

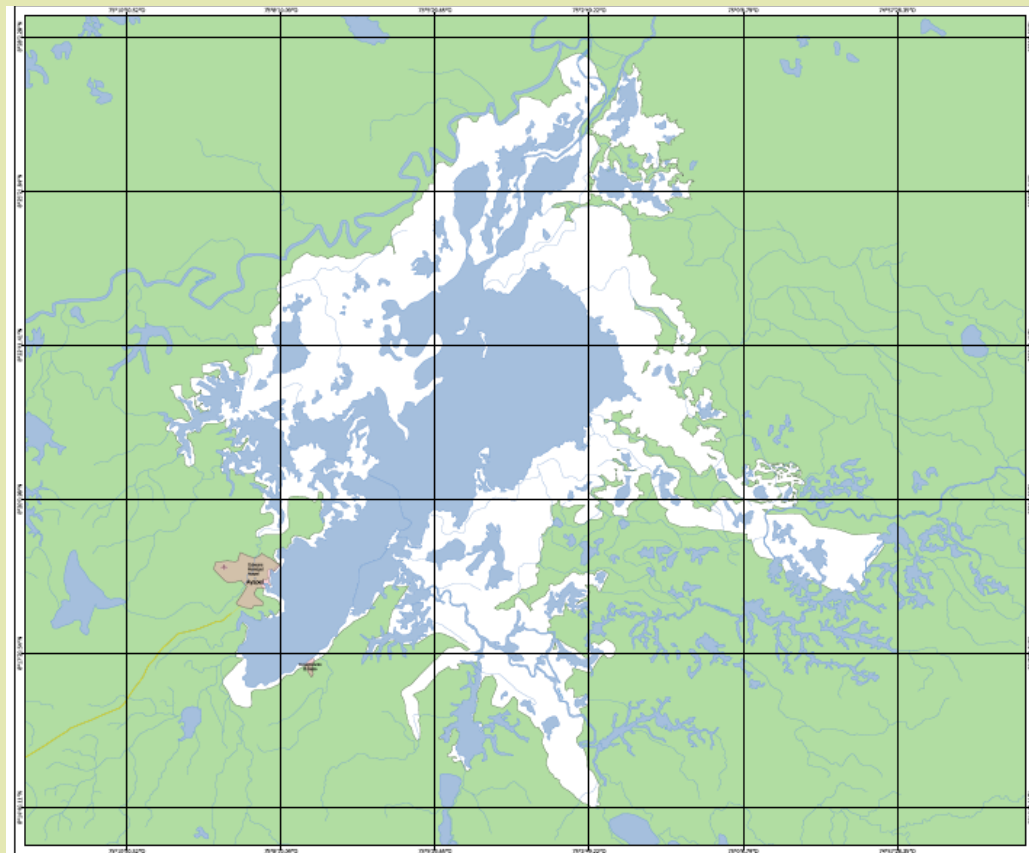
Modelación trófica del complejo cenagoso de Ayapel usando el programa Ecopath with Ecosim (EwE)

Poloche-Hernández, J. F., Gutiérrez-Cortés, A. L., Hernández-Castillo, B. E., Díaz-barrios, M. C., Duarte-Casares, I. O., Fuentes-Cabrejo, C. A., Cañón-Hernández, J., Reyes-Motavita, M. C., Porto-Peralta, I. C., Reina-Mora, I. H., Bonilla-Pérez, I. P., Quintana-Linares, A. M., Devia-Morato, C., Arias-Patiño, M.

Programa de Modelamiento Ecohidrológico (PMEH), componente 2 – Gestión de la salud de los ecosistemas;
Proyecto GEF Magdalena Cauca Vive; Fundación Natura, carrera 21 # 39 – 43, Bogotá D. C., Colombia.

Introducción

Se usó el programa Ecopath with Ecosim (EwE) para evaluar el ensamblaje y la dinámica trófica de los grupos funcionales que forman parte del ecosistema de la ciénaga de Ayapel para cada periodo hidrológico y las condiciones medias, así como de simulaciones en el tiempo, relacionados con escenarios de manejo pesquero y variabilidad ambiental. Estos modelos están representados mediante diagramas de flujo de energía de las redes tróficas, del índice de especies claves (EC), de la información de los atributos ecológicos y los resultados obtenidos de la simulación del comportamiento de los grupos funcionales bajo los escenarios planteados en el tiempo.

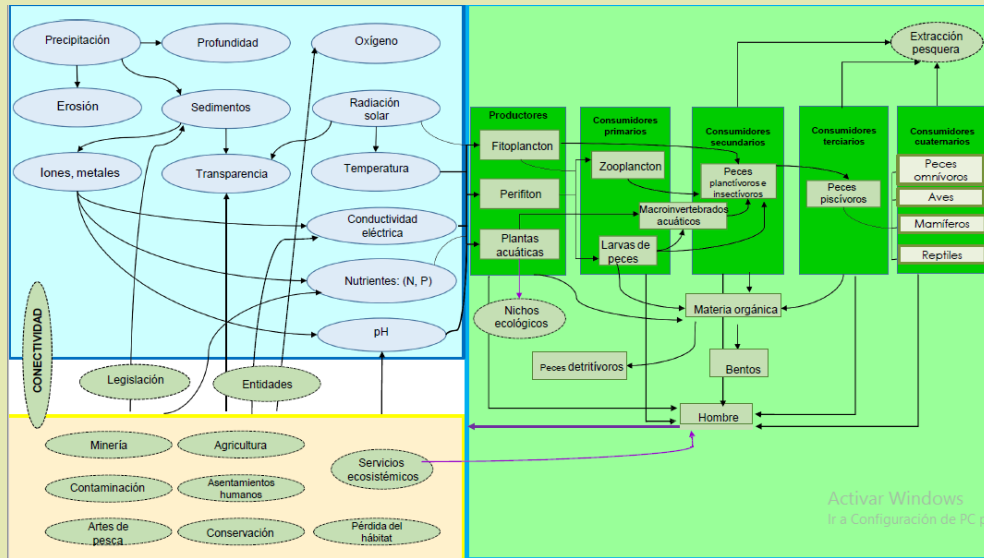


El complejo cenagoso de Ayapel es un sistema de lagunas sobre la llanura aluvial del río San Jorge y constituye la mayor reserva hidrobiológica de Córdoba, de la cual depende la subsistencia de sus pobladores. El espejo principal de agua está localizado en el noroccidente de Colombia, en el municipio de Ayapel ($8^{\circ} 18' 45''N$; $75^{\circ} 8' 5''W$), a 25 m.s.n.m. En el período de los niveles máximos de agua alcanza una profundidad promedio de hasta 8 m en las zonas profundas. El área aproximada es de 80 Km², con un ancho de 9 Km y un largo de 20 Km.

Metodología Ecopath

Recopilación de referencias bibliográficas

Búsqueda de información secundaria de estudios realizados en la ciénaga de Ayapel para las comunidades hidrobiológicas, a fin de construir modelos tróficos Ecopath para cada periodo hidrológico.



Elaboración de un mapa conceptual

Se construye teniendo en cuenta el funcionamiento del ecosistema. Esto incluye las condiciones ambientales, la calidad del agua, las comunidades hidrobiológicas y los aspectos antrópicos que afectan los flujos energéticos de las redes tróficas.



Objetivo de la modelación trófica

Se identifica la pregunta problema que deberá ser resuelta en los modelos Ecopath.

