Palermo, Villavieja, Aipe, Yaguará, Hobo, Garzón y Neiva (Anexo 6). Este resultado permite ratificar al Huila como uno de los principales departamentos productores de carne de pescado, tal como ha ocurrido desde 2015 de acuerdo con las estimaciones de la secretaria técnica nacional de la cadena de Acuicultura (MADR, 2020).

En lo que respecta a la producción por especie, el mayor volumen de producción de carne corresponde a las tilapias (*Oreochromis* spp. y *Oreochromis niloticus*), las cuales comprenden el 92,0 % del total de la producción estimada. El restante 8,0 % se distribuye en 15 especies y los taxones *Brycon* sp., *Prochilodus* sp. y *Pseudoplatystoma* sp (Tabla 7).

Se destaca que solo la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) significó más del 55,0 % del total de la producción reportada en este estudio para los departamentos de Huila y Tolima. Algo distinto a lo ocurrido en Córdoba, pues la especie que más se produce es la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) que comprende el 56,0 % de la producción total estimada del departamento (Tabla 7). Precisamente, la cachama blanca es la especie que más se produce después de la tilapia roja en las UPA pequeñas y de subsistencia, que en conjunto aportaron una producción total de 1.068,1 t de carne de *P. brachypomus* (Anexo 8).

Tabla 7. Composición de especies de la producción de acuicultura (año 2021) en los tres departamentos que conforman el área de cobertura de la metodología de estimación evaluada.

Especie	Departamento			Total (t)
	Córdoba	Huila	Tolima	
<i>Oreochromis</i> spp.	616,9	32.802,3	6.521,9	39.941,1
<i>Oreochromis niloticus</i>	242,5	24.959,1	878,3	26.079,8
<i>Piaractus brachypomus</i>	1.763,1	1.223,8	927,3	3.914,2
<i>Prochilodus magdalenae</i>	336,5	72,6	57,3	466,3
<i>Colossoma macropomum</i>	3,2	-	365,0	368,2
<i>Piaractus brachypomus</i> X <i>Colossoma macropomum</i>	179,5	-	30,6	210,1
<i>Brycon amazonicus</i>	-	139,7	48,3	188,0
<i>Brycon moorei</i>	-	-	165,7	165,7
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	-	91,0	68,0	159,0
<i>Brycon</i> sp.	-	59,4	85,3	144,7
<i>Pseudoplatystoma</i> sp.	-	-	36,9	36,9
<i>Sorubim cuspicaudus</i>	-	-	35,7	35,7
<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>	0,02	-	30,0	30,0
<i>Prochilodus</i> sp.	-	2,0	9,2	11,2
<i>Cyprinus carpio</i>	0,7	4,9	3,0	8,5
<i>Megalops atlanticus</i>	3,5	-	-	3,5
<i>Pimelodus grosskopfii</i>	-	-	2,2	2,2
<i>Pimelodus blochii</i>	-	-	0,8	0,8
<i>Brycon melanopterus</i>	-	0,4	-	0,4
<i>Arapaima gigas</i>	-	0,4	-	0,4
Total general	3.145,8	59.355,5	9.265,3	71.766,6

La especie que más se produce en las cuatro categorías de UPA (grandes, medianas, pequeñas y de subsistencia) es la tilapia o mojarra roja *Oreochromis* spp., que en este estudio alcanzó una producción total de 39.941,1 t (Anexo 8). Este resultado se considera lógico, toda vez que la tilapia roja entera o en filete es el producto con mayor crecimiento del subsector de la acuicultura, además de ser el único producto derivado de la actividad que ha logrado consolidarse en el mercado internacional, pues mientras otros productos de la industria pesquera sufrieron numerosas pérdidas debido a la crisis generada por la COVID-19, la comercialización de tilapia a los Estados Unidos logró mantenerse, e incluso seguir aumentando los volúmenes de exportación (Buitrago-Fábregas et al., 2021).

4. EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ACUICULTURA, CON BASE EN DIFERENTES ESCENARIOS DE ESFUERZO DE MUESTREO

4.1. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para efectos de evaluar el diseño estadístico de la metodología de estimación de la producción de las UPA de subsistencia, se efectuó un análisis basado en diferentes escenarios de error relativo esperado, a fin de determinar la incidencia de este error frente al cálculo de los tamaños muestrales en las dos etapas del muestreo bietápico estratificado; así como también en lo que respecta a la estimación de la producción de acuicultura derivada de los diferentes escenarios de esfuerzo de muestreo que resulten de variar el error relativo.

En consideración a lo anteriormente expuesto, para la primera etapa del muestreo se evidenció que aumentar el error relativo en cinco puntos porcentuales genera una disminución del número de municipios en los diferentes estratos de tipo de aguas de los tres departamentos, con excepción del estrato denominado “aguas cálidas y frías”, pues el tamaño de la UPM en este estrato se mantuvo igual al variar el error relativo de 25,0 % a 30,0 % en Huila, y de 20,0 % a 25,0 % en Tolima (Tabla 8). En la segunda etapa del muestreo el número de UPA (USM) también disminuyó al aumentar el error relativo, principalmente en el municipio de Montería (Córdoba), que presentó la mayor disminución del número de UPA en la medida en que incrementaba el error relativo esperado (Tabla 9).

Tabla 8. Tamaños de muestra (número de municipios) calculados en la primera etapa de muestreo, para diferentes escenarios de error relativo (ϵ) esperado, según departamento y estrato de tipo de aguas.

