

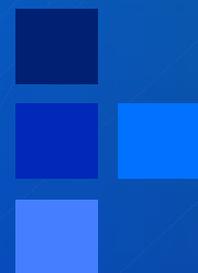
N.º 48

MARZO DE 2022

DOCUMENTOS

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA

UNIVERSIDAD DEL NORTE



**Diversificación del portafolio pesquero
estabiliza las capturas y el ingreso.
Evidencia de una pesquería artesanal en
Colombia**



Vigilada Mineducación

Andrés Vargas.
Sebastián Restrepo.
David Díaz

Serie Documentos, 48

Marzo de 2022

La serie *Documentos* del Departamento de Economía de la Universidad del Norte circula con el fin de difundir y promover las investigaciones realizadas en Uninorte, y también aquel resultado de la colaboración con académicos e investigadores vinculados a otras instituciones. Los artículos no han sido evaluados por pares, ni están sujetos a ningún tipo de evaluación formal por parte del equipo editorial.

Se autoriza la reproducción parcial de su contenido siempre y cuando se cite la fuente, y se solicite autorización a sus autores. Los conceptos expresados son de responsabilidad exclusiva de sus autores, y no representan la visión de la Universidad del Norte.



Vigilada Mineducación

Universidad del Norte
Departamento de Economía
Apartado aéreo 1569
Barranquilla, Colombia

Diversificación del portafolio pesquero estabiliza las capturas y el ingreso. Evidencia de una pesquería artesanal en Colombia

Andrés Vargas
Sebastián Restrepo
David Díaz

Departamento de Economía, Universidad del Norte, Barranquilla, Atlántico, Colombia
Departamento de Desarrollo Rural y Regional, Pontificia Universidad Javeriana,
Bogotá, Colombia
andresmv@uninorte.edu.co

Diversificación del portafolio pesquero estabiliza las capturas y el ingreso. Evidencia de una pesquería artesanal en Colombia

Andrés Vargas^{1*}, Sebastián Restrepo², David Díaz¹

¹ Departamento de Economía, Universidad del Norte, Barranquilla, Atlántico, Colombia

² Departamento de Desarrollo Rural y Regional, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

* andresmv@uninorte.edu.co

Resumen

De manera creciente se reconoce que la diversidad biológica estabiliza los procesos del ecosistema y los servicios que estos proveen a la sociedad. Al reducir la fluctuación temporal de la biomasa, la biodiversidad puede reducir el impacto del cambio en las condiciones ambientales sobre los ingresos de poblaciones rurales que explotan diversos activos naturales. Este efecto es análogo a la función de diversificación del riesgo de los portafolios financieros. Este trabajo presenta evidencia del efecto portafolio en la pesquería artesanal de acceso abierto localizada en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia.

1 Introducción

Los modos de vida de las poblaciones rurales suelen depender de forma regular del uso de recursos naturales y la provisión de servicios del ecosistema. Estas poblaciones son altamente vulnerables a la degradación de los ecosistemas, especialmente si su capacidad de suavizar el consumo a través del acceso a mercados de crédito, aseguramiento, y trabajo es limitada. Para ellos, la explotación de recursos naturales, muchas veces en regímenes de acceso abierto, es crítica para satisfacer necesidades de ingreso y nutricionales [1]. En consecuencia, estas poblaciones enfrentan una alta variabilidad del ingreso debido a factores ambientales y biológicos. En las comunidades pesqueras esto es especialmente cierto toda vez que la abundancia de las especies objetivo están en permanente cambio debido a factores ambientales y biológicos.

Las comunidades pesqueras han desarrollado estrategias para reducir la variabilidad del ingreso, tales como la migración estacional hacia áreas con mejores oportunidades de pesca, diversificación de las artes de pesca, diversificación de la captura, acción colectiva, y actividades alternativas (ej. emplearse en otras actividades económicas) [3–5]. Entre estas, la diversificación de la captura juega un papel muy importante cuando las demás estrategias no están disponibles o no son viables. Estudios recientes para pesquerías en Norteamérica muestran que la diversificación en la captura reduce la variabilidad de los ingresos anuales, aún en situaciones de cambios de régimen en el ecosistema [6–8].

Esta relación entre la variabilidad del ingreso y la diversidad en la captura obedece al rol que la biodiversidad juega en la productividad y estabilidad de los sistemas naturales. En la medida que la biodiversidad soporta la producción de biomasa y reduce su fluctuación, como la evidencia lo indica [11], entonces esta tiene el potencial para

contribuir a la estabilización de los ingresos pesqueros, siempre y cuando haya una respuesta diferencial de las especies de peces a los cambios ambientales. La fluctuación asincrónica de las diferentes especies significa que a lo largo del tiempo la reducción en la biomasa de unas especies se compensa con el aumento en la biomasa de otras [12]. En términos económicos, la diversificación de la captura es similar a tener un portafolio de activos, cuyo retorno y varianza depende de la respuesta de las diferentes especies a los cambios en las condiciones ambientales [27]. En la teoría del portafolio la composición de activos busca reducir el riesgo para un nivel de retorno dado, lo que desde el punto de vista de las pesquerías significa aprovechar la correlación negativa entre especies para reducir el riesgo sin afectar el retorno [30]. El efecto portafolio está estrechamente relacionado con la literatura que estudia como la biodiversidad asegura el ingreso frente a choques ambientales [13, 14]

Si bien hay estudios que analizan los patrones espacio-temporales de las pesquerías en lagunas costeras del neotrópico, hay poca evidencia indicando como los patrones de captura facilitan la adaptación de los pescadores ante la variabilidad ambiental. Estudios previos sobre la relación entre la diversidad de la captura y las variaciones temporales del ingreso han sido para pesquerías reguladas en países desarrollados [6–10]. Este estudio contribuye a la literatura al analizar dicha relación para una pesquería artesanal de acceso abierto en el contexto de un país en vías de desarrollo.