# GF	No peces (11)	# GF	Peces (45)	# GF	Peces (45)	# GF	Peces (45)
1	Fitoplancton	11	<i>Abramites eques</i>	27	<i>Dasylicaria filamentosa</i>	43	<i>Prochilodus magdalenae</i>
2	Perifiton	12	<i>Ageneiosus pardalis</i>	28	<i>Dasylicaria seminuda</i>	44	<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>
3	Macrófitas	13	<i>Anchoa cf. trinitatis</i>	29	<i>Eigenmannia virescens</i>	45	<i>Rhamdia quelen</i>
4	Zooplankton	14	<i>Andinoacara latifrons</i>	30	<i>Gasteropelecus maculatus</i>	46	<i>Roeboides dayi</i>
5	Invertebrados asociados a macrófitas	15	<i>Astyanax caucanus</i>	31	<i>Geophagus steindachneri</i>	47	<i>Saccordema hastata</i>
6	Insectos terrestres	16	<i>Astyanax fasciatus</i>	32	<i>Gilbertolus alatus</i>	48	<i>Salminus affinis</i>
7	Bentos	17	<i>Astyanax magdalenae</i>	33	<i>Hoplias malabaricus</i>	49	<i>Sorubim cuspidatus</i>
8	Reptiles	18	<i>Brycon moorei</i>	34	<i>Ichthyocephalus longirostris</i>	50	<i>Stemopygus aequilabatus</i>
9	Aves piscívoras	19	<i>Bunocephalus colombianus</i>	35	<i>Leporinus striatus</i>	51	<i>Trachelyopterus insignis</i>
10	Mamíferos	20	<i>Caquetaia kraussii</i>	36	<i>Megaleporinus muyscorum</i>	52	<i>Trichopodus pectoralis</i>
56	Detritos	21	<i>Centrochir crocodilli</i>	37	<i>Oreochromis spp.</i>	53	<i>Triportheus magdalenae</i>
		22	<i>Colossoma macropomum</i>	38	<i>Pimelodus yuma</i>		
		23	<i>Ctenolucius hujeta</i>	39	<i>Pimelodus grosskopfii</i>	54	Otros peces carnívoros (<i>Apteronotus mariae</i> , <i>Synbranchus marmoratus</i>)
		24	<i>Curimata mivartii</i>	40	<i>Flagioscion magdalenae</i>		
		25	<i>Cynopotamus magdalenae</i>	41	<i>Poecilia caucana</i>	55	Otros peces omnívoros (<i>Brachyhyopomus spp.</i> , <i>Hoplosternum magdalenae</i> , <i>Pimelodella chagresi</i>)
		26	<i>Cyphocharax magdalenae</i>	42	<i>Potamotrygon magdalenae</i>		

Creación de los grupos funcionales

Según el objetivo de la modelación trófica, se diseñan los grupos funcionales, los cuales se establecen a partir de características como el tipo de alimentación y de reproducción, así como del hábitat en el que viven; de los rasgos morfológicos adaptativos y de las interacciones que establecen con otros componentes biológicos del ecosistema.

$$B(i) * PB(i) * EE(i) - \sum j_i (B(j) * QB(j) * DC(ji)) - EX(i) = 0$$

Ecuación lineal del Ecopath

Es la ecuación que explica los flujos energéticos que experimenta cada grupo funcional a partir de las interacciones predador (j) – presa (i), en condiciones de equilibrio y determinada por la producción (PB), consumo (QB), dieta (DC) y desembarcos pesqueros (EX).



Datos de entrada para las matrices Ecopath

Biomasa

Desembarcos

Group name	Hab area (proportion)	Biomass in habitat area (t/km ²)	Production / biomass (/year)	Consumption / biomass (/year)	Ecotrophic Efficiency
1 Fitoplancton	1,000	2,244	250,0		
2 Perifiton	1,000	2,346	20,00		
3 Macrófitas	1,000	25,60	10,000		
4 Zooplancton	1,000	0,348	55,00	250,0	
5 Invert. asoc. a macrófit	1,000		10,40	40,00	0,700
6 Insectos terrestres	1,000		25,00	250,0	0,700
7 Bentos	1,000		10,40	40,00	0,900
8 Reptiles	1,000	0,100	0,250	0,800	
9 Aves piscívoras	1,000	0,0200	0,300	47,20	
10 Mamíferos	1,000	0,430	1,500	3,650	
11 A. eques	1,000		1,504	19,90	0,722
12 A. pardalis	1,000		0,879	17,60	0,789
13 A. trinitatis	1,000	0,243	1,543	21,50	
14 A. latifrons	1,000		1,983	14,50	0,887
15 A. caucanus	1,000		1,749	21,40	0,780
16 A. fasciatus	1,000	0,761	1,665	30,20	
17 A. magdalenae	1,000		1,665	30,20	0,959
18 B. moorei	1,000	0,153	0,865	9,000	
19 B. colombianus	1,000	0,129	1,866	25,30	
20 C. kraussii	1,000		0,973	9,100	0,842
21 C. crocodili	1,000	0,104	1,335	17,60	
22 C. macropomum	1,000		1,693	6,600	0,270
23 C. hujeta	1,000	0,294	1,293	14,40	
24 C. mivartii	1,000	0,0860	1,368	36,70	
25 Cyn. magdalenae	1,000		1,125	23,80	0,816
26 Cyph. magdalenae	1,000		1,227	32,90	0,956
27 D. filamentosa	1,000	0,0540	1,813	25,10	
28 D. seminuda	1,000	0,180	1,265	17,40	
29 E. virescens	1,000	0,621	1,192	15,10	
30 G. maculatus	1,000	0,294	1,497	33,90	
31 G. steindachneri	1,000	0,514	1,088	11,50	

Diets

Prey \ predator	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 Fitoplancton	0,200	0,310	0,270		0,120				0,300	0,130	0,120	0,150	0,100	
2 Perifiton	0,100	0,01000	0,0110		0,100									
3 Macrófitas	0,01000	0,200	0,120	0,0600	0,0900	0,420	0,250			0,150	0,0500	0,100	0,120	
4 Zooplancton	0,01000	0,0101	0,00910							0,01000	0,0500	0,0500	0,0500	
5 Invert. asoc. a macrófitas		0,01000	0,100		0,160		0,150	0,260	0,100	0,0800	0,120	0,150	0,140	
6 Insectos terrestres			0,0200		0,0800		0,100	0,320		0,160	0,260	0,250	0,190	
7 Bentos		0,200		0,01000	0,100	0,0400	0,250		0,590	0,200	0,150	0,160	0,140	
8 Reptiles					0,01000									
9 Aves piscívoras						0,00100								
10 Mamíferos					0,01000									
11 A. eques					0,0500	0,0400	0,00900	0,0200						
12 A. pardalis														
13 A. trinitatis														
14 A. latifrons														
15 A. caucanus														
16 A. fasciatus														
17 A. magdalenae														
18 B. moorei														
19 B. colombianus														
20 C. kraussii														
21 C. crocodili														
22 C. macropomum														
23 C. hujeta														
24 C. mivartii														
25 Cyn. magdalenae														
26 Cyph. magdalenae														
27 D. filamentosa														
28 D. seminuda														
29 E. virescens														
30 G. maculatus														
31 G. steindachneri														
32 G. alatus														

Se requieren datos de las biomazas por periodo hidrológico, del cociente de la producción/biomasa (P/B), del consumo/biomasa (Q/B) y de la eficiencia ecotrófica (EE) para cada grupo funcional. Se ajusta la proporción de presas en las dietas de los depredadores y las capturas en cada arte de pesca por mes.