Departamento	Estrato de tipo de aguas del municipio	n de municipios		
		$\epsilon = 20 \%$	$\epsilon = 25 \%$	$\epsilon = 30 \%$
Córdoba	Aguas cálidas	14	12	10
Huila	Aguas cálidas	12	11	10
	Aguas cálidas y frías	4	3	3
Subtotal Huila		16	14	13
Tolima	Aguas cálidas	13	10	7
	Aguas frías	1	1	1
	Aguas cálidas y frías	2	2	1
Subtotal Tolima		16	13	9
Total general		46	39	32

Tabla 9. Tamaños de muestra (número de UPA) para la segunda etapa de muestreo, calculados para diferentes escenarios de error relativo (ϵ) esperado, según departamento, estrato de tipo de aguas y municipio.

Departamento	Estrato de tipo de aguas del municipio	Municipio	$\epsilon_1 = 20\%$				$\epsilon_1 = 25\%$				$\epsilon_1 = 30\%$			
			$\epsilon_2=15\%$	$\epsilon_2=20\%$	$\epsilon_2=25\%$	$\epsilon_2=30\%$	$\epsilon_2=15\%$	$\epsilon_2=20\%$	$\epsilon_2=25\%$	$\epsilon_2=30\%$	$\epsilon_2=15\%$	$\epsilon_2=20\%$	$\epsilon_2=25\%$	$\epsilon_2=30\%$
Córdoba	Aguas cálidas	Canalete	30	27	22	19	30	27	22	19	30	27	22	-
		Cereté	42	39	36	32	42	39	36	32	-	39	-	32
		Chimá	29	27	25	23	29	27	25	-	29	27	-	23
		Ciénaga De Oro	54	48	42	36	54	48	42	36	54	48	42	36
		Lorica	149	117	92	73	149	117	92	73	-	-	92	73
		Momil	81	75	68	62	81	-	68	62	81	75	68	-
		Montería	236	156	109	80	236	156	109	80	236	-	109	80
		Planeta Rica	43	42	40	38	43	42	40	38	-	-	40	-
		Pueblo Nuevo	18	13	10	7	18	13	10	-	-	-	10	7
		Puerto Escondido	29	26	21	17	-	26	21	17	29	26	21	17
		Purísima De La Concepción	77	69	61	54	-	69	61	54	77	69	-	54
		Sahagún	112	83	62	48	112	83	62	48	112	83	62	48
		San Antero	100	83	68	56	100	-	-	56	100	83	-	-
San Carlos	61	51	42	34	61	51	-	34	61	51	42	34		
Subtotal Córdoba			1.061	856	698	579	955	698	588	549	809	528	508	404
Huila	Aguas cálidas	Aipe	6	6	5	5	-	6	5	5	6	6	5	5
		Algeciras	20	18	16	14	20	18	16	14	20	18	16	14
		Altamira	8	6	5	4	8	6	5	4	8	-	5	4
		Campoalegre	49	37	28	21	49	37	28	21	49	37	-	21

Departamento	Estrato de tipo de aguas del municipio	Municipio	$\epsilon_1 = 20 \%$				$\epsilon_1 = 25 \%$				$\epsilon_1 = 30 \%$			
			$\epsilon_2=15\%$	$\epsilon_2=20\%$	$\epsilon_2=25\%$	$\epsilon_2=30\%$	$\epsilon_2=15\%$	$\epsilon_2=20\%$	$\epsilon_2=25\%$	$\epsilon_2=30\%$	$\epsilon_2=15\%$	$\epsilon_2=20\%$	$\epsilon_2=25\%$	$\epsilon_2=30\%$
		Neiva	42	36	30	25	42	36	30	25	42	36	30	25
		Palermo	27	23	19	15	27	23	19	15	-	23	19	15
		Pital	8	8	8	7	8	8	8	7	8	8	8	7
		Rivera	41	33	25	19	41	33	25	19	41	33	-	-
		San Agustín	9	9	8	8	9	9	8	-	9	-	8	8
		Tello	12	11	10	8	12	-	-	8	12	11	10	8
		Timaná	13	12	12	11	13	12	12	11	13	12	12	11
		Villavieja	6	6	5	5	6	6	5	5	-	6	5	-
		Garzón	58	46	35	27	-	46	-	27	58	46	-	-
	Aguas cálidas y frías	Gigante	72	58	47	38	72	58	47	38	-	58	47	38
		La Argentina	16	15	13	12	16	15	13	12	16	-	13	12
		Pitalito	38	35	31	27	38	-	31	-	38	35	31	27
Subtotal Huila			425	359	297	246	361	313	252	211	320	329	209	195
		Alpujarra	34	31	26	22	34	-	26	22	-	-	-	22
		Alvarado	20	18	17	15	20	18	17	15	20	-	17	-
		Armero	30	27	25	22	30	-	25	22	-	27	25	-
		Ataco	62	53	44	37	-	53	44	37	-	-	44	37
Tolima	Aguas cálidas	Carmen De Apicalá	37	36	33	31	-	36	-	31	37	36	-	-
		Cunday	95	74	57	45	-	74	57	-	95	74	57	45
		Espinal	21	19	18	17	21	19	18	-	-	-	-	-
		Falan	52	43	35	29	52	43	35	29	52	43	-	-
		Fresno	67	59	51	43	67	59	51	43	-	-	-	43

Departamento	Estrato de tipo de aguas del municipio	Municipio	$\epsilon_1 = 20 \%$				$\epsilon_1 = 25 \%$				$\epsilon_1 = 30 \%$			
			$\epsilon_2=15\%$	$\epsilon_2=20\%$	$\epsilon_2=25\%$	$\epsilon_2=30\%$	$\epsilon_2=15\%$	$\epsilon_2=20\%$	$\epsilon_2=25\%$	$\epsilon_2=30\%$	$\epsilon_2=15\%$	$\epsilon_2=20\%$	$\epsilon_2=25\%$	$\epsilon_2=30\%$
		Guamo	35	33	30	27	35	33	-	27	35	33	30	27
		Icononzo	74	56	43	33	74	56	-	-	74	-	43	-
		Lérida	36	31	26	22	36	-	26	22	36	31	-	22
		Villahermosa	31	28	22	18	31	28	22	18	-	28	22	18
	Aguas frías	Roncesvalles	16	15	13	11	16	15	13	11	16	15	13	11
	Aguas cálidas y frías	Chaparral	67	63	58	53	67	63	58	53	67	63	58	53
		Ibagué	86	72	59	48	86	72	59	48	-	-	-	-
Subtotal Tolima			763	658	557	473	569	569	451	378	432	350	309	278
Total general			2.249	1.873	1.552	1.298	1.885	1.580	1.291	1.138	1.561	1.207	1.026	877