En este artículo, estudiamos la pesquería mixta que se lleva a cabo en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), Colombia, la cual es la laguna costera más grande de Colombia [15]. Este sitio de estudio es ideal para analizar el efecto portafolio pues por ser un sistema estuarino la composición de la comunidad de peces se modifica debido a variaciones en las condiciones ambientales, especialmente la salinidad [16, 17]. En términos ecológicos, se relacionaría con la idea de redundancia creada por el traslape funcional de especies diferentes, de tal manera que el declive de una especie es funcionalmente compensada por el incremento de otra [28]. Para una pesquería significa que los cambios en los niveles de salinidad influyen la riqueza y abundancia de especies disponibles para los pescadores en un momento dado del tiempo, afectando así la composición y volumen de la captura para un esfuerzo pesquero dado.

Adicionalmente, la pesquería analizada se caracteriza por usar un arte de pesca tradicional no selectiva, atarraya, y donde los pescadores están parcialmente aislados, lo que implica que para ellos la diversificación de la captura es una estrategia viable e importante para la estabilización de ingresos.

El propósito de este trabajo es examinar si efecto de la diversificación de la captura contribuye a la estabilización de las capturas y el ingreso pesquero en un entorno de alta variabilidad ambiental. Para ello, analizamos: i) el grado de sincronía temporal en las capturas de las diferentes especies; ii) la relación entre la salinidad y la composición de la captura; y iii) la relación de corto y largo plazo entre la salinidad, la captura y el ingreso. En otras palabras, este estudio pretende verificar si hay evidencia de que el efecto portafolio opera en esta pesquería.

2 Metodología

Materiales y métodos

Sitio de estudio

La CGSM es un complejo de humedales con un comportamiento estuarino con áreas extensas de bosque de manglar. Tiene dos cuerpos de agua principales: la Ciénaga Grande, laguna costera con una extensión 450 km^2 , y la ciénaga de Pajarales, cuya extensión es de 120 km^2 . Estos dos ocupan aproximadamente el 43% del área [20]. El

complejo esta conectado por el norte con el Mar Caribe, al este con la Sierra Nevada de Santa Marta y los ríos que descienden hasta desembocar en la Ciénaga Grande, y por el oeste con el Río Magdalena, Fig 1 . La interacción de agua fresca y salada a lo largo del año influencia las características fisicoquímicas del complejo lagunar, en particular los niveles de salinidad, Fig 2. El régimen hidrológico y la salinidad del complejo también dependen del fenómeno de oscilación del sur-El Niño (ENSO). Durante los periodos de El Niño la salinidad tiende a aumentar, mientras que durante La Niña tiende a disminuir. Los cambios temporales de la salinidad están en buena medida definidos por la variabilidad climática estacional e interanual. Estos cambios en las condiciones fisicoquímicas están estrechamente relacionadas con las oportunidades de pesca [21] [23].

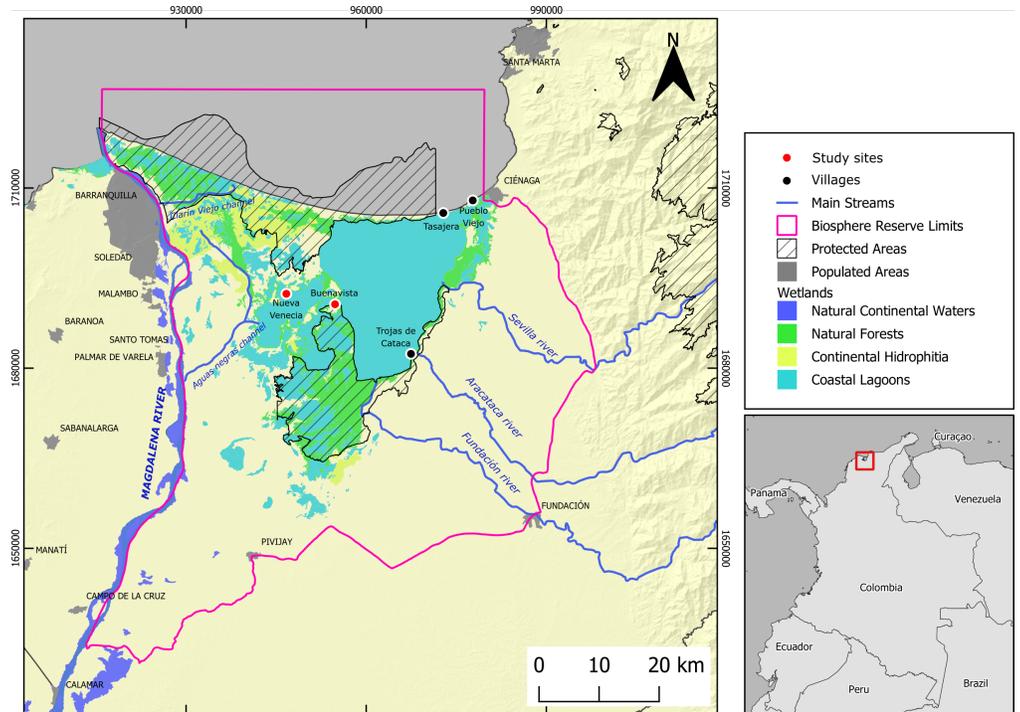


Fig 1. Sitio de estudio: Ciénaga Grande de Santa Marta.

