

Controversias sobre el estado de los ecosistemas en las Ciencias Naturales



María Eva Góngora

Es doctora en Biología por la Universidad Nacional del Comahue, master en Filosofía por la Universidad Nacional de Quilmes y licenciada en Ciencias Biológicas por la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Docente de grado en la Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud, sede Trelew, de la UNPSJB. Ha publicado artículos científicos en revistas nacionales e internacionales, capítulos de libros en obras colectivas y ha sido coautora en el libro “La Pesca Artesanal en Argentina. Caminando las costas del país”. Su línea de investigación en el ámbito de la biología son las pesquerías y en ese marco realizó la tesis de maestría analizando las controversias entre las ciencias pesqueras y las ciencias de la conservación.

Resumen

En la década del 2000 se confrontaron dos visiones sobre el estado de los mares y los océanos provenientes de la Biología de la Conservación (BC) y de las Ciencias Pesqueras (CP). En la BC el objetivo de las investigaciones es minimizar la chance de que una población decline su número de individuos hasta llegar a la extinción. En las CP el objetivo es explotar (o cosechar) una población a niveles productivos y sustentables. Ambos campos (conservación y explotación) tienen en común la regulación del tamaño poblacional, lo cual indica que se enmarcan en una teoría ecológica poblacional. Sin embargo, trabajan aislada y autónomamente desarrollando construcciones teóricas y modelos independientes un campo del otro.

Ahora bien, la pregunta central que aquí nos hacemos es ¿cuán cierto es que los modelos de conservación y los de cosecha se encuentren bajo el mismo dominio teórico? Si se encuentran dentro de la misma teoría, ¿cuál es el vínculo que hay entre ellos? y ¿por qué hay controversia?

El objetivo de este trabajo es analizar las controversias entre los biólogos de la conservación y los científicos pesqueros, en relación con el estado actual de los ecosistemas marinos. Lo hacemos a la luz del instrumental provisto por el Estructuralismo Meta-teórico, debido a que, en la actualidad, es el que más atención ha puesto a la reconstrucción de modelos y teorías científicas.

La tesis parte de reconstruir la Teoría de la Dinámica Poblacional formulada por Martín Díaz y Pablo Lorenzano. Los modelos más simples utilizados en la BC se subsumen en esta teoría, pero ello no es tan claro en los tres modelos pesqueros.

Introducción

A partir de la Segunda Guerra Mundial y desde principios de la década de 1970 la gestión de las pesquerías fue centro de atención por la adopción de una serie de instrumentos que reflejaban —de acuerdo a Enrique López Veiga— la creciente preocupación de la sociedad por la insostenibilidad del uso de los ecosistemas y los medios de vida relacionados.¹

Desde los inicios los objetivos de la gestión pesquera se centraron en maximizar los rendimientos sostenibles de las especies. En la década de 1950 la dinámica de poblaciones desarrolló modelos cuantitativos, que fueron usados como base para regular las tasas de mortalidad por pesca. Se elaboraron entonces los primeros indicadores que dieron paso al desarrollo de las ciencias pesqueras con el fin de lograr una explotación sustentable de las poblaciones capturadas.²

No obstante, la controversia sobre el estado de las pesquerías es casi inherente a la actividad y data de muchos años atrás, cuando Thomas Huxley remarcaba la naturaleza inagotable de las pesquerías marinas. En épocas más recientes, en el año 2003 y posteriormente en 2006, se publicaron dos trabajos sobre el estado de los recursos pesqueros a nivel mundial que puso sobre la mesa la controversia entre los grupos de investigación dedicados a la conservación y los científicos pesqueros.³

Boris Worm *et al.* evaluaron el estatus, tendencias y soluciones para las pesquerías marinas y señalaron que los

ecosistemas marinos están sujetos a un rango de tasas de explotación que provocan un mosaico de ecosistemas estables, en declive, colapsados y en recuperación preocupante.⁴ La respuesta a estas publicaciones fue liderada por Ray Hilborn, quien señaló que, como en muchos temas de políticas públicas, hay interpretaciones alternativas al conjunto de bases de datos que no suelen ser consideradas en la literatura ecológica.⁵ Hilborn discute los métodos de las estimaciones de las capturas utilizadas en Worm *et al.*, puesto que son inconsistentes con datos de FAO.