Se esperaría luego entonces que se afectara la precisión de la estimación de la producción de las UPA de subsistencia al disminuir el esfuerzo de muestreo en las dos etapas del muestreo bietápico estratificado, sin embargo, no se presentaron diferencias estadísticas en los intervalos de confianza de las estimaciones derivadas de los diferentes escenarios de errores relativos esperados (Figura 3). También es importante destacar que, en los tres departamentos, las producciones estimadas mediante los diferentes porcentajes de errores relativos (ϵ_1 y ϵ_2) se mantuvieron dentro del intervalo de confianza calculado de manera inicial con $\epsilon_1 = 20,0\%$ y $\epsilon_2 = 15,0\%$, ratificando de este modo que la disminución del esfuerzo de muestreo no índice en la estimación de la producción de las UPA de subsistencia (Tabla 10).

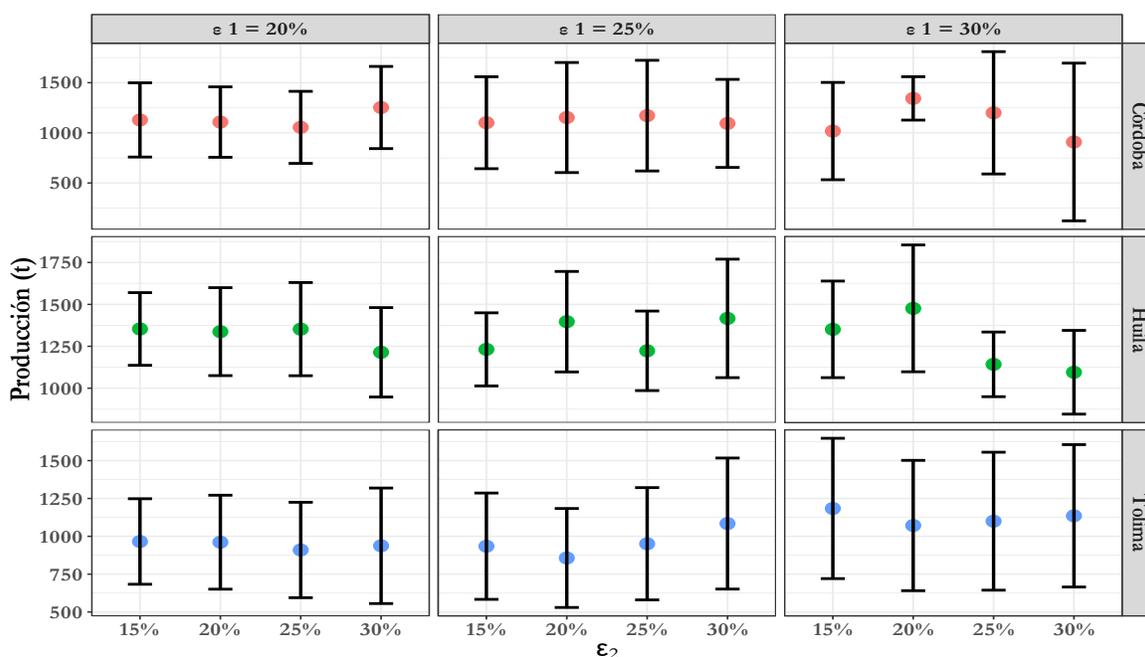


Figura 3. Producción estimada de las UPA de subsistencia para los diferentes escenarios evaluados de error relativo esperado, por departamento. Para los errores relativos (ϵ) de la primera etapa se utiliza el subíndice 1 y para los de la segunda etapa el subíndice 2.

Tabla 10. Estimación de la producción (t) de las UPA de subsistencia para los diferentes escenarios evaluados, según departamento. Para los errores relativos (ϵ) de la primera etapa se utiliza el subíndice 1 y para los de la segunda etapa el subíndice 2.

ϵ_1	ϵ_2	Córdoba			Huila			Tolima		
		Producción (t)	Lim. Inferior	Lim. Superior	Producción (t)	Lim. Inferior	Lim. Superior	Producción (t)	Lim. Inferior	Lim. Superior
20%	15%	1.128,4	758,4	1.498,3	1.353,4	1.136,7	1.570,2	965,8	683,3	1.248,3
	20%	1.107,0	756,0	1.458,1	1.337,3	1.075,0	1.599,6	961,2	650,8	1.271,5
	25%	1.054,4	695,1	1.413,6	1.352,3	1.074,4	1.630,2	909,6	594,4	1.224,9
	30%	1.252,2	842,6	1.661,9	1.214,1	947,5	1.480,8	937,4	555,8	1.318,9
25%	15%	1.100,8	642,4	1.559,2	1.231,6	1.013,6	1.449,7	934,6	583,5	1.285,8
	20%	1.152,4	603,7	1.701,0	1.396,8	1.097,0	1.696,5	856,8	530,0	1.183,7
	25%	1.171,3	619,5	1.723,0	1.222,9	985,7	1.460,1	950,8	579,9	1.321,7
	30%	1.093,9	654,9	1.532,9	1.416,2	1.062,8	1.769,7	1.084,3	651,5	1.517,2
30%	15%	1.017,2	532,2	1.502,3	1.351,0	1.062,8	1.639,2	1.184,1	720,6	1.647,6
	20%	1.343,1	1.126,7	1.559,5	1.476,1	1.097,9	1.854,4	1.071,3	640,7	1.501,8
	25%	1.199,4	589,7	1.809,1	1.142,2	949,2	1.335,1	1.099,9	644,3	1.555,5
	30%	908,5	122,5	1.694,6	1.095,0	845,2	1.344,8	1.135,4	665,0	1.605,7