Mapa del complejo Ciénaga Grande de Santa Marta. Puntos de referencia geográfica incluyen la laguna costera Ciénaga Grande, la Ciénaga de Pajarales, el río Magdalena River al oeste y el Mar Caribe al norte.

La CGSM es un ecosistema altamente productivo, cuya pesquería provee ingreso y alimento a numerosos pobladores de los pueblos cercanos [22]. La pesquería de la CGSM es de tipo mixta, conformada por alrededor de 3200 pescadores y 1300 embarcaciones, canoas, que operan en un régimen de acceso abierto. Las capturas anuales han variado entre 4,178 y 9,269 t año⁻¹ en los últimos 20 años [20]. En las últimas décadas se han creado múltiples cooperativas y asociaciones de pescadores con el propósito de ordenar la actividad pesquera [26]. En la actualidad dos grandes asociaciones funcionan como federaciones que agrupan más de 40 cooperativas

Si bien la pesquería artesanal de la CGSM tiene como principal especie capturada a la lisa, *Mugil incilis*, se registran capturas de más de 20 especies, y siete especies dan cuenta de más del 70% de las capturas totales. Como se observa en la Tabla 1, estas especies difieren en términos de su tolerancia a la salinidad.

Esto es coherente con lo que se conoce como el diagrama de Remane para ecosistemas

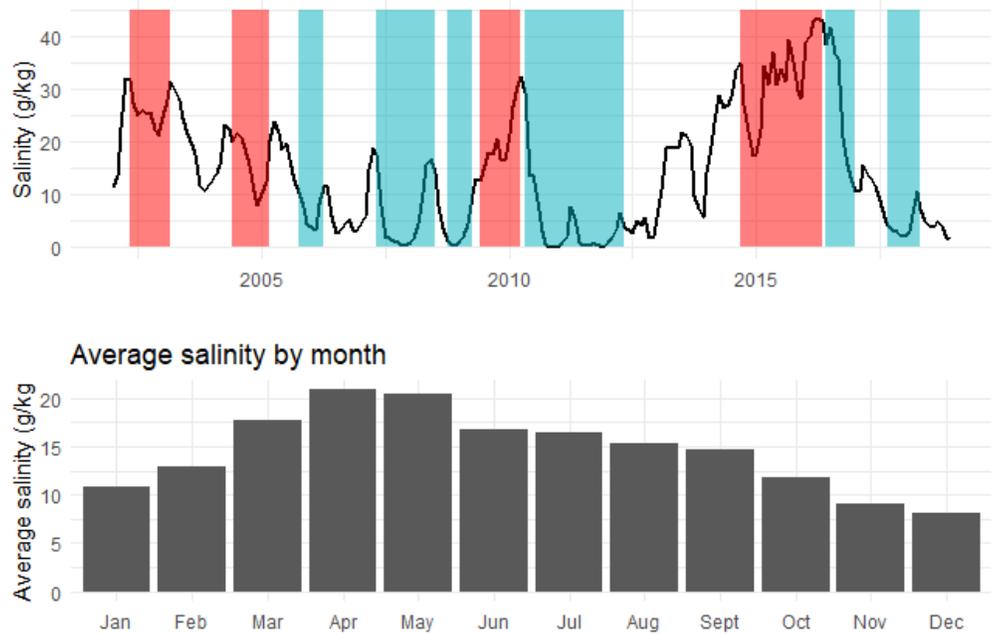


Fig 2. Salinity: Interannual and seasonal variability
 Red: El Niño. Blue: La Niña

Table 1. Hábitat de las principales especies capturadas

Especie	Agua dulce	Salobre	Marino
<i>Ariopsis canteri</i>			
<i>Mugil incilis</i>			
<i>Elops smithi</i>			
<i>Cathorops mapale</i>			
<i>Oreochromis nicolitus</i>			
<i>Eugerres plumieri</i>			
<i>Megalops atlanticus</i>			

Fuente: Robertson y Van Tassell, 2019, Shorefishes of the Great Caribbean (<https://biogeodb.stri.si.edu/caribbean/es/pages>)

estuarinos [17]. Según este, la abundancia relativa de especies de agua dulce, salobre, y marina, cambian a lo largo de un gradiente de salinidad, donde además la diversidad de especies es menor en los niveles muy dulces o muy salados, y mayor a niveles intermedios de salinidad. De esta manera, la composición de especies en el ecosistema se modifica en el tiempo de acuerdo a las condiciones de salinidad, las que a su vez cambian en sintonía con las variaciones del clima. En una pesquería mixta este cambio en la abundancia relativa de especies debe reflejarse en la recomposición de la captura.

Datos

Los datos utilizados provienen del sistema de información pesquera de la CSGM, SIPEIN, mantenido por el Invemar ¹. La base de datos incluye información sobre la captura (kg), esfuerzo pesquero (número de faenas por mes), e ingreso (pesos colombianos). Los datos de captura e ingresos están desagregados a nivel de especie, método pesca, y puerto de desembarco. Los datos de esfuerzo vienen a nivel de método

¹<http://sipein.invemar.org.co/informes/tallas/externos/ind/>

de pesca y puerto de desembarco. Los datos son de frecuencia mensual para el periodo 2002-2018.