Identificación de los vacíos de información

Bajo los criterios del modelador, se debe llenar la falta de la información de algunos grupos funcionales, ya sea de otros estudios de modelación o de especies similares.

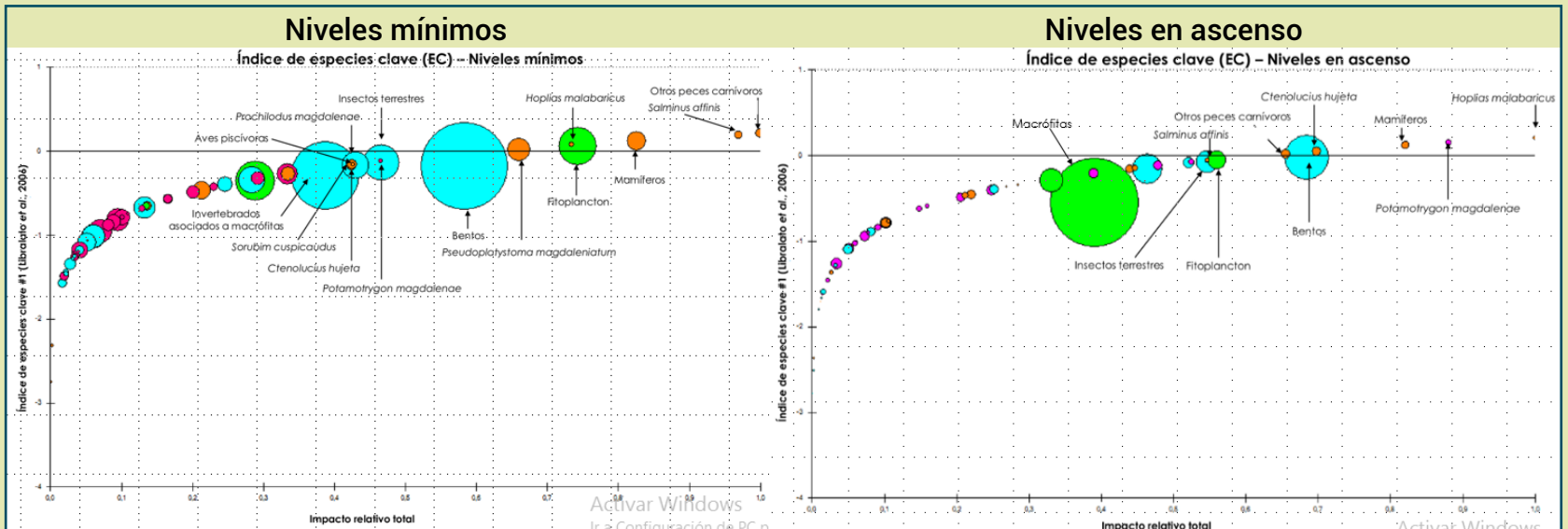
Group name	Trophic level	Hab area (proportion)	Biomass in habitat area (t/km ²)	Biomass (t/km ²)	Production / biomass (/year)	Consumption / biomass (/year)	Ecotrophic Efficiency	Production / consumption (/year)
1 Fitoplancton	1,000	1,000	2,244	2,244	250,0		0,736	
2 Perifiton	1,000	1,000	2,346	2,346	20,00		0,616	
3 Macrófitas	1,000	1,000	25,60	25,60	10,000		0,934	
4 Zooplancton	2,008	1,000	0,348	0,348	55,00	250,0	0,972	0,220
5 Invert. asoc. a macrófit	2,263	1,000	13,829	13,829	10,40	40,00	0,700	0,260
6 Insectos terrestres	2,219	1,000	2,621	2,621	25,00	250,0	0,700	0,100
7 Bentos	2,019	1,000	18,009	18,009	10,40	40,00	0,900	0,260
8 Reptiles	3,449	1,000	0,100	0,100	0,250	0,800	0,032	0,313
9 Aves piscívoras	3,164	1,000	0,0200	0,0200	0,300	47,20	0,262	0,006
10 Mamíferos	2,918	1,000	0,430	0,430	1,500	3,650	0,136	0,411
11 A. eques	2,566	1,000	0,302	0,302	1,504	19,90	0,722	0,076
12 A. pardalis	3,395	1,000	0,035	0,035	0,879	17,60	0,789	0,050
13 A. trinitatis	2,738	1,000	0,243	0,243	1,543	21,50	0,629	0,072
14 A. latifrons	2,622	1,000	0,447	0,447	1,983	14,50	0,887	0,137
15 A. caucanus	2,672	1,000	0,611	0,611	1,749	21,40	0,780	0,082
16 A. fasciatus	2,707	1,000	0,761	0,761	1,665	30,20	0,757	0,055
17 A. magdalenae	2,601	1,000	0,098	0,098	1,665	30,20	0,959	0,055
18 B. moorei	2,659	1,000	0,153	0,153	0,865	9,000	0,795	0,096
19 B. colombianus	2,274	1,000	0,129	0,129	1,866	25,30	0,222	0,074
20 C. kraussii	2,708	1,000	0,467	0,467	0,973	9,100	0,842	0,107
21 C. crocodili	2,609	1,000	0,104	0,104	1,335	17,60	0,878	0,076
22 C. macropomum	2,661	1,000	0,127	0,127	1,693	6,600	0,270	0,257
23 C. hujeta	3,286	1,000	0,294	0,294	1,293	14,40	0,111	0,090
24 C. mivartii	2,350	1,000	0,0860	0,0860	1,368	36,70	0,494	0,037
25 Cyn. magdalenae	3,179	1,000	0,158	0,158	1,125	23,80	0,816	0,047
26 Cyph. magdalenae	2,194	1,000	0,465	0,465	1,227	32,90	0,956	0,037
27 D. filamentosa	2,102	1,000	0,0540	0,0540	1,813	25,10	0,131	0,072
28 D. seminuda	2,102	1,000	0,180	0,180	1,265	17,40	0,235	0,073
29 E. virescens	2,865	1,000	0,621	0,621	1,192	15,10	0,628	0,079
30 G. maculatus	3,176	1,000	0,294	0,294	1,497	33,90	0,184	0,044
31 G. steindachneri	2,587	1,000	0,514	0,514	1,088	11,50	0,213	0,095

Calibración y validación de los modelos

La información ingresada a las matrices se calibra y valida a partir de las variables de salida, como la eficiencia ecotrófica (EE), la relación entre la producción y el consumo (P/Q), o el ajuste de las matrices de dietas. Los valores del pedigrí indican el criterio de aceptación de los modelos generados para los periodos hidrológicos y las condiciones medias.