4.2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL ERROR RELATIVO DE LA ESTIMACIÓN, POR EFECTO DEL INCREMENTO EN EL ESFUERZO DE MUESTREO

Otro ejercicio relevante en la evaluación de la metodología de estimación de la producción de las UPA de subsistencia consistió en incrementar de manera deliberada el esfuerzo de muestreo en 19 municipios (ocho de Córdoba, tres de Huila y ocho de Tolima), de tal forma que con este sobremuestreo se calcularan nuevos valores de error relativo en la segunda etapa del muestreo bietápico estatificado. En general, los resultados de esta prueba permitieron identificar que la aplicación de un esfuerzo de muestreo superior en efecto disminuye el porcentaje del error relativo esperado, que se contempló inicialmente en un 15,0 % para el cálculo del tamaño muestral de UPA; sin embargo, esta relación no obedece a un comportamiento lineal, toda vez que la magnitud de los puntos porcentuales que disminuye el error relativo resulta indiferente al porcentaje de sobremuestreo, existiendo una baja relación entre estos (Figura 3).

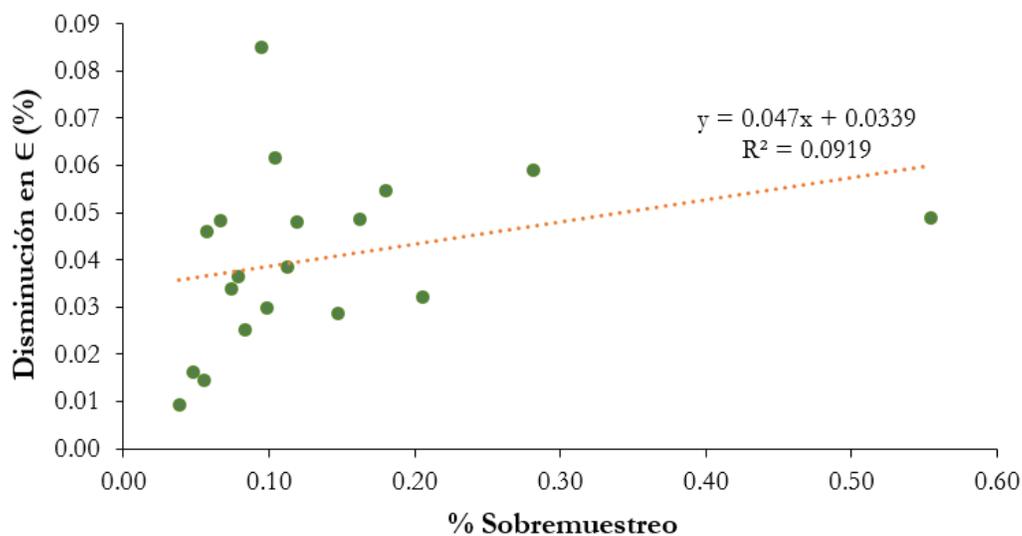


Figura 4. Relación entre el porcentaje de sobremuestreo (respecto al n calculado con un $\epsilon = 15\%$) y el porcentaje de disminución en el error relativo de la estimación.

La mayor disminución del error relativo esperado se presentó en los municipios de Cereté, Lórica y Purísima De La Concepción (Córdoba), con una reducción \geq a 6 puntos porcentuales, en tanto que el mayor porcentaje de sobremuestreo se aplicó en Montería (55,5 %) (Tabla 12). Este resultado evidencia el alto grado de sensibilidad que presenta el error relativo esperado en la segunda etapa del muestreo, lo que podría obedecer a la variabilidad de los datos de producción de las UPA de subsistencia, y que por defecto incide en el tamaño muestral de las UPA.

Tabla 11. Valores del error relativo resultantes de aplicar un esfuerzo de muestreo superior al calculado con base en un error del 15%, para algunos municipios evaluados.

Departamento	Estrato de tipo de aguas del municipio	Municipio	$n_{\text{calculado}}$	n_{aplicado}	Sobremuestreo (%)	ϵ (%)
Córdoba	Aguas cálidas	Cereté	42	46	9,5	6,5
		Ciénaga De Oro	54	58	7,4	11,6
		Lórica	149	191	28,2	9,1
		Montería	236	367	55,5	10,1
		Purísima De La Concepción	77	85	10,4	8,8
		Sahagún	112	135	20,5	11,8
		San Antero	100	118	18,0	9,5

		San Carlos	61	67	9,8	12,0
Huila	Aguas cálidas	Neiva	42	44	4,8	13,4
	Aguas cálidas y frías	Gigante	72	76	5,6	13,5
		Pitalito	38	41	7,9	11,4
		Armero	30	32	6,7	10,2
	Ataco	62	69	11,3	11,1	
		Cunday	95	109	14,7	12,1
Tolima	Aguas cálidas	Falan	52	54	3,8	14,1
		Fresno	67	75	11,9	10,2
	Guamo	35	37	5,7	10,4	
	Lérida	36	39	8,3	12,5	
	Aguas cálidas y frías	Ibagué	86	100	16,3	10,2

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En Huila y Tolima la producción de acuicultura se sustenta principalmente por los aportes de las UPA censadas, sin embargo, las UPA de subsistencia significaron la mayor participación en la producción de Córdoba, lo que pone de presente la importancia socioeconómica de esta categoría de UPA. Este resultado evidencia el valor que reviste la producción de las diferentes categorías de UPA, máxime considerando el propósito de extender a más departamentos del territorio nacional la metodología de estimación de la producción de acuicultura.