Para este estudio usamos los datos para el método de pesca atarraya y puerto de desembarco Nueva Venecia. Dos razones justifican esta decisión. Primero, la atarraya es un método de pesca tradicional, no es selectivo, y es ampliamente utilizado por ser de bajo costo. La pesca con esta arte se lleva a cabo en parejas. Mientras un pescador maneja la atarraya el otro se encarga de conducir la canoa. La canoa no tiene motor y su desplazamiento es a vela y/o palanca. Segundo, la mayor parte de la captura comercializada en el puerto de Nueva Venecia proviene de pescadores de las comunidades palafíticas de Nueva Venecia y Buena Vista. Estas comunidades están parcialmente aisladas de los principales centros poblados, por lo tanto tienen una mayor dependencia de la pesca para la generación de ingresos y en consecuencia están más expuestos a la variabilidad climática. Para estos pescadores el acceso a un portafolio pesquero diversificado es un mecanismo importante para reducir su riesgo climático.

Los datos de salinidad provienen del programa de Monitoreo de la CGSM llevado a cabo por el Invemar². Los datos usados para este estudio corresponden al promedio de las mediciones tomadas en 14 puntos del complejo lagunar.

Metodos

El efecto portafolio predice que la diversidad pesquera reduce la variabilidad en la captura, y por esta vía en los ingresos, gracias a la respuesta diferencial de las especies al cambio en las condiciones de salinidad. Como las condiciones de salinidad afectan la productividad del ecosistema, y por lo tanto del rendimiento del esfuerzo pesquero, es importante distinguir entre el efecto de las variaciones de salinidad estacionales e interanuales. Así, el análisis procede de la siguiente manera. Primero, examinamos el grado de sincronía temporal en las capturas de las diferentes especies. Segundo, estudiamos la relación entre la salinidad y la composición de la captura. Finalmente, analizamos la relación de corto y largo plazo entre la salinidad, la captura y el ingreso.

El efecto portafolio debería reflejarse entonces en una evolución temporal asincrónica de las especies que conforman el portafolio, donde la composición de la captura muestra una estrecha relación entre la salinidad y la tolerancia de cada especie a esta, y las variaciones de corto plazo de la salinidad tienen un efecto insignificante sobre el rendimiento del esfuerzo pesquero.

Así, usamos un modelo simple de pesquería mixta como nuestro punto de partida para analizar la relación entre la salinidad y la composición de la captura. Sea $h_{i,t}$ la captura de la especie i y $p_{i,t}$ su precio de venta en el mes t , entonces la captura total mensual está dada por $H_t = \sum_{i=1}^s h_{i,t}$, mientras que el ingreso total sería $Y_t = \sum_{i=1}^s p_{i,t} h_{i,t}$. La captura total se caracteriza a partir de una ecuación de Schaefer

$$H_{t+1} = \left(\sum_{i=1}^s q_i X_{i,t+1} \right) E_{t+1} \quad (1)$$

donde q_i es el coeficiente de *capturabilidad*, $X_{i,t+1}$ el tamaño de la población y E_{t+1} el nivel de esfuerzo agregado. La captura por unidad de esfuerzo, CPUE, Z_{t+1} , se define como

$$Z_{t+1} = \sum_{i=1}^s q_i X_{i,t+1} \quad (2)$$

²<http://www.invemar.org.co/inf-cgsm>

De Eq(1) es claro que la variabilidad temporal de H_t está determinada por la dinámica del esfuerzo agregado y la población de cada especie, mientras que para Z_t solamente la dinámica poblacional es relevante. Es claro que la evolución del esfuerzo agregado sincroniza la captura total de cada especie, lo que dificulta observar el efecto portafolio. Por esta razón es preferible trabajar con la captura por unidad de esfuerzo. Para el ingreso total y el ingreso por unidad de esfuerzo, $YPU E_t = Y_t/E_t$, la dinámica de los precios juega también un papel.

En una comunidad de múltiples especies la variabilidad temporal de una variable al nivel de la comunidad está directamente relacionada con la sincronía de la variable al nivel de especies. Esta sincronía depende de la respuesta de cada especie a las fluctuaciones ambientales. De esta manera, la varianza temporal de Z puede expresarse como

$$\text{Var}(Z) = \sum_i q_i^2 \text{Var}(X_i) + \sum_{i < j} q_i q_j \text{Cov}(X_i, X_j) \quad (3)$$

Es importante tener en cuenta que las poblaciones X_i no son observables. Tenemos datos para h_i y E , así que definimos $z_i = h_i/E$, y por lo tanto $Z_t = \sum_i z_i$. De esta manera

$$\text{Var}(Z) = \sum_i \text{Var}(z_i) + \sum_{i < j} \text{Cov}(z_i, z_j) \quad (4)$$

De lo anterior es claro que las especies negativamente correlacionadas reducen la varianza de Z . La compensación dinámica que la correlación negativa implica la evaluamos usando las estadísticas de sincronía ϕ y η [12, 25].

$$\phi = \frac{\sigma_Z^2}{(\sum_i \sigma_{z_i})^2} \quad (5)$$

$$\eta = \frac{1}{s} \sum_i \text{corr}\left(z_i, \sum_{j \neq i} z_j\right) \quad (6)$$

La estadística ϕ toma valores entre 0, asincronía perfecta, y 1, sincronía perfecta. Para η el valor mínimo, -1 , representa perfecta asincronía, 0 que las especies fluctúan de forma independiente, mientras que su valor máximo, $+1$, indica que las especies están perfectamente sincronizadas. Estas estadísticas se calculan para la captura e ingreso, total y por unidad de esfuerzo en cada caso.