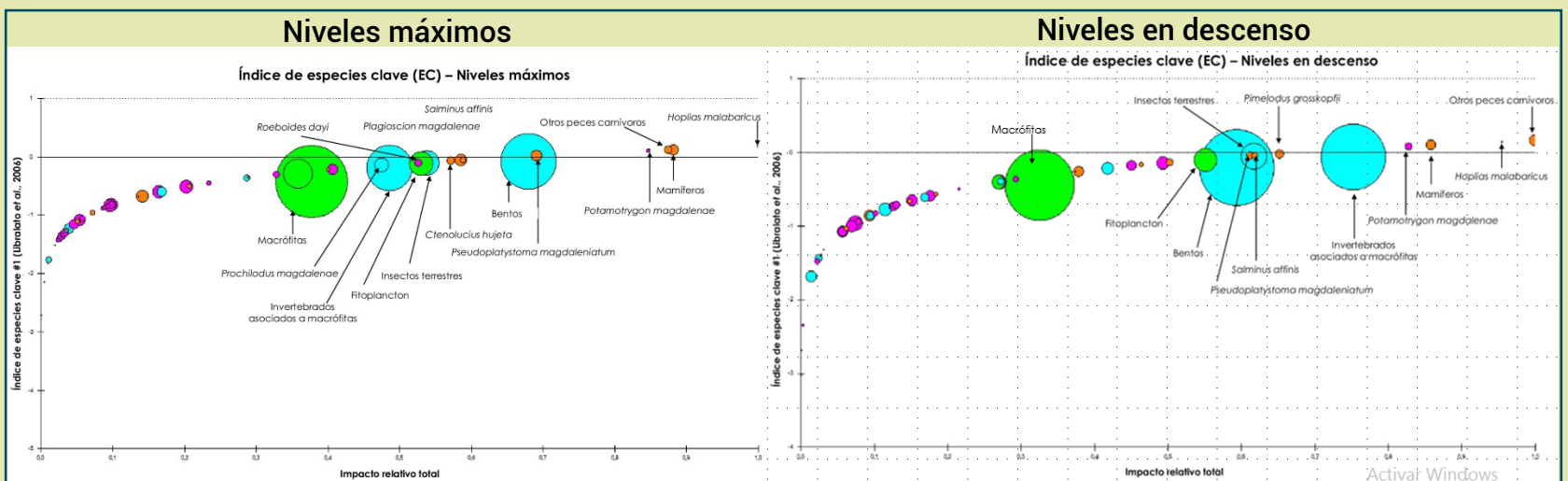
Resultados Ecopath

Índices de especies claves (EC)



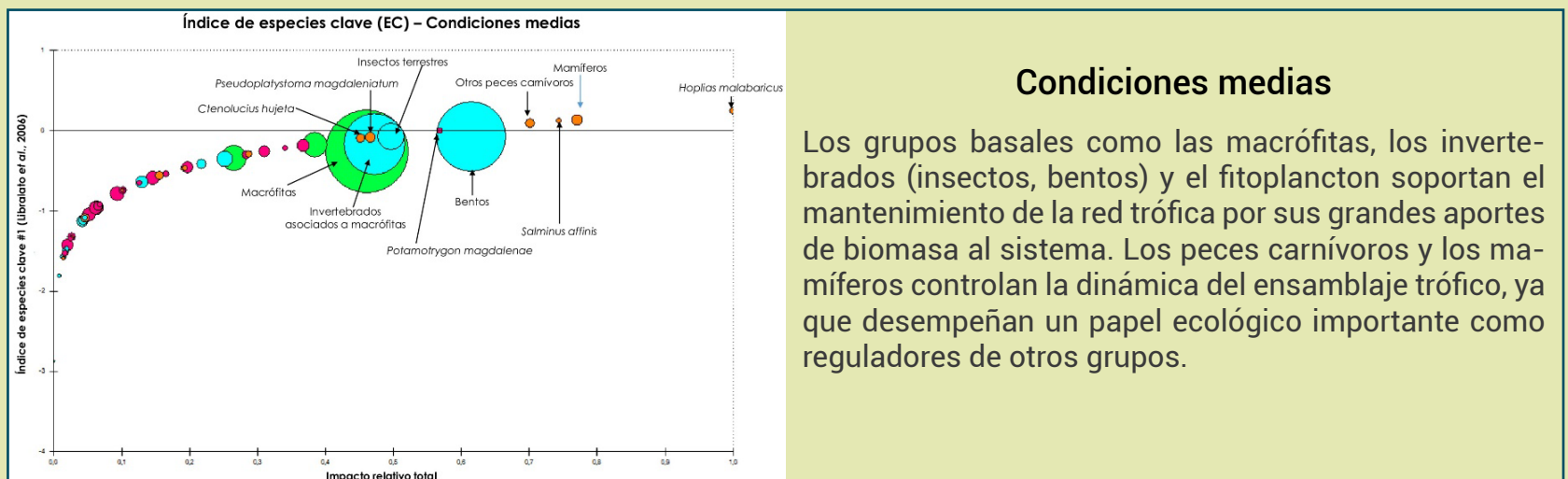
Los peces carnívoros como el rubio (*Salminus affinis*), el moncholo (*Hoplias malabaricus*), el bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) y los mamíferos, controlan las poblaciones de los grupos funcionales que se encuentran en los niveles tróficos inferiores. El fitoplancton y los grupos invertebrados son la principal fuente de alimento disponible en el estiaje.

Las macrófitas son los principales componentes biológicos que permiten el ensamblaje trófico del ecosistema en este periodo hidrológico, brindando alimento y protección a otros organismos. La riqueza de los grupos funcionales que mantienen la red trófica disminuye, ya que hay una mayor plasticidad trófica, aprovechando la abundancia de fuentes de alimentos disponibles.



La alta conectividad del sistema ocasiona que un mayor número de grupos funcionales clave mantengan el funcionamiento del ensamblaje trófico. Los peces predadores de la cima de la red trófica ejercen un control de tipo top – down. Gran parte de la biomasa de las macrófitas no es aprovechada dentro de los flujos energéticos, por la cual fluye a los detritos.

Debido a la pérdida de conectividad del sistema con el espejo de agua principal, las macrófitas mueren devolviendo gran parte de los nutrientes asimilados al ecosistema en sus formas inorgánicas. Gran parte de la biomasa de las macrófitas no es aprovechada dentro de los flujos energéticos, por la cual fluye a los detritos.