Los resultados de este estudio ratifican al Huila como uno de los principales departamentos productores de carne de pescado proveniente de la acuicultura, esto en virtud de la amplia diferencia que presentó con la producción estimada de Córdoba y Tolima. También es posible reafirmar que las especies de peces con mayor producción en el subsector son la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), en tanto que la cachama blanca (*Piaractus brachyomus*) se configura como la especie nativa más producida en los tres departamentos piloto.

Los resultados obtenidos a través de la evaluación del diseño estadístico permiten deducir que la expansión de la metodología de estimación de la producción de acuicultura implicaría evaluar la pertinencia de dividir los departamentos del territorio nacional en dos grupos: i) Departamentos en los que se aplicarían porcentajes superiores a $\varepsilon_1 = 20,0 \%$ y $\varepsilon_2 = 15,0 \%$, considerando el hecho de que en estos departamentos la producción se sustentaría principalmente por los aportes de las UPA del censo y muy poco las UPA de subsistencia y ii) Departamentos en los cuales se aplicarían menores porcentajes de error relativo esperado (ε_1 y ε_2), pues en este caso tanto las UPA del censo como las UPA de subsistencia generarían aportes significativos a la producción de este otro grupo de departamentos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo. (2007). Guía para el Desarrollo Sostenible de la Acuicultura Mediterránea. Interacciones entre la Acuicultura y el Medio Ambiente. UICN, Gland, Suiza y Málaga, España. 114p.
- Anónimo. (2014). Hacia la sostenibilidad y competitividad de la acuicultura colombiana. Bogotá, D.C. 187p.
- Buitrago-Fábregas, L. C., Chila-Gamba, A. T., Guzmán-Díaz, J. T. y Jaramillo-Suárez, G. J. (2021). Estudio sobre la optimización de la producción de tilapia en Colombia para fomentar su exportación a EEUU. Politécnico Grancolombiano, Facultad de Negocios, Gestión y Sostenibilidad, Programa Virtual de Negocios Internacionales. 67p.
- CCI. (2007). Pesca y Acuicultura Colombia 2007. Bogotá, D.C. 154p.
- Efron, B. (1982). The Jackknife, the Bootstrap and Other Resampling Plans. Society for Industrial and Applied Mathematics. 91p. <https://epubs.siam.org/terms-privacy>
- Efron, B. y Tibshirani, R. J. (1994). An Introduction to the Bootstrap. An Introduction to the Bootstrap. 430p. <https://doi.org/10.1201/9780429246593>
- FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.
- FAO. (2022). Versión resumida de El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0463es>

- Gaitán, S., Botero-Aguirre, M. y Landines, M. A. (2019). Sinergia de los actores de la ciencia para desarrollar una acuicultura sostenible y competitiva: Asociación Académica Colombiana de Acuicultura-ACCUA. *Intropica* 14(2): 91-94. <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.3292>.
- Grajales-Hahn, S., Hahn-Von-Hessberg, C. M. y Grajales-Quintero, A. (2018). Reporte de caso de *Aeromonas salmonicida* en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en Caldas, Colombia. ISSN 0123-3068 *bol.cient.mus.hist.nat. U. de Caldas*. 22(1): 76-85p. 10.17151/bccm.2018.22.1.6.
- Jiménez, A. P., Rey, A. L., Penagos, L. G., Ariza, M. F., Figueroa, J. y Iregui, C. A. (2007). *Streptococcus agalactiae*. Hasta ahora el único *Streptococcus* patógeno de tilapias cultivadas en Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. 54(2): 285-294p.
- MADR. (2020). *Acuicultura en Colombia. Cadena de la Acuicultura*. Dirección de Cadenas Pecuarias, Pesqueras y Acuícolas. Bogotá, D.C.
- Manly, B. F. (1997). *Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology*, Second Edition [Hardcover]. 424p.
- Merino, M. C., Bonilla, S. P., Bages, F. y Flores-Nava A. (2013). *Diagnóstico del estado de la Acuicultura en Colombia*. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP. Bogotá, D.C. 160p.
- Ospina-Botero, D. (2001). *Introducción al muestreo*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C. 262p.
- Ottolenghi, F., Silvestri, C., Giordano, P., Lovatelli, A., y New, M. B. (2004). *Capture-based aquaculture: the fattening of eels, groupers, tunas, and yellowtails*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 308p.

ANEXOS

Anexo 1. Cantidad de UPA categorizadas como grandes, medianas y pequeñas en los tres departamentos evaluados en la prueba piloto de la metodología de estimación de la producción de acuicultura, discriminada por municipio.

Departamento	Municipio	Categoría UPA			Total
		Grande	Mediana	Pequeña	
Córdoba	Ayapel	-	1	1	2
	Cereté	-	-	2	2
	Ciénaga De Oro	-	1	1	2
	Cotorra	-	1	-	1
	Lorica	-	4	6	10
	Momil	-	2	2	4
	Montería	2	7	5	14
	Planeta Rica	1	-	-	1
	Purísima De La Concepción	-	2	2	4
	Sahagún	-	-	1	1
	San Andrés De Sotavento	-	1	1	2
	San Antero	-	-	3	3
	San Bernardo Del Viento	-	2	1	3
	San Pelayo	-	1	2	3
Subtotal Córdoba		3	22	27	52
Huila	Aipe	6	7	5	18
	Algeciras	-	-	4	4
	Altamira	-	2	1	3
	Baraya	1	1	1	3
	Campoalegre	12	34	11	57
	Garzón	5	18	5	28
	Gigante	1	13	13	27
	Hobo	6	10	4	20
	Íquira	1	-	-	1
	La Argentina	-	-	1	1
	Neiva	6	10	6	22
	Palermo	7	20	10	37
	Pital	-	-	1	1
	Pitalito	-	3	1	4
	Rivera	2	6	10	18
	Suaza	-	-	1	1
	Tarqui	-	-	1	1