Si bien estas estadísticas ayudan a determinar el grado de sincronización, no es posible diferenciar la respuesta entre especies a los niveles de salinidad, y por lo tanto la contribución de cada una a la estabilización de Z . Para ello usamos una relación lineal de esfuerzo-stock [18, 19], donde la abundancia de cada especie i evoluciona de acuerdo a Eq (7)

$$X_{i,t+1} = \theta_{0i} + \theta_{1i} X_{i,t} + \theta_{2i} E_t + f_i(S_t) \quad (7)$$

acá $f_i(S_t)$ representa el impacto de la salinidad, S_t , en la abundancia presente, la cual supondremos que tiene una forma cuadrática para algunas especies. En un sistema interconectado (*source-sink*) como el que estamos estudiando, la abundancia de especies dulceacuícolas, como *Oreochromis nicolitus*, depende en buena medida de su conexión

con el Río Magdalena, mientras que otras especies, como *Megalops atlanticus* and *Ariopsis canteri*, tienden a moverse entre el Mar Caribe y los cuerpos lagunares. Para cada especie escribimos la captura por unidad de esfuerzo agregado como $z_{it} = q_i X_{it}$, y usando Eq (1) y Eq (7) obtenemos

$$z_{i,t+1} = \gamma_{0i} + \gamma_{1i}z_{it} + \gamma_{2i}E_t + \gamma_{3i}S_{t+1} + \gamma_{4i}S_{t+1}^2 + v_{i,t+1} \quad (8)$$

Dado que las especies están afectadas de forma simultánea por factores ambientales no observados, entonces los errores v_{it} pueden estar correlacionados, lo que sugiere que los parámetros de Eq (8) sean estimados por el método de regresiones aparentemente relacionadas, SUR. El efecto del cambio en la salinidad sobre Z , $\partial Z/\partial S$, puede calcularse como $\sum_i \gamma_{3i} + 2\gamma_{4i}S_{t+1}$

Si bien la aproximación anterior nos permite identificar como afecta la salinidad la composición del portafolio pesquero, esta no es suficiente para analizar su incidencia sobre el rendimiento del esfuerzo pesquero. Si tenemos en cuenta que el esfuerzo agregado cambia de periodo a periodo en función del beneficio esperado, el cual depende del recambio en las poblaciones de peces y los precios de venta de estas, entonces es de esperar que en la medida que el ecosistema sea más productivo haya un mayor esfuerzo. Así, habría una relación de largo plazo entre la salinidad y la CPUE. El efecto portafolio no implicaría por tanto la ausencia de relación de la salinidad con CPUE y YPUE, sino más bien que los cambios de salinidad de corto plazo no tienen un efecto importante sobre estas variables. Por otro lado, la relación entre la salinidad y la abundancia es compleja pues esta puede afectar el reclutamiento de especies y por lo tanto la abundancia futura.

Todo lo anterior sugiere el uso de un modelo que recoja la dinámica del sistema. Para ello formulamos un modelo en forma reducida que representa la dinámica del sistema. La salinidad, S_t es una variable exógena y por lo tanto podemos plantear un modelo ARDL, que en su forma de corrección de errores es

$$\Delta Z_t = c_0 - \alpha(Z_{t-1} - \theta S_{t-1}) + \sum_{i=1}^p \beta_z \Delta Z_{t-i} + \sum_{i=0}^q \beta_s \Delta S_{t-i} + u_t \quad (9)$$

Acá θ es el coeficiente que recoge la relación de equilibrio de largo plazo, α la velocidad de ajuste, mientras que β_z y β_s las fluctuaciones de corto plazo no asociadas al ajuste al equilibrio. Usamos la prueba de *bounds* de Pesaran, Shin y Smith [29] para verificar la existencia de una relación de cointegración.

3 Resultados

La composición de la captura se modifica dependiendo de los niveles de salinidad, Fig 3. En los niveles bajos hay presencia de especies dulceacuícolas, *Oreochromis nicolitus* mientras que las especies de ambientes principalmente salobres, *Ariopsis canteri*, *Cathorops mapale*, *Elops schmiti*, tienen una participación marginal. Estas últimas especies ganan participación a niveles intermedios de salinidad, al igual que *Megalops atlanticus*, pero vuelven a reducir su importancia para los niveles más altos de salinidad. Note que la especie *Mugil incilis* es la de mayor importancia, especialmente en el rango de mayor salinidad. Note que el cambio composicional de la captura es coherente con los hábitats de salinidad identificados para cada especie, Tabla 1

La recomposición de las capturas para niveles más altos de salinidad parece estar acompañada de un aumento leve en los valores medios de Z , y el ingreso por unidad de esfuerzo, *YPUE* Fig 4.