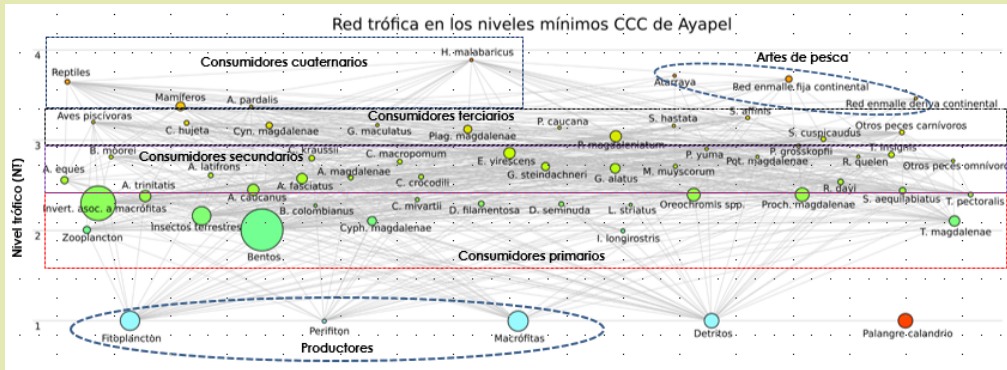


Condiciones medias

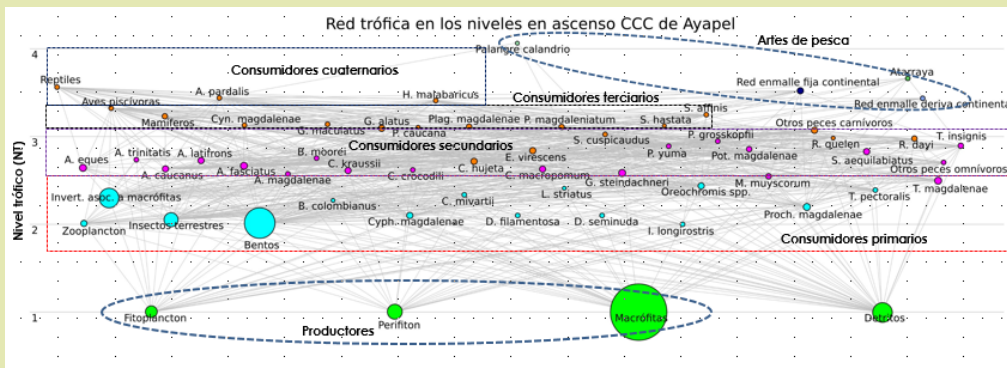
Los grupos basales como las macrófitas, los invertebrados (insectos, bentos) y el fitoplancton soportan el mantenimiento de la red trófica por sus grandes aportes de biomasa al sistema. Los peces carnívoros y los mamíferos controlan la dinámica del ensamblaje trófico, ya que desempeñan un papel ecológico importante como reguladores de otros grupos.

Resultados Ecopath

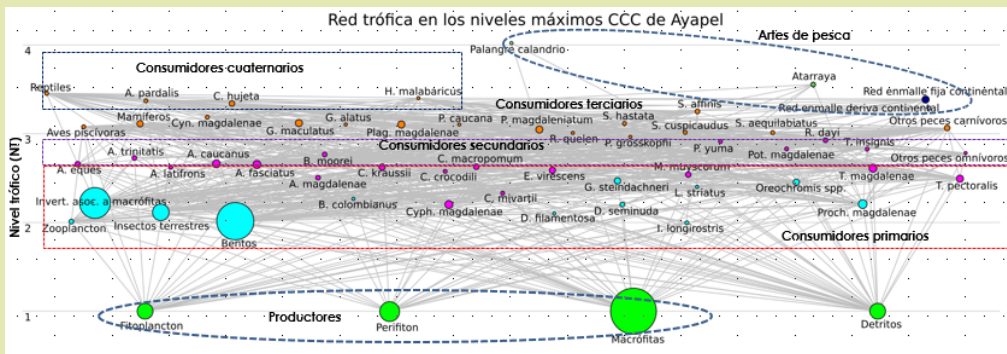
Redes tróficas



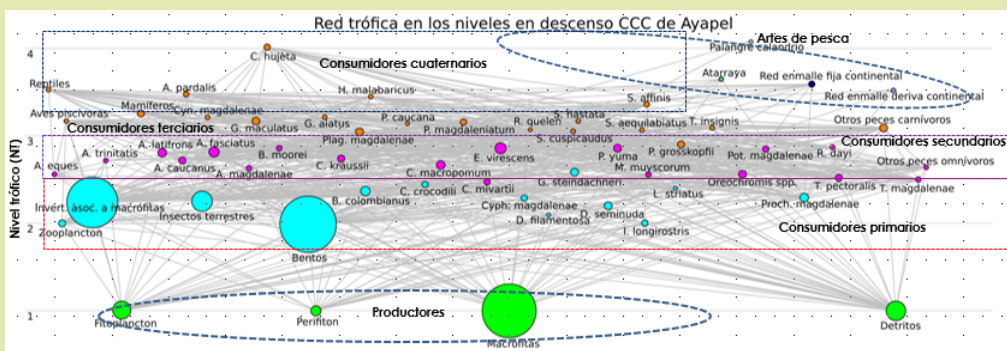
Los grupos funcionales modelados se encuentran distribuidos en un gradiente vertical, donde en la parte inferior se encuentran los productores y en cima de la red trófica los máximos depredadores. Todos los grupos funcionales se encuentran conectados a través de flujos de energía, por medio de la interacción depredador – presa.



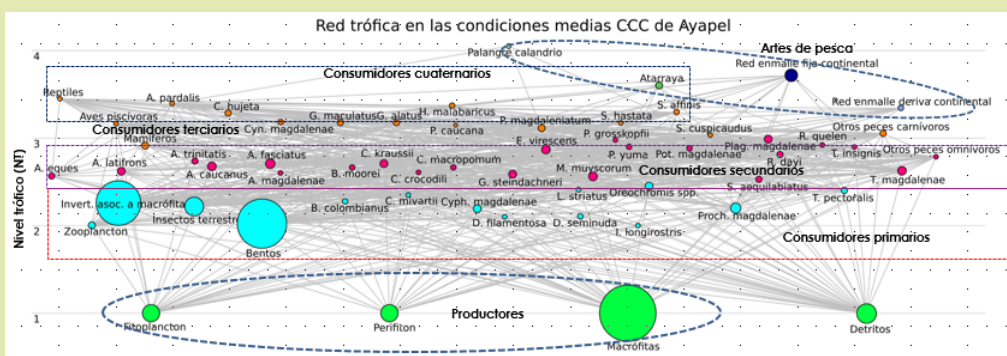
Aunque la biomasa de las macrofitas es alta en niveles máximos en la ciénaga de Ayapel, aumentando la conectividad biológica del ecosistema, en los niveles mínimos su aporte de biomasa es bajo. Los nutrientes generados de su descomposición son aprovechados rápidamente por otros productores como el fitoplancton, reciclando elementos como el nitrógeno y el fósforo, evitando la eutrofización de las aguas.



La alta plasticidad trófica que presenta el ecosistema indica que los grupos funcionales pueden aprovechar cualquier recurso de alimento en función de los periodos hidrológicos. Esto permite mantener la alta diversidad de grupos modelados en la ciénaga, ya que la sobreposición de nicho es baja, evitando la competencia por un mismo recurso entre varios grupos funcionales.



Los artes de pesca modelados, como la atarraya y las redes de enmalle, tienen un mayor efecto en el estiaje. Esto se debe a que la extracción es mayor, debido a la pérdida de conectividad del ecosistema, incrementando las capturas de varios grupos de peces, cuya biomasa y energía no es aprovechada dentro de las redes tróficas.



Varios grupos funcionales desempeñan funciones ecológicas similares, por lo cual la capacidad de mantener la estructura del ensamblaje trófico es alta. Si algún grupo funcional llegase a desaparecer por un evento, hay otro que lo puede reemplazar realizando la misma función, ya sea como depredador o como una potencial presa.

Metodología Ecosim

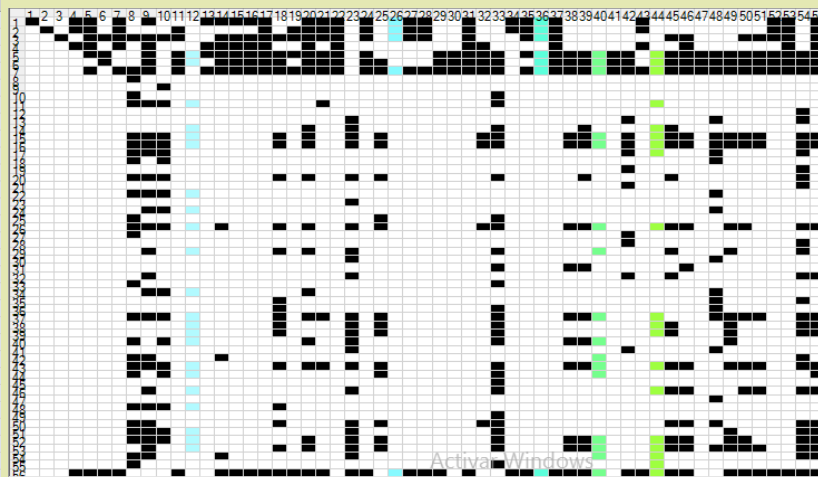
Recopilación de información para Ecosim

A partir de la matriz de salida del modelo Ecopath, de condiciones medias, se construyen los escenarios en Ecosim, junto con la matriz de vulnerabilidad.