Departamento	Municipio	Categoría UPA			Total
		Grande	Mediana	Pequeña	
	Tello	1	3	2	6
	Timaná	-	2	1	3
	Villavieja	2	6	2	10
	Yaguará	3	34	4	41
Subtotal Huila		53	169	84	306
Tolima	Alvarado	-	1	1	2
	Ambalema	2	2	-	4
	Armero	1	3	-	4
	Ataco	-	1	-	1
	Cajamarca	-	1	1	2
	Chaparral	-	2	-	2
	Cunday	-	-	1	1
	Espinal	1	2	-	3
	Flandes	1	-	-	1
	Guamo	1	3	3	7
	Ibagué	-	2	4	6
	Icononzo	-	-	1	1
	Lérida	1	4	2	7
	Natagaima	3	-	-	3
	Ortega	-	1	1	2
	Piedras	-	2	2	4
	Prado	1	2	-	3
	Purificación	1	-	-	1
	Saldaña	-	2	-	2
San Luis	-	1	-	1	
Valle De San Juan	-	1	-	1	
Venadillo	-	10	1	11	
Subtotal Tolima		12	40	17	69
Total general		68	231	128	427

Anexo 2. Cantidad de UPA categorizadas como “de subsistencia” y respectivos tamaños de muestra según estrato de tipo de aguas y municipio, para los tres departamentos evaluados en la prueba piloto de la metodología de estimación de la producción de acuicultura.

Departamento	Estrato de tipo de aguas del municipio	Municipio	Tamaño poblacional (Mi)	Tamaño de muestra (mi)
Córdoba	Aguas cálidas	Ayapel	10	-
		Buenavista	3	-
		Canalete	41	30
		Cereté	47	42
		Chimá	33	29
		Chinú	68	-
		Ciénaga De Oro	64	54
		Cotorra	22	-
		Lorica	232	149
		Los Córdoba	95	-
		Momil	92	81
		Montería	689	236
		Moñitos	19	-
		Planeta Rica	46	43
		Pueblo Nuevo	40	18
		Puerto Escondido	44	29
		Purísima De La Concepción	89	77
		Sahagún	207	112
		San Andrés De Sotavento	41	-
		San Antero	137	100
San Bernardo Del Viento	114	-		
San Carlos	83	61		
San Pelayo	87	-		
Tuchín	17	-		
Subtotal Córdoba			2.320	1.061
Huila	Aguas cálidas	Aipe	10	6
		Algeciras	33	20
		Altamira	10	8

Departamento	Estrato de tipo de aguas del municipio	Municipio	Tamaño poblacional (Mi)	Tamaño de muestra (mi)
		Baraya	1	-
		Campoalegre	103	49
		Hobo	3	-
		Neiva	55	42
		Oporapa	7	-
		Palermo	43	27
		Pital	8	8
		Rivera	84	41
		San Agustín	9	9
		Suaza	2	-
		Tarqui	9	-
		Tello	16	12
		Timaná	14	13
		Villavieja	7	6
		Yaguará	9	-
		Garzón	113	58
		Gigante	100	72
	Aguas cálidas y frías	La Argentina	19	16
		Palestina	5	-
		Pitalito	45	38
Subtotal Huila			705	425
		Alpujarra	47	34
		Alvarado	23	20
		Ambalema	5	-
		Armero	35	30
		Ataco	81	62
		Carmen De Apicalá	41	37
		Coyaima	4	-
Tolima	Aguas cálidas	Cunday	151	95
		Dolores	45	-
		Espinal	22	21
		Falan	72	52
		Flandes	2	-
		Fresno	83	67
		Guamo	40	35

Departamento	Estrato de tipo de aguas del municipio	Municipio	Tamaño poblacional (Mi)	Tamaño de muestra (mi)
		Icononzo	128	74
		Lérida	50	36
		Melgar	115	-
		Ortega	33	-
		Palocabildo	89	-
		Piedras	14	-
		Planadas	13	-
		Prado	33	-
		Purificación	55	-
		Rovira	45	-
		Saldaña	75	-
		San Luis	22	-
		Santa Isabel	15	-
		Suárez	35	-
		Valle De San Juan	6	-
		Venadillo	43	-
		Villahermosa	51	31
		Villarrica	72	-
	Aguas frías	Roncesvalles	20	16
		Anzoátegui	22	-
		Cajamarca	36	-
	Aguas cálidas y frías	Chaparral	76	67
		Ibagué	117	86
		Líbano	136	-
		San Antonio	21	-
Subtotal Tolima			1.973	763
Total general			4.998	2.249

Anexo 3. Portada del instructivo diseñado para el diligenciamiento del formulario de registro de los volúmenes de carne producida en la acuicultura.



Anexo 5. Formulario electrónico implementado en la plataforma informática del SEPEC para la sistematización de los volúmenes de carne producida en la acuicultura.

The screenshot shows the SEPEC (Servicio Estadístico Pesquero Colombiano) web interface. At the top, there are logos for SEPEC, AUNAP (Asociación Nacional de Acuicultores de Colombia), and the Ministry of Agriculture. The main heading is 'FORMULARIO DE VOLÚMENES DE CARNE PRODUCIDA EN LA ACUICULTURA'. The form is organized into four main sections:

- LOCALIZACIÓN DEL REGISTRO:** Includes fields for 'Registro' and 'Fecha de visita'.
- DATOS DEL ENCUESTADO:** Includes fields for 'Nombre y apellidos', 'Num. contacto', 'Correo electrónico', and a dropdown for 'El encuestado es:'.
- DATOS GENERALES DE LA UNIDAD PRODUCTIVA:** Includes dropdowns for 'IS UPA' and 'Estado actual', and input fields for 'Nombre o razón social', 'Latitud' (Gr., Min., Seg., N.), and 'Longitud' (Gr., Min., Seg., W.).
- VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN DE CARNE EN KILOGRAMOS:** Includes dropdowns for 'Periodo de referencia', '¿Reporte producción en el periodo de referencia?', and 'Causa de no producción'.