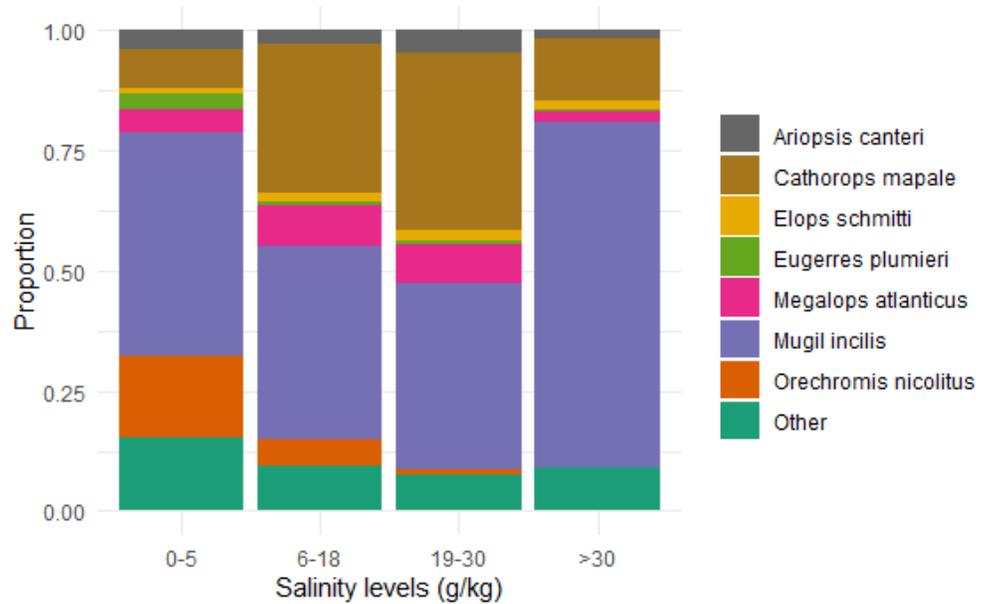


Fig 3. Composición de la captura por niveles de salinidad, 2002-2018

Las estadística ϕ para las variables por unidad de esfuerzo, Z y $YPUE$, son menores que para sus totales, H y Y , lo que muestra que la evolución del esfuerzo agregado, E contribuye a la sincronización de las capturas y los ingresos. Los valores más bajos para $YPUE$ que para Z estaría indicando asincronía en el precio de venta. La estadística η confirma lo anterior. Los valores negativos indican fluctuación asincrónica, siendo esta más pronunciada para $YPUE$.

La estimación del modelo SUR muestra que la relación entre salinidad y captura varía para cada especie. Mientras una especie tiene una relación positiva, tres exhiben un patrón de u invertida, y el resto una relación negativa. Para estas tres últimas los parámetros indican que el punto de inflexión está entre los 19 g/kg y los 22.6 g/kg. Al usar los valores puntuales de $\hat{\gamma}_{3i}$ y $\hat{\gamma}_{4i}$ calculamos el efecto de la salinidad sobre Z . Encontramos que en la medida que el nivel de salinidad es mayor el efecto de un cambio en esta sobre Z es menor, alcanzando el valor de cero entre los 22 y 23 g/kg de salinidad.

Table 2. Estadísticas de sincronía

	H	Y	Z	YPUE
ϕ	0.411	0.375	0.173	0.095
η	0.384	0.298	-0.054	-0.199

Los resultados del modelo ARDL para Z y $YPUE$ revelan la existencia de una relación de largo plazo entre estas variables y la salinidad, lo que es de esperarse pues esta última tiene incidencia sobre la productividad del ecosistema. Los valores puntuales de los coeficientes de largo plazo indican que un aumento de la salinidad en 1 g/kg resultarán en el largo plazo en un incremento de 0.56 kg en la captura y de \$1,800 en el ingreso, ambas por unidad de esfuerzo. En términos de la velocidad de ajuste se obtiene que para Z alrededor del 21% del desequilibrio se corrige en un mes, mientras que para $YPUE$ el ajuste es mucho más rápido, 58% por mes. Los coeficientes de corto plazo no son significativos, a excepción del tercer rezago para $YPUE$, indicando la ausencia de fluctuaciones de corto plazo por razones diferentes al ajuste a la relación de equilibrio.

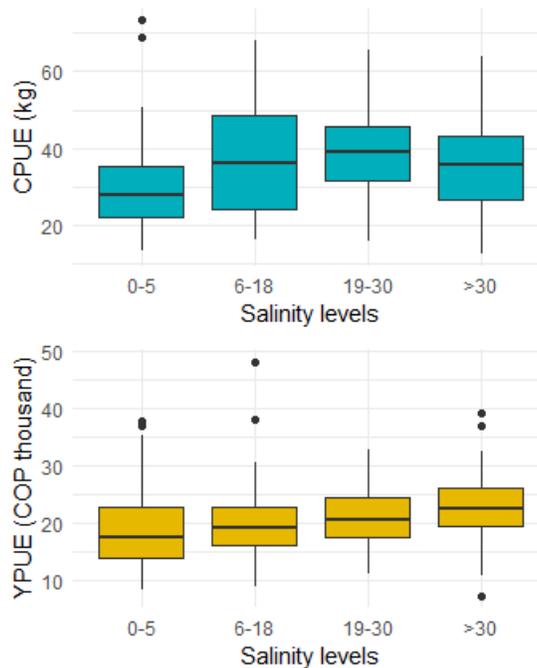


Fig 4. Catch and Income per unit of effort, 2002-2018
 Monthly series, landing port: Nueva Venecia

Table 3. Effect of salinity on catch composition

Variables	z1	z2	z3	z4	z5	z6	z7	zi8
zi (t-1)	0.694 (0.050)	0.586 (0.0559)	0.551 (0.0517)	0.756 (0.0467)	0.712 (0.0409)	0.799 (0.044)	0.582 (0.0611)	0.581 (0.062)
L(t-1)	-0.00016 (0.00008)	-0.0004 1(0.0007)	0.00007 (0.00003)	0.0004 (0.0005)	0.00002 (0.0003)	0.00004 (0.00006)	0.0008 (0.0002)	-0.0001 (0.0002)
Salinity	0.038 (0.018)	0.13 (0.054)	0.0248 (0.008)	0.42 (0.114)	-0.0636 (0.024)	-0.0064 (0.0053)	-0.027 (0.0151)	-0.023 (0.015)
sal2	-0.001 (0.0004)		-0.00058 (0.00019)	-0.0093 (0.0027)				
Constant	0.315 (0.319)	10.51 (2.75)	0.036 (0.139)	-4.032 (1.963)	3.51 (1.27)	-0.05 (0.265)	-1.83 (0.751)	2.34 (0.879)
R-squared	0.62	0.41	0.58	0.73	0.66	0.67	0.52	0.41