Salida Ecopath – condiciones medias

Group name	Trophic level	Hab area (proportion)	Biomass in habitat area (t/km ²)	Biomass (t/km ²)	Production / biomass (year)	Consumption / biomass (year)	Ecotrophic Efficiency	Production / consumption (year)
1 Fitoplancton	1.000	1.000	2.244	2.244	250.0		0.736	
2 Perifiton	1.000	1.000	2.346	2.346	20.00		0.616	
3 Macrófitas	1.000	1.000	25.60	25.60	10.000		0.934	
4 Zooplancton	2.008	1.000	0.348	0.348	55.00	250.0	0.972	0.220
5 Invert. asoc. a macrófit	2.263	1.000	13.829	13.829	10.40	40.00	0.700	0.260
6 Insectos terrestres	2.219	1.000	2.621	2.621	25.00	250.0	0.700	0.100
7 Bentos	2.019	1.000	18.009	18.009	10.40	40.00	0.900	0.260
8 Reptiles	3.449	1.000	0.100	0.100	0.250	0.800	0.032	0.313
9 Aves piscívoras	3.164	1.000	0.0200	0.0200	0.300	47.20	0.262	0.006
10 Mamíferos	2.918	1.000	0.430	0.430	1.500	3.650	0.136	0.411
11 A. eques	2.566	1.000	0.302	0.302	1.504	19.90	0.722	0.076
12 A. pardalis	3.395	1.000	0.035	0.035	0.879	17.60	0.789	0.050
13 A. trinitatis	2.738	1.000	0.243	0.243	1.543	21.50	0.629	0.072
14 A. latifrons	2.622	1.000	0.447	0.447	1.983	14.50	0.887	0.137
15 A. caucanus	2.672	1.000	0.611	0.611	1.749	21.40	0.780	0.082
16 A. fasciatus	2.707	1.000	0.761	0.761	1.665	30.20	0.757	0.055
17 A. magdalenae	2.801	1.000	0.098	0.098	1.665	30.20	0.959	0.055
18 B. moorei	2.659	1.000	0.153	0.153	0.865	9.000	0.795	0.096
19 B. colombianus	2.274	1.000	0.129	0.129	1.866	25.30	0.222	0.074
20 C. kraussii	2.708	1.000	0.467	0.467	0.973	9.100	0.842	0.107
21 C. crocodilii	2.609	1.000	0.104	0.104	1.335	17.60	0.878	0.076
22 C. macropomum	2.661	1.000	0.127	0.127	1.693	6.600	0.270	0.257
23 C. hujeta	3.286	1.000	0.294	0.294	1.293	14.40	0.111	0.090
24 C. mivartii	2.350	1.000	0.0860	0.0860	1.368	36.70	0.494	0.037
25 Cyn. magdalenae	3.179	1.000	0.158	0.158	1.125	23.80	0.816	0.047
26 Cyph. magdalenae	2.194	1.000	0.465	0.465	1.227	32.90	0.956	0.037
27 D. filamentosa	2.102	1.000	0.0540	0.0540	1.813	25.10	0.131	0.072
28 D. seminuda	2.102	1.000	0.180	0.180	1.265	17.40	0.235	0.073
29 E. virescens	2.865	1.000	0.621	0.621	1.192	15.10	0.628	0.079
30 G. maculatus	3.176	1.000	0.294	0.294	1.497	33.90	0.184	0.044
31 G. steindachneri	2.587	1.000	0.514	0.514	1.088	11.50	0.213	0.095

Matriz de vulnerabilidad



Preparación de las series de tiempo Ecosim

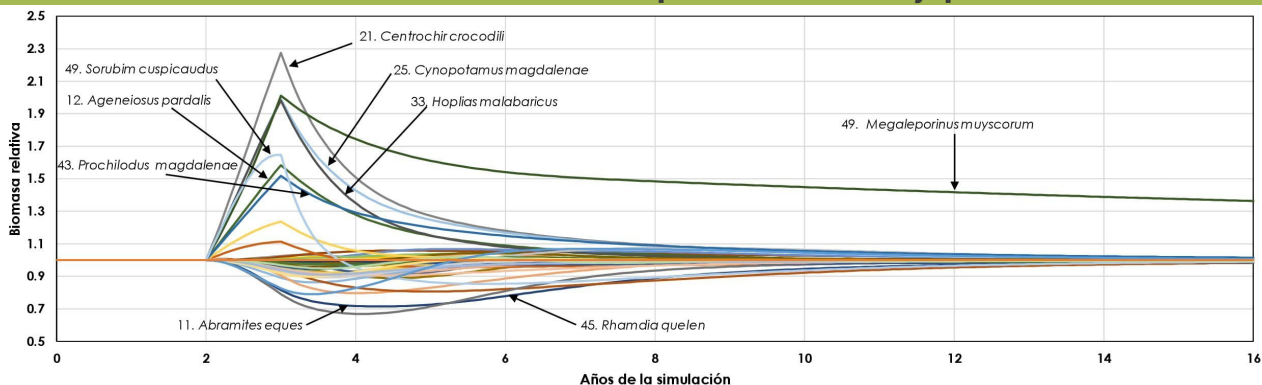
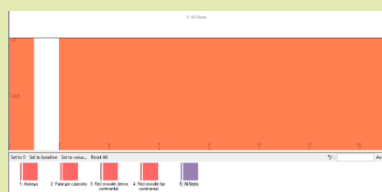
Para estimar el comportamiento de las biomazas de los grupos funcionales de forma dinámica, se requiere de series de tiempo de variables que generen cambios en la dinámica de los grupos. Estas series están relacionadas con la extracción pesquera en la ciénaga (realizada del 2013 al 2019) y con variables forzantes fisicoquímicas (N, P, O2 disuelto, sedimentos).

Index	1	2	3	4	5	6	7
Name	Ageneiosus pardalis	Caquetaia kraussii	Cynopotamus magdalenae	Hoplias malabaricus	Megaleporinus muyscorum	Plagioscion magdalenae	Prochilodus magdalenae
Weight	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Target	12: Ageneiosus pardalis	20: Caquetaia kraussii	25: Cynopotamus magdalenae	33: Hoplias malabaricus	36: Megaleporinus muyscorum	40: Plagioscion magdalenae	43: Prochilodus magdalenae
2nd target							
Type	Relative biomass (reference) (0)	Relative biomass (reference) (0)	Relative biomass (reference) (0)	Relative biomass (reference) (0)	Relative biomass (reference) (0)	Relative biomass (reference) (0)	Relative biomass (reference) (0)
Interval	Timestep	Timestep	Timestep	Timestep	Timestep	Timestep	Timestep
1							
febrero	0.0224	0.00793	0.00949	0.0122	0.00754	0.0172	0.0738
marzo							
abril	0.0193	0.00708	0.00163	0.0157	0.00908	0.0483	0.0421
mayo	0.0376	0.00932	0.000288	0.0200	0.0163	0.0346	0.0379
junio	0.0226	0.00806	0.00173	0.0244	0.0154	0.0393	0.0411
julio	0.0184	0.00964	0.000817	0.0201	0.0176	0.0351	0.0511
agosto	0.0170	0.0106	0.00132	0.0129	0.0223	0.0159	0.0380
septiembre	0.0214	0.00819	0.00158	0.0110	0.0235	0.0133	0.0324
octubre	0.0104	0.0105	0.00542	0.0158	0.0171	0.0175	0.0351
noviembre	0.00759	0.00973	0.0109	0.0190	0.0120	0.0107	0.0539
diciembre	0.00856	0.00987	0.0114	0.0137	0.0145	0.0142	0.0884
2	0.00611	0.00733	0.0381	0.00367	0.000489	0.0181	0.317
febrero	0.0132	0.00846	0.0217	0.0295	0.0362	0.0293	0.182
marzo	0.0127	0.0171	0.0204	0.0657	0.0311	0.0459	0.118
abril	0.0263	0.0339	0.0268	0.0907	0.0446	0.0633	0.141
mayo	0.0239	0.0322	0.0226	0.102	0.0408	0.0903	0.141
junio	0.0163	0.0345	0.0268	0.119	0.0342	0.103	0.146

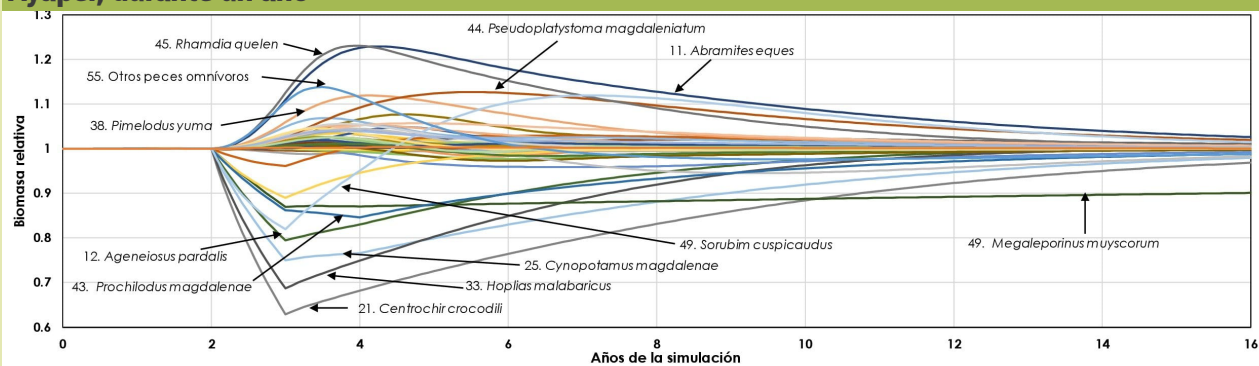
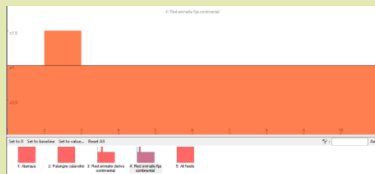
Construcción de los escenarios de simulación ECOSIM

En los escenarios de manejo pesquero se evalúa el efecto que tienen las artes de pesca (atarraya, redes de enmalle, palangre, calandrio) sobre los grupos funcionales y el impacto que puede generar sobre la red trófica.

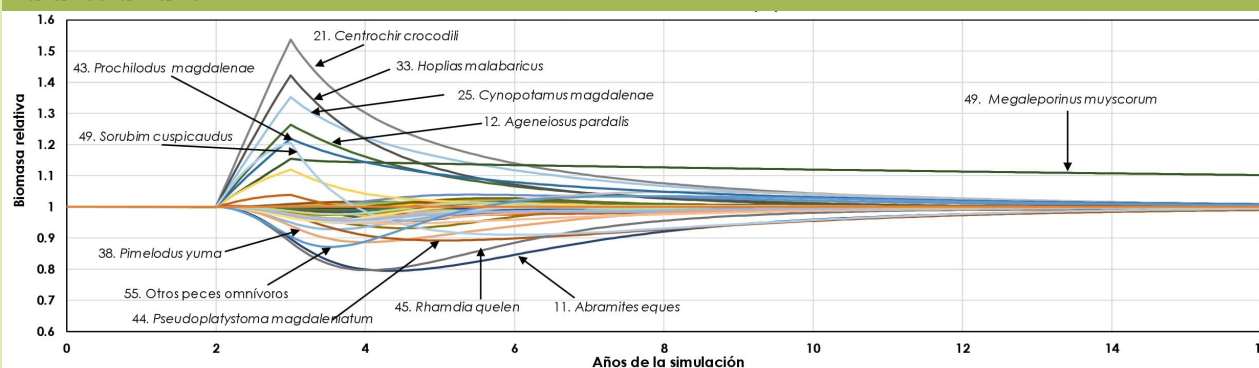
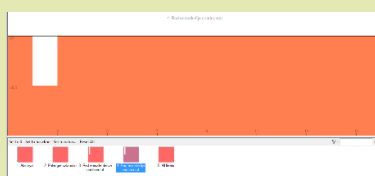
Escenarios en los cuales se eliminan los artes de pesca en el CC de Ayapel durante un año



Escenarios en los cuales aumenta la actividad con redes de enmalle en el CC de Ayapel, durante un año

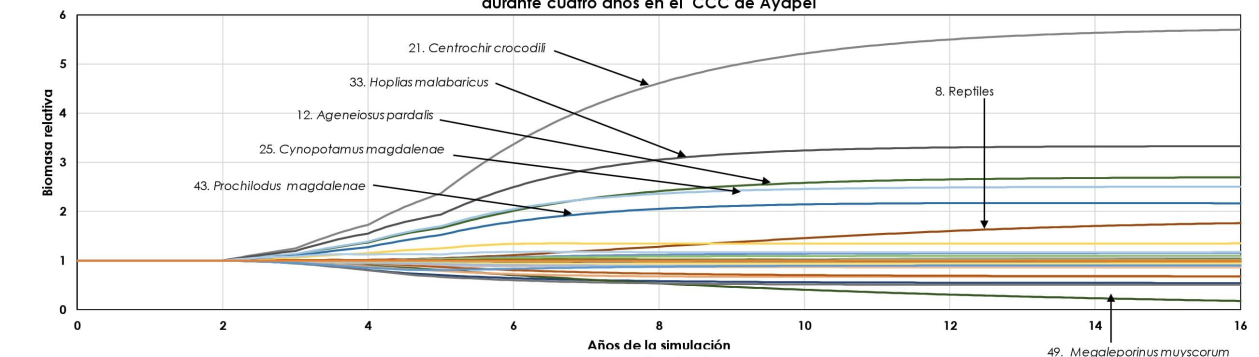
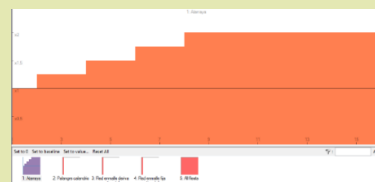


Escenarios en los cuales disminuye la actividad con redes de enmalle en el CC de Ayapel, durante un año



Aumenta progresivamente el uso de la atarraya y se eliminan los demás artes de pesca

Escenario 4. Aumento progresivo de la actividad pesquera con atarraya y disminución progresiva con las redes de enmalle durante cuatro años en el CCC de Ayapel

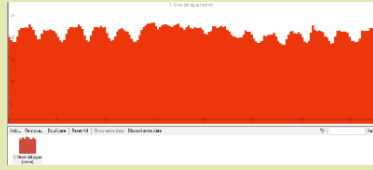
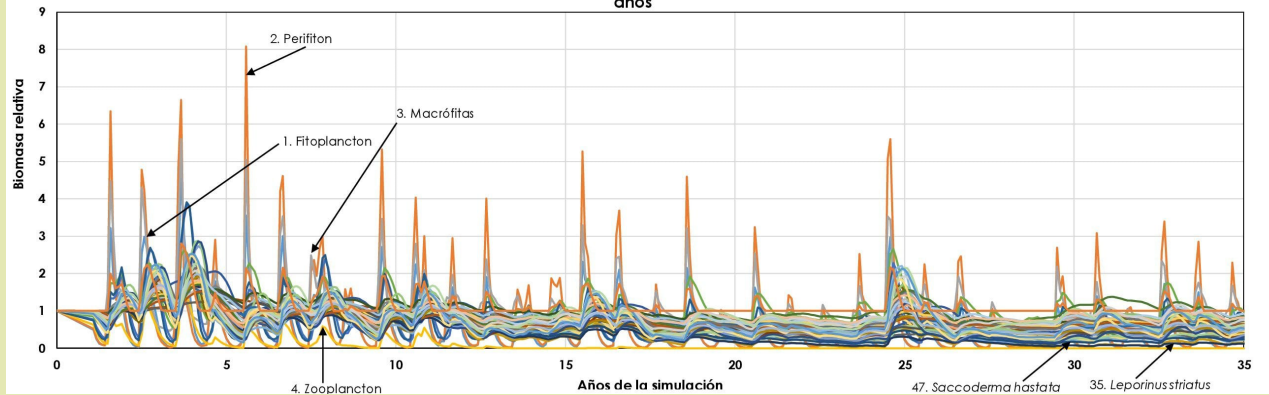


De los escenarios de uso de las artes de pesca, se encontró que algunos grupos funcionales que son depredadores de importancia pesquera como el moncholo (*Hoplias malabaricus*), la doncella (*Ageneiosus pardalis*), el blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) y el chango (*Cynopotamus magdalenae*), presentan un incremento gradual en sus biomazas, cuando se disminuye el uso de las redes de enmalle, las cuales son efectivas para capturar estas especies. Esto ocasiona que sus presas disminuyan moderadamente, y, finalizado el tiempo de la simulación, los grupos se estabilizan a sus biomazas iniciales por la capacidad de carga que el ecosistema logra soportar.

El tiempo del evento de los usos de las artes de pesca y la intensidad de la actividad pesquera influye en la dinámica de los grupos funcionales. Cuanto mayor sea la intensidad y el tiempo del evento, mayor será el impacto ocasionado sobre las biomazas de los grupos.

Escenario con niveles históricos medios de agua

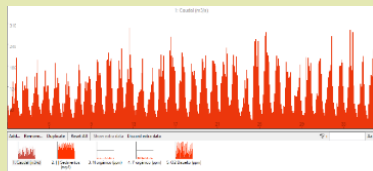
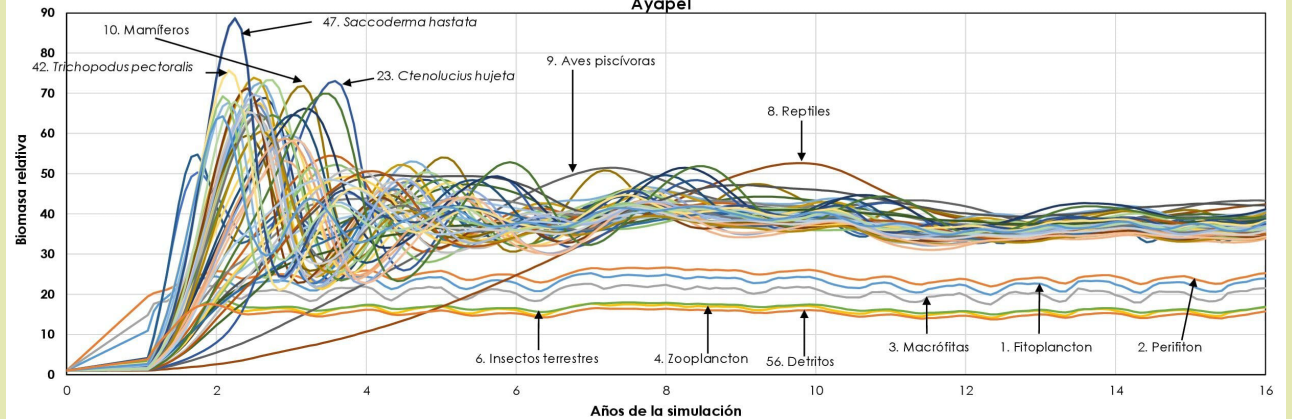
Escenario 2. Variables forzantes (sedimentos, N, P, O₂ disuuelto) sobre los grupos funcionales en el CCC de Ayapel durante 35 años



En el escenario del nivel agua hay una respuesta lenta en los grupos funcionales que tienen ciclos de vida largos (reptiles, aves piscívoras, peces). Su aumento de biomasa es favorecido por la abundancia de presas en el ecosistema. Por otro lado, hay una respuesta rápida en grupos funcionales con ciclos de vida cortos que les permite aprovechar de forma eficiente la oferta de recursos. Un evento de máximo nivel del agua de dos años ocasiona un aumento en las biomásas porque hay una mayor disponibilidad de nichos ecológicos que pueden ser colonizados; así como de alimento, en especial para los organismos pequeños.

Escenario con efecto de las variables de nutrientes y sedimentos

Escenario 1. Variaciones en el nivel del agua como forzante en los grupos funcionales durante un año en el CCC de Ayapel



Las forzantes ambientales, como los nutrientes, presentan una variación en función a los periodos hidrológicos, con picos altos, seguidos de descensos pronunciados. Este mismo patrón se observa fuertemente en los productores, los más favorecidos en estas condiciones. La variabilidad en los nutrientes genera un efecto en cascada, ya que los consumidores primarios aumentan sus biomásas en función del alimento disponible, y así sucesivamente, hasta alcanzar la capacidad de carga del ecosistema, cuando los grupos funcionales vuelven a estabilizarse.

Conclusiones

- Ecopath permite ver las relaciones tróficas que se llevan a cabo entre los componentes bióticos de un sistema hídrico en un momento determinado, permitiendo identificar las especies que son más sensibles a los cambios en las condiciones ambientales, por su tipo de alimentación o por su aporte con un alto valor energético a la red trófica, para su mantenimiento.
- Identifica los vacíos de información para la construcción de los modelos tróficos y la formulación posterior de estudios sobre las comunidades hidrobiológicas, encaminados a llenar vacíos de información.
- Ecosim crea escenarios de simulación del comportamiento del ensamblaje trófico en el tiempo, evaluando el efecto de la pesca en las poblaciones de los peces de interés comercial y su impacto en los demás grupos funcionales, así como el comportamiento de los organismos ante la variabilidad ambiental, entre otros.

Agradecimientos

Proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive; componente 2: Salud y Gestión de los Ecosistemas; Programa de Modelamiento Ecohidrológico (PMEH); Instituto Javeriano del Agua; Proyecto EPM; profesor Luis Orlando Duarte.