A 'Guardar' button is located at the bottom right of the form.

Anexo 6. Producción de las UPA categorizadas como grandes, medianas y pequeñas, establecida mediante un enfoque censal aplicado en los tres departamentos piloto evaluados (año 2021), según municipio.

Departamento	Municipio	Categoría de UPA			Total (t)
		Grandes	Medianas	Pequeñas	
Córdoba	Ayapel	-	-	-	-
	Cereté	-	-	18,1	18,1
	Ciénaga De Oro	-	63,1	10,6	73,7
	Cotorra	-	-	-	-
	Lorica	-	86,4	67,7	154,1
	Momil	-	247,6	29,2	276,8
	Montería	307,1	233,1	27,0	567,2
	Planeta Rica	762,2	-	-	762,2
	Purísima De La Concepción	-	68,7	12,0	80,7
	Sahagún	-	-	-	-
San Andrés De Sotavento	-	-	-	-	
San Antero	-	-	-	-	

Departamento	Municipio	Categoría de UPA			Total (t)
		Grandes	Medianas	Pequeñas	
	San Bernardo Del Viento	-	70,0	-	70,0
	San Pelayo	-	-	14,5	14,5
Total Córdoba		1.069,3	768,9	179,1	2.017,3
	Aipe	6.471,6	288,7	59,0	6.819,3
	Algeciras	-	-	-	-
	Altamira	-	61,1	17,7	78,7
	Baraya	594,0	120,0	20,0	734,0
	Campoalegre	12.375,4	1.605,2	93,0	14.073,6
	Garzón	2.226,0	1.249,4	79,7	3.555,1
	Gigante	300,0	737,3	158,3	1.195,7
	Hobo	4.699,9	588,9	36,0	5.324,8
	Íquira	485,0	-	-	485,0
	La Argentina	-	-	-	-
Huila	Neiva	1.224,8	335,0	62,8	1.622,6
	Palermo	7.738,7	474,8	56,0	8.269,5
	Pital	-	-	20,0	20,0
	Pitalito	-	152,2	20,0	172,2
	Rivera	821,0	199,0	71,4	1.091,4
	Suaza	-	-	18,0	18,0
	Tarqui	-	-	18,0	18,0
	Tello	525,0	105,5	-	630,5
	Timaná	-	71,0	12,8	83,8
	Villavieja	6.797,6	548,4	16,0	7.362,0
	Yaguará	4.064,4	2.352,5	30,8	6.447,8
Total Huila		48.323,4	8.889,1	789,6	58.002,0
	Alvarado	-	80,0	-	80,0
	Ambalema	1.289,4	291,6	-	1.580,9
	Armero	252,4	32,0	-	284,4
	Ataco	-	24,0	-	24,0
	Cajamarca	-	27,0	11,0	38,0
Tolima	Chaparral	-	205,0	-	205,0
	Cunday	-	-	18,5	18,5
	Espinal	720,0	-	-	720,0
	Flandes	276,0	-	-	276,0
	Guamo	350,0	295,2	38,0	683,2
	Ibagué	-	24,0	38,3	62,3

Departamento	Municipio	Categoría de UPA			Total (t)
		Grandes	Medianas	Pequeñas	
	Icononzo	-	-	-	-
	Lérida	292,1	79,8	37,1	409,0
	Natagaima	1.449,7	-	-	1.449,7
	Ortega	-	-	15,0	15,0
	Piedras	-	220,0	-	220,0
	Prado	1.160,0	99,0	-	1.259,0
	Purificación	354,8	-	-	354,8
	Saldaña	-	40,0	-	40,0
	San Luis	-	35,0	-	35,0
	Valle De San Juan	-	55,6	-	55,6
	Venadillo	-	476,8	12,2	489,0
Total Tolima		6.144,3	1.985,0	170,1	8.299,4
Total general		55.536,9	11.643,0	1.138,8	68.318,7

Anexo 7. Producción estimada de las UPA de subsistencia en los tres departamentos piloto evaluados (año 2021), según estrato de tipo de aguas y municipio.

Departamento	Estrato de tipo de aguas del municipio	Municipio	Producción estimada (t)	I.C. 95%	
				Lim. Inferior	Lim. Superior
Córdoba	Aguas cálidas	Canalete	11,8	7,0	21,6
		Cereté	33,8	22,6	57,0
		Chimá	19,4	9,6	41,0
		Ciénaga De Oro	56,7	37,8	86,9
		Lorica	156,9	113,7	216,8
		Momil	35,4	18,7	70,3
		Montería	207,2	160,3	293,8
		Planeta Rica	47,1	29,1	83,0
		Pueblo Nuevo	9,7	6,4	14,8
		Puerto Escondido	30,3	17,8	62,3
		Purísima De La Concepción	54,0	33,8	96,3
		Sahagún	139,5	106,4	192,4
		San Antero	49,0	31,9	107,7
		San Carlos	46,5	32,5	71,7
Huila	Aguas cálidas	Aipe	38,6	16,2	71,7