SUR model. Breusch-Pagan test of independence: $\chi^2(28)=69.276$. Standard errors in parentheses. Seasonal dummies included. i:1 Ariopsis canteri, i:2 Mugil incilis, i3: Elops schimitti, i:4 Cathorops mapale, i:5 Oreochromis nicolitus, i:6 Eugerres plumieri, i: 7 Megalops atlanticus, i: 8 Other

4 Discusión

El efecto portafolio consiste en la reducción en la varianza de las capturas, y por lo tanto de los ingresos, debido a la asincronía en las dinámicas poblacionales de las especies capturadas. En un sistema estuarino, donde la salinidad cambia de forma estacional e interanual, el efecto portafolio está estrechamente asociado a la tolerancia de las especies a la salinidad, un rasgo funcional.

Los resultados muestran que la diversificación en las especies capturadas redujo la variación en el rendimiento del esfuerzo pesquero, debido a la respuesta diferencial de las especies de peces a la modificación en los niveles de salinidad. La diversificación se

Table 4. Modelo ARDL

Coef.	Z(1,4)	YPUE(3,5)
θ	0.56(0.25)	0.18(0.06)
α	0.21(0.044)	0.58(0.084)
β_s		
0	0.121(0.194)	-0.013(0.127)
1	0.304(0.190)	0.210(0.128)
2	-0.351(0.191)	-0.041(0.1255)
3	-0.350(0.192)	-0.574(0.126)
4		0.072(0.133)
Bounds	Reject	Reject

Standard errors in parenthesis. Seasonal dummies included. Bounds test Ho:No cointegration

consituye así en un medio para disminuir el riesgo financiero que significa para los pescadores la variabilidad en las condiciones ambientales. De forma interesante, las estadísticas de sincronía muestran que este impacto fue mayor para el ingreso que para las capturas. Como la variabilidad del ingreso depende de la variación en las capturas y los precios, entonces los resultados apuntan a que los precios de comercialización también tienden a moverse asincrónicamente y por lo tanto multiplican el efecto estabilizador de las capturas.

En la teoría de portafolios financieros se asume que el inversionista decide la ponderación que cada activo ha de tener en el portafolio, con el propósito de alcanzar la mejor relación retorno-riesgo, dadas sus preferencias por el riesgo. Si bien esta lógica es útil para el manejo de pesquerías en las que el regulador define unas cuotas de captura que se hacen cumplir [30], no es claro que esta sea aplicable en la misma a medida a una pesquería de régimen abierto, como es el caso de muchas pesquerías artesanales. En la práctica un pescador artesanal no puede decidir, como lo hace un inversionista financiero, cuanto de sus recursos asignar a la captura de cada especie. Si bien es cierto que hay especies objetivo y que la pesca no es aleatoria, el grado de control sobre la composición del portafolio es limitado.

Además, en un ambiente donde las decisiones de pesca afectan la dinámica del sistema y su potencial evolutivo, la información estadística para identificar la composición eficiente del portafolio es necesariamente incompleta. En estas circunstancias, diferentes sociedades han adoptado procedimientos o reglas de acción que tienden a ser precautivas, en el sentido que son coherentes con disminuir la posibilidad de colapso del sistema [28]. Para el caso que estudiamos, tanto el manejo del riesgo como limitar la capacidad de explotación del sistema podría explicar la persistencia de la la atarraya como arte de pesca predominante. Esta arte permite la captura de diversas especies en un mismo lance, al tiempo que constriñe la capacidad máxima de captura. Si bien es cierto que se emplean otras artes, como el trasmallo y el boliche, éstas no gozan de la misma favorabilidad porque se las asocia con la sobreexplotación del recurso.

Nuestros resultados también realzan la importancia de pensar la biodiversidad en términos funcionales, mas que en riqueza de especies. Los servicios del ecosistema dependen de las funciones del ecosistema, y estas a su vez de los rasgos funcionales de las especies, no tanto de sus diferencias taxonómicas. Desde el punto de vista del manejo y la conservación, estas ideas invitan a moverse hacia un enfoque basado en ecosistemas.

En términos socioeconómicos, la evidencia del efecto portafolio resalta el papel de la biodiversidad para estabilizar las condiciones de vida de individuos y comunidades que

dependen de la explotación de recursos naturales. Esto pone en cuestión las iniciativas de alivio a la pobreza a través del establecimiento de sistemas acuícolas de monocultura, pues se enfocan por completo en el retorno y olvidan el riesgo inherente a la variabilidad ambiental.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Universidad del Norte a través del proyecto con código 2017-30, "Gobernanza ambiental, acción colectiva y corrupción a nivel subnacional: el caso de la eco-región de la Ciénaga Grande de Santa Marta".

References

1. Barbier, Edward. Poverty, development, and environment. *Environment and Development Economics*. 2010;15:635–660.
2. Banerjee A, Duflo E. Giving credit where it is due *Journal of Economic Perspectives*. 2010; 24(2):61-80
3. Pellowe K, Leslie, H. Seasonal variability shapes resilience of small-scale fisheries in Baja California Sur, México *Plos One*. 2017; 12(8):e0182200. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182200>
4. Finkbeiner E. The role of diversification in dynamic small-scale fisheries: lessons from Baja California Sur, Mexico *Global Environmental Change*. 2015; 32:139-152
5. Coomes O, Takasaki Y, Abizaid, C, Barham B L. Foodplain fisheries as natural insurance for the rural poor in tropical forest environments: evidence from Amazonia *Fisheries Management and Ecology*. 2010;17:513-521
6. Anderson S, Ward E, Shelton A, Adkison M, Beaudreau A, Brenner R, Hayne A, Shriver J, Watson J, Williams B. Benefits and risks of diversification for individual fishers *PNAS*. 2017; 114(40):10797-10802
7. Kasperski S, Holland D. Income diversification and risk for fishermen *PNAS*. 2013; 110(6):2076-2081
8. Sethi S, Reimer M, Knapp G. Alaskan fishing community revenues and the stabilizing role of fishing portfolios *Marine Policy*. 2014; 48:134-141
9. Cline T, Schindler D, Hilborn R. Fisheries portfolio diversification and turnover buffer Alaskan fishing communities from abrupt resource and market changes *Nature Communications*.2017; DOI: 10.1038/ncomms14042
10. Ward E, Anderson S, Shelton A, Brenner R, Adkison M, Beaudreau A, Watson J, Shriver J, Hayne A, Williams B. Effects of increased specialization on revenue for Alaskan salmon fishers over four decades *Journal of Applied Ecology*. 2017; DOI: 10.1111/1365-2664.13058
11. Loreau M, Mazancourt C. Biodiversity and ecosystem stability: a synthesis of underlying mechanisms *Ecology Letters*. 2013; 16:106-115
12. Loreau M, Mazancourt C. BSpecies synchrony and its drivers: neutral and nonneutral community dynamics in fluctuating environments *The American Naturalist*. 2008; 17(2):E48-E66

13. Quass M, Baumgärtner S, De Lara M. Insurance value of natural capital *Ecological Economics*. 2019; 165
14. Noack F, Riekhof M, Di Falco S Droughts, biodiversity and rural income in the tropics. 2019; 6(4):<https://doi.org/10.1086/703487>
15. Rivillas-Ospina G, Maza-Chamorro M, Restrepo S, Lithgow D, Silva R, Sisa A, Vargas A, Sarmiento J, Caes J, Bolivar M, Del Río R, Campo E, Casas D, Rudas D. Alternatives for recovering the ecosystem services and resilience of the Salamanca Island Natural Park, Colombia *Water*. 2020;12
16. Barletta M, Barletta-Bergan A, Saint-Paul U, Hubolds G. The role of salinity in structuring fish assemblages in a tropical estuary *Journal of Fish Biology*. 2005; 66:45-72
17. Whitfield A, Elliot M, Basset A, Blaber S, West R. Paradigms in estuarine ecology-A review of the Remane diagram with a suggested revised model for estuaries *Estuarine, coastal and shelf science*. 2012; 97:78-90
18. Rosenman R. The optimal tax for maximum economic yield: fishery regulation under rational expectations *Journal of Environmental Economics and Management*. 1986; 13:348-362
19. Dalton M. El Niño, expectations and fishing effort in Monterey Bay, California *Journal of Environmental Economics and Management*. 2001; 42:336-359
20. Rodríguez-Rodríguez, J. A., J. E. Mancera, L. Victoria, P. Trujillo, M. Rueda, and K. P. Ibarra-Gutiérrez. Ciénaga Grande de Santa Marta: The Largest Lagoon-Delta Ecosystem in the Colombian Caribbean In: Finlayson CM, Milton GR, Prentice RC, Davidson NC, editors. *The Wetland Book II: Distribution, Description and Conservation*. Springer Dordrecht; 2018. pp. 757–772. doi:10.1007/978-94-007-6173-5
21. Vilarity SP, González JA, Martín-López B, Montes C. Relationships between hydrological regime and ecosystem services supply in a Caribbean coastal wetland: a social-ecological approach *Hydrol Sc. J*. 2011;56: 1423–1435
22. Gocke K, Mancera PJE, Vidal LA, Fonseca D. Planktonic primary production and community respiration in several coastal lagoons of the outer delta of the Rio Magdalena. *Colombia Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 2003;32:125–44
23. Blanco JA, Vilorio EA, Narváez JC. ENSO and salinity changes in the Ciénaga Grande de Santa Marta coastal lagoon system, Colombian Caribbean. *Estuar Coast Shelf S*. 2006; 66:157-167
24. Torres-Guevara LE, Lopez MC, Schlüter A. Understanding artisanal fishers' behaviors: The case of Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Sustain*. 2016;8:17
25. Gross K., Cardinale B., Fox J., Gonzalez A., Loreau, M., Polley W., Reich P., van Ruijven J. Species Richness and the temporal stability of biomass production: a new analysis of recent biodiversity experiments *The American Naturalist*. 2014; 183(1):1-12

26. Rueda M., Blanco, J., Narváez, J.C, Vilorio E., Beltrán C.S. Coastal fisheries of Colombia In: Salas S., Chuenpagdee R., Charles A., Seijo J.C., editors. Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 544; 2011. pp. 117-136.
27. Perrings C., Kinzig A. Ecology and economics in the science of anthropogenic biosphere change Handbook of Environmental Economics. 2016; Vol. 4, pp. 61-84
28. Perrings C. Our uncommon heritage. Biodiversity change, ecosystem services, and human wellbeing Cambridge University Press. 2014
29. Pesaran, M., Shin, Y., Smith, R. Bounds testing approaches to the analysis of level relationships Journal of Applied Econometrics. 2001;16:289-326
30. Sanchirico, J., Smith, M., Lipton, D. An empirical approach to ecosystem-based fishery management Ecological Economics. 2008; 64:586-596