A raíz de esta controversia el *Nacional Center for Ecological Analysis and Synthesis* (NCEAS) de Santa Bárbara apoyó la formación de un grupo de trabajo dedicado a buscar áreas de coincidencias y disidencias, y a desarrollar enfoques que incorporen las herramientas, objetivos y criterios de las distintas escuelas. El grupo denominado "*Finding common ground in marine conservation and management*" estuvo liderado por Hilborn (University of Washington) y Worm (Dalhousie University), y por científicos y científicas de ambas escuelas. El resultado fue un artículo conjunto que revisó el estado de las pesquerías y los problemas, pero no revisó las dos visiones ni las discutió, siendo cauteloso en las conclusiones.⁶ El artículo subrayó la importancia de una nueva cooperación entre biólogos de la conservación y científicos pesqueros, lo cual redundaría en la mejora del manejo de los ecosistemas; pero no profundizó en el análisis de la controversia.

En BC el objetivo de las investigaciones es minimizar la chance de que una población decline su número de individuos hasta llegar a la extinción. Las CP, por su parte,

¹ E. C. López Viega, *Manual de política pesquera*. Tomo II, Xunta de Galicia, 2000.

² FAO, *La ordenación pesquera. FAO ordenaciones técnicas para la pesca responsable*. No. 4, Roma, FAO, 1999.

³ R.A. Myers y B. Worm, Rapid worldwide depletion of predatory fish communities, *Nature*, 423(6937), 2003, pp. 280-283; B. Worm, E.B. Barbier, N. Beaumont, J.E. Duffy, C. Folke, B.S. Halpern y E. Sala, Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services, *Science*, 314(5800), 2006, pp. 787-790.

⁴ *Idem*, 2006.

⁵ R. Hilborn, Defining success in fisheries and conflicts in objectives, *Marine Policy*, 31(2), 2007, pp. 153-158.

⁶ B. Worm, R. Hilborn, J.K. Baum, T.A. Branch, J.S. Collie, C. Costello, O.P. Jensen, (*et al.*), Rebuilding Global Fisheries, *Science*, 325(5940), pp. 578-585, 2009.

tienen como objetivo explotar o cosechar una población a niveles productivos y sustentables. Ambos campos — conservación y cosecha — tienen en común la regulación del tamaño poblacional, lo cual parece indicar que utilizan el mismo enfoque teórico. Sin embargo, trabajan aislada y autónomamente, desarrollando construcciones teóricas y modelos científicos independientes un campo del otro (principalmente, las CP tienen una fuerte impronta cuantitativa).⁷

La controversia sobre la situación de los ecosistemas marinos y las pesquerías se ubicaría bajo el dominio de las teorías de la Ecología, en la rama de la Ecología de Poblaciones y, dentro de ella, en la dinámica de poblaciones. Esta teoría intenta responder cómo se modifica el número o tamaño de una población en el tiempo a partir de determinadas características de las especies y de factores internos y externos a la población.⁸ La BC utiliza los modelos de la dinámica poblacional, tal cual son recogidos por los manuales canónicos del área como el de Charles Krebs⁹ y Mark Burgman *et al.*¹⁰ Las CP, por su parte, se han basado en enfoques de especies individuales, pero desarrollan modelos específicos para la regulación de las poblaciones explotadas. La primera pregunta que surge es: ¿se encuentran los modelos propuestos por las CP y la BC en el dominio de la red Teórica de la Dinámica de Poblaciones? Si se encuentran dentro de la red, ¿cuál es el vínculo que hay entre ellos? y ¿por qué se da la controversia? Si bien no se han realizado análisis filosóficos sobre tal controversia, existen reconstrucciones semiformales de la Teoría en Discusión.

⁷ K. Shea, y NCEAS Working Group on Population Management, Management of populations in conservation, harvesting and control, *TREE* 13(9), 1998, pp. 371-378.

⁸ M. Díaz y P. Lorenzano. La red teórica de la dinámica de poblaciones, *Scientiae Studia*, 15(2), pp. 307-342, 2018.

⁹ C.J. Krebs, *Ecology*, 6th edition, Benjamin Cummings, 2009.

¹⁰ M.A. Burgman, S. Ferson y H.R. Akcakaya, *Risk assessment in conservation biology*, Chapman & Hall, 1993.

Díaz y Lorenzano realizaron la reconstrucción formal de la dinámica de poblaciones, incorporando los factores que pueden influir en la dinámica poblacional: ambientales, genéticos y bióticos.¹¹ Se debe tener en cuenta que los factores antrópicos pueden incluirse en los factores ambientales, estos contienen las acciones humanas que modifican la dinámica poblacional, pero los factores antrópicos que llevan a las aplicaciones de la teoría no han sido considerados por los autores.

Por su parte, con el mismo instrumental metateórico, Ibarra y Larrañaga reconstruyen algunos de los denominados “modelos” en Ecología de Poblaciones y los integran a la red de la Ecología de Población por relaciones de especialización, sin tener en cuenta los factores antrópicos.¹² Ellos señalaron que en la Ecología de Poblaciones es cada vez más usual la construcción de elementos teóricos complejos pertenecientes a redes diferentes a las preexistentes, lo que ellos denominan “constelaciones teóricas”. Para estos autores, estas construcciones son una práctica epistémicamente fecunda para llegar a conclusiones robustas sobre la influencia de determinados factores en la dinámica de las poblaciones naturales. No obstante, esta reconstrucción es controvertible, pues las constelaciones pueden subsumirse a la red de un único elemento teórico formando una red teórica, como proponen Díaz y Lorenzano.¹³

Dentro de la familia semantisista, la concepción estructuralista de las teorías científicas es una de las principales corrientes actuales en filosofía de la ciencia. Esta escuela ha dedicado una atención significativa al análisis y reconstrucción de teorías científicas específicas, logrando

¹¹ M. Díaz y P. Lorenzano, La red teórica de la dinámica de poblaciones, *Scientiae Studia*, 15(2), pp. 307-342, 2018.

¹² A. Ibarra y J. Larrañaga, De las redes teóricas a las constelaciones de elementos teóricos: las prácticas científicas en la Ecología de Poblaciones, *Metatheoria*, 1(2), pp. 167-193, 2011.

¹³ *Op. Cit.*

importantes avances en la clarificación de problemas conceptuales y en la explicitación de los supuestos fundamentales de dichas teorías.¹⁴

A partir de las reconstrucciones es posible explicar las controversias y evaluar los puntos de contacto y las diferencias. Es por ello que en el presente trabajo se utilizó la reconstrucción de Díaz y Lorenzano de la Teoría de la Dinámica de Poblaciones para el análisis de los modelos pesqueros y en ese marco se analizó la controversia entre los biólogos de la conservación y la BP.

La hipótesis que aquí se esgrime es que la metateoría estructuralista permite elucidar a qué nivel epistemológico se dan las controversias sobre las diferentes visiones acerca de la situación de los ecosistemas marinos, si se trata de aspectos epistémicos o no epistémicos.

Una segunda hipótesis es que los modelos más simples de la BC se encuentran subsumidos en la Teoría de la Dinámica Poblacional reconstruida por Díaz y Lorenzano. En las CP no es tan clara esta integración, ya que los científicos pesqueros han desarrollado construcciones teóricas y modelos científicos (ecuaciones) que es necesario reconstruir para discutir su lugar dentro de la teoría de la dinámica poblacional.

La dinámica de poblaciones

Las poblaciones son definidas —según Charles Krebs— como el conjunto de individuos de una misma especie

que ocupan un espacio y tiempo particular.¹⁵ La dinámica de poblaciones está interesada en el tamaño de la población (N) y en determinar cómo se modifica el número de individuos o tamaño de la población (ΔN) a través del tiempo (ΔT) y a partir de determinadas características de las especies, y de factores externos a la población. La dinámica de poblaciones se pregunta ¿cómo se modifica el número de integrantes de una población en el tiempo? y ¿qué procesos pueden modificar el número de individuos de una población? Así, la dinámica de poblaciones es el estudio de los cambios en tamaño que sufren las poblaciones biológicas y los factores y mecanismos que los regulan a través del tiempo.¹⁶

Hay solamente cuatro procesos capaces de modificar el número de individuos (N) que integran una población. En primer término, existen sólo dos procesos que permiten el crecimiento de una población, éstos son el nacimiento de nuevos individuos o natalidad (B) y la inmigración (I) desde otras poblaciones. Por otro lado, la mortandad (D) y la emigración (E) hacia otras poblaciones provoca la disminución del tamaño poblacional. De esta manera, en un lapso de tiempo determinado (ΔT), los cambios observados en tamaño poblacional (ΔN) son debidos exclusivamente al balance de estos cuatro procesos demográficos (así denominados a este conjunto de procesos) y no hay otros mecanismos ecológicos que puedan modificar la cantidad de organismos que integran una población.¹⁷

A esta condición, y desde el punto de vista informal, Turchin la menciona como Ley de Conservación, aunque en el desarrollo de su trabajo no la contempla como ley general.¹⁸ Autores como Michael Begon, Colin Townsend y John Harper la mencionan como un hecho ecológico

¹⁴ J.A. Díez y U. Moulines, *Fundamentos de filosofía de la ciencia*, Barcelona, Ariel 1997; S. Ginnobili, La tarea de reconstruir una teoría científica breve introducción a las nociones básicas estructuralista, Capítulo II Tesis Doctoral, Buenos Aires, Universidad Nacional de Tres de Febrero, 2009; P. Lorenzano, Estructuras y aplicaciones intencionales: inconmensurabilidad teórica y comparabilidad empírica en la historia de la genética clásica, Lorenzano, P. y Nudler, O (Ed.), *El camino desde Kuhn: la inconmensurabilidad hoy*, Madrid, Biblioteca Nueva, 2012; Díaz y Lorenzano. La red teórica... *Op. Cit.*

¹⁵ *Op. Cit.*

¹⁶ Díaz y Lorenzano, *Op. Cit.*

¹⁷ Díaz y Lorenzano, *Op. Cit.*

¹⁸ Turchin, *Op. Cit.*

fundamental.¹⁹ Esta “ley” (empírica) o “hecho” queda expresada por alguna de las siguientes ecuaciones:

$$N_{t+1} = N_t + B - D + I - E$$

O bien

$$\Delta N = B - D + I - E$$

La ecuación representa lo que la teoría quiere explicar: la variación en el tamaño de la población en dos momentos diferentes. N_t representa el tamaño de la población en el instante t (o instante inicial) y N_{t+1} el tamaño de la población en un instante posterior. La unidad de medición que se tome de t depende del tipo de organismos y, por lo tanto, el lapso de tiempo $t+1 - t$ está en función de la población bajo estudio.²⁰ La ley de Conservación de Turchin es una ley (o generalización) empírica y todas las poblaciones, sin importar sus características biológicas, se comportan de acuerdo con ella.²¹ Así, el dominio de la teoría de la dinámica de población de una sola especie es la comprensión y predicción del tamaño de una población a través del tiempo.

Ahora bien, ¿qué afecta la intensidad de los procesos poblacionales? Según los ecólogos, hay un grupo de factores que actúan sobre los procesos y, por lo tanto, tienen un efecto indirecto sobre la dinámica poblacional. No hay una única clasificación de los factores que afectan a los procesos demográficos: Krebs los suele dividir en externos e internos de la población; Begon, Townsend y Harper lo hacen en factores ambientales, bióticos (ambos externos) y genéticos (internos).²² Por consiguiente, no solo no hay consenso en la clasificación, sino en la discusión sobre si son los factores ambientales o los bióticos los máximos responsables de los patrones observados

en la naturaleza. Cuáles son los factores que regulan las poblaciones es un tema controversial en la historia de la ecología. Lo cierto es que todo este conjunto de factores influencia en distinta medida a los cuatro procesos poblacionales que determinan el cambio en el número de individuos.

Una de las principales aproximaciones en la BC es el análisis de viabilidad poblacional (*population viability analysis*) que tiene como objetivo principal evaluar los factores que afectan a la persistencia de las especies. Los análisis involucran la construcción de modelos poblacionales que evalúan los factores y predicen eventos extremos como la extinción, pero necesitan de la dinámica poblacional, se sustentan en el conocimiento de la estructura de la población, las tasas de incremento poblacional, la competencia intraespecífica, la denso-dependencia y la capacidad de carga, todos elementos de la dinámica poblacional reconstruida por Díaz y Lorenzano. Burgman *et al.* en su libro sobre la BC presentan los modelos clásicos de la dinámica poblacional: exponenciales (poblaciones maltusianas de la Teoría reconstruida por Díaz y Lorenzano), de denso-dependencia (poblaciones Verhulst de esta misma reconstrucción), estructura por edad (poblaciones estructuradas), estructuras especiales y aspectos de la genética de poblaciones donde se analizan los modelos clásicos y los estocásticos para incluir los análisis de riesgo. Los modelos exponenciales, de denso-dependencia y los modelos de estructura por edad son considerados en la reestructuración realizada por Díaz y Lorenzano. En el capítulo sobre BC, Krebs analiza las causas de las declinaciones poblacionales, ya que en capítulos anteriores modela estas poblaciones con los modelos clásicos de la dinámica poblacional.²³

En la CP, las preguntas de sus aplicaciones se suman a las tradicionales de la dinámica poblacional: ¿cuánto podemos capturar en una pesquería sin poner en

¹⁹ M. Begon, C. Townsend y J. Harper, *Ecology: From Individuals to Ecosystem*, Malden, Blackwell Publishing, 2006.

²⁰ Díaz y Lorenzano, *Op. Cit.*

²¹ Turchin, *Does Population Ecology...* *Op. Cit.*

²² *Op. Cit.*

²³ *Op. Cit.*

riesgo la población?, ¿cómo afecta a la población una fuente de mortalidad extra como la pesca?, ¿cuánto tiempo le lleva a la población recuperarse de una sobrepesca? Cuando las poblaciones son explotadas, en el proceso demográfico se contempla no solo la mortalidad natural sino la mortalidad debido a la explotación por pesca.

En CP se denomina evaluación de stock (*stock assessment*) a la rama que tiene como objetivo la evaluación de las poblaciones para entender cómo afecta la pesca a sus dinámicas poblacionales.²⁴ Para ello se desarrollaron una variedad de ecuaciones de evaluación (modelos en término ecológicos). Esta variedad refleja la diversidad de pesquerías para las cuales las ecuaciones de evaluación de stock necesitan ser aplicados, en función de los datos disponibles, y de los supuestos o conocimientos acerca de la dinámica de la pesquería y del stock. Existen desde supuestos simples y restrictivos, hasta ecuaciones más flexibles que incorporan todos los datos disponibles en un marco estadístico.²⁵ El presente trabajo evalúa si algunos modelos de las CP se integran o no a la reconstrucción realizadas por Díaz y Lorenzano. A continuación, se presenta la reconstrucción efectuada bajo el enfoque estructuralista.

Análisis estructuralista de la Teoría de la Dinámica Poblacional de Díaz y Lorenzano (2018)

Para la concepción estructuralista, la noción mínima (y provisional) de una teoría es el elemento teórico. Un elemento teórico consta de dos partes, una formal y otra aplicativa. Normalmente, una teoría tiene muchos modelos diferentes, pero por ser todos modelos de la misma teoría tienen algo en común, puesto que comparten

la misma estructura. Quiere decir que todos pueden ser subsumidos bajo el mismo marco conceptual y todos satisfacen las mismas leyes. El núcleo formal está conformado por modelos (modelos potenciales, modelos actuales y los modelos potenciales parciales), condiciones de ligaduras y vínculos interteóricos. Presentar una teoría es, entonces, presentar estos componentes.²⁶

Los modelos potenciales contienen todos los conceptos de la teoría, los términos T-Teóricos y los T-no teóricos en el marco de la concepción estructuralista. Díaz y Lorenzano definen conjuntos base de objetos: organismos, tiempo y factores poblacionales, relaciones o funciones que generan nuevos conjuntos a partir del conjunto base de objetos (tamaño poblacional, en número de individuos, natalidad, mortalidad, emigración e inmigración, y la tasa de cambio poblacional), una función que calcula un número real que representa la variación en el número de individuos en un tiempo $t+1$ a partir del conjunto de procesos demográficos (natalidad, mortalidad, emigración e inmigración), del tamaño de la población en el tiempo t y del conjunto de los factores poblacionales que afectan a los procesos demográficos en un instante de tiempo t .

Por su parte, los modelos son un subconjunto de los modelos potenciales, cuyas estructuras satisfacen la siguiente ley fundamental:

- Dada una población en dos instantes de tiempo (t y $t+1$) con sus correspondientes tamaños poblacionales en cada uno de ellos (nt y $nt+1$);
- Que esta población se modifica por un conjunto de funciones demográficas (FD) [procesos demográficos] y por estar afectada por un conjunto de factores poblacionales (Fi) y que ambos conjuntos determinan la tasa de cambio poblacional (TCP);

²⁴ M. Haddon, *Modelling and quantitative methods in fisheries*, Chapman and Hall/CRC, 2001.

²⁵ A. Magnusson y R. Hilborn. What makes fisheries data informative? *Fish and Fisheries* 8, pp. 337-358, 2007.

²⁶ W. Balzer, C.U. Moulines, J.D. Sneed, *An Architectonic for Science. The Structuralist Program*. Dordrecht: Reidel, 1987. También publicada en versión castellana, véase P. Lorenzano (Trad.). *Una arquitectónica para la ciencia. El programa estructuralista*. Berenal: Universidad Nacional de Quilmes, 2012.

- Entonces, el cambio en el tamaño poblacional en un lapso de tiempo determinado se corresponde con el producto de la tasa de cambio poblacional multiplicado por el tamaño de la población al inicio del intervalo.

Para estos autores se cumplen los criterios establecidos por una ley fundamental, porque conecta de un modo inseparable los términos básicos de la dinámica poblacional que se identificaron y su carácter casi vacío o empíricamente irrestricto. Una de las razones es que “se puede siempre encontrar una combinación de procesos y factores que expliquen el cambio poblacional observado” (p. 15). A partir de una función específica (*TCP*) que incorpora los factores de los cambios es posible —de acuerdo a Díaz y Lorenzano— predecir un valor de tamaño poblacional a futuro.²⁷

Los modelos potenciales parciales están constituidos por aquello que se pretende sistematizar, explicar y predecir. Son partes de los modelos potenciales que pueden interpretarse independientemente de la teoría en cuestión. Capturan los fenómenos a explicar por la teoría y se explicitan en conceptos T-no teóricos. Por lo cual, es necesario establecer la distinción entre conceptos teóricos y conceptos no-teóricos en el interior de dicha teoría.

Díaz y Lorenzano establecen los siguientes conceptos T-no teóricos que integran estos modelos: los conjuntos de organismos, el tiempo y el tamaño poblacional. A saber:

O (conjunto de organismos)

t (tiempo).

tamaño poblacional N y ΔN

El fundamento de seleccionarlos como conceptos T-no teóricos es que para determinar si un organismo pertenece al conjunto de organismo, medir el tiempo o es-

timar el número de individuos de una población no es necesario conocer los conceptos de la dinámica poblacional.

Respecto de los factores poblacionales, Díaz y Lorenzano distinguen los factores ambientales y genéticos como T-no teóricos por los mismos motivos, para medir ambos