Departamento	Estrato de tipo de aguas del municipio	Municipio	Producción estimada (t)	I.C. 95%		
				Lim. Inferior	Lim. Superior	
Tolima	Aguas cálidas y frías	Algeciras	42,7	24,2	68,2	
		Altamira	6,5	1,9	11,8	
		Campoalegre	246,5	181,3	330,0	
		Neiva	100,7	58,6	166,3	
		Palermo	109,7	69,4	160,7	
		Pital	4,3	2,2	7,2	
		Rivera	230,6	159,6	319,7	
		San Agustín	4,5	1,3	13,8	
		Tello	32,8	14,4	69,9	
		Timaná	12,9	4,7	40,9	
		Villavieja	29,8	14,7	43,4	
		Garzón	232,3	161,3	327,9	
		Gigante	129,0	88,4	190,7	
		La Argentina	21,9	13,4	32,4	
		Pitalito	35,7	20,3	61,7	
	Aguas cálidas	Alpujarra	22,1	15,8	31,6	
		Alvarado	23,3	9,8	49,7	
		Armero	10,8	5,8	24,3	
		Ataco	54,2	34,0	96,0	
		Carmen De Apicalá	16,3	7,8	42,2	
		Cunday	78,7	54,1	128,6	
		Espinal	9,9	4,9	19,8	
		Falan	19,5	14,6	26,6	
		Fresno	24,8	17,8	39,2	
		Guamo	39,8	25,7	60,7	
		Icononzo	51,9	35,1	97,6	
		Lérida	59,7	35,1	103,5	
		Villahermosa	5,9	4,2	7,9	
		Aguas frías	Roncesvalles	7,0	4,3	11,1
		Aguas cálidas y frías	Chaparral	54,3	38,5	86,9
Ibagué	29,3		18,1	46,4		

Anexo 8. Composición de especies de la producción de acuicultura en los tres departamentos piloto evaluados (año 2021), según categoría de UPA.

Categoría UPA	Especie	Córdoba	Huila	Tolima	Total (t)
Grandes	<i>Oreochromis</i> spp.	269,6	25.006,7	4.894,6	30.170,9
	<i>Oreochromis niloticus</i>	47,6	22.412,0	569,4	23.029,1
	<i>Piaractus brachypomus</i>	750,0	704,9	397,3	1.852,2
	<i>Brycon moorei</i>	-	-	163,7	163,7
	<i>Brycon amazonicus</i>	-	129,6	-	129,6
	<i>Prochilodus magdalenae</i>	2,0	53,7	16,9	72,6
	<i>Pseudoplatystoma</i> sp.	-	-	36,9	36,9
	<i>Sorubim cuspicaudus</i>	-	-	35,7	35,7
	<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>	-	-	30,0	30,0
	<i>Brycon</i> sp.	-	14,5	-	14,5
<i>Prochilodus</i> sp.	-	2,0	-	2,0	
Subtotal Grandes		1.069,2	48.323,4	6.144,6	55.537,2
Medianas	<i>Oreochromis</i> spp.	209,4	6.207,8	1.025,9	7.443,1
	<i>Oreochromis niloticus</i>	102,1	2.262,4	229,5	2.593,9
	<i>Piaractus brachypomus</i>	429,9	307,6	256,4	993,9
	<i>Colossoma macropomum</i>	-	-	307,8	307,8
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	-	71,0	27,0	98,0
	<i>Brycon</i> sp.	-	15,6	63,6	79,1
	<i>Prochilodus magdalenae</i>	27,5	14,7	33,5	75,7
	<i>Brycon amazonicus</i>	-	10,0	33,0	43,0
	<i>Prochilodus</i> sp.	-	-	5,8	5,8
	<i>Cyprinus carpio</i>	-	-	2,0	2,0
<i>Pimelodus blochii</i>	-	-	0,8	0,8	
Subtotal Medianas		768,9	8.889,1	1.985,2	11.643,1
Pequeñas	<i>Oreochromis</i> spp.	45,3	580,2	74,5	700,0
	<i>Piaractus brachypomus</i>	58,0	75,5	69,2	202,7
	<i>Oreochromis niloticus</i>	27,0	101,4	13,8	142,2
	<i>Piaractus brachypomus</i> X <i>Colossoma macropomum</i>	25,4	-	6,0	31,4
	<i>Prochilodus magdalenae</i>	23,4	3,0	-	26,4
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	-	20,0	-	20,0
	<i>Brycon</i> sp.	-	9,0	3,7	12,7
	<i>Brycon amazonicus</i>	-	0,2	3,0	3,2
<i>Brycon melanopterus</i>	-	0,4	-	0,4	

Categoría UPA	Especie	Córdoba	Huila	Tolima	Total (t)
Subtotal Pequeñas		179,1	789,6	170,2	1.138,8
	<i>Oreochromis spp.</i>	92,6	1.007,7	526,9	1.627,1
	<i>Piaractus brachypomus</i>	525,2	135,8	204,4	865,4
	<i>Oreochromis niloticus</i>	65,8	183,3	65,6	314,7
	<i>Prochilodus magdalenae</i>	283,5	1,1	6,8	291,5
	<i>Piaractus brachypomus</i> X	154,1	-	24,6	178,7
	<i>Colossoma macropomum</i>	3,2	-	57,2	60,4
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	-	-	41,0	41,0
	<i>Brycon sp.</i>	-	20,4	18,0	38,4
Subsistencias	<i>Brycon amazonicus</i>	-	-	12,3	12,3
	<i>Cyprinus carpio</i>	0,7	4,9	1,0	6,5
	<i>Megalops atlanticus</i>	3,5	-	-	3,5
	<i>Prochilodus sp.</i>	-	-	3,4	3,4
	<i>Pimelodus grosskopfii</i>	-	-	2,2	2,2
	<i>Brycon moorei</i>	-	-	2,0	2,0
	<i>Arapaima gigas</i>	-	0,4	-	0,4
	<i>Pimelodus blochii</i>	-	-	0,1	0,1
	<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>	0,02	-	-	0,02
Subtotal Subsistencias		1.128,6	1.353,5	965,4	3.447,5
Total general		3.145,8	59.355,5	9.265,3	71.766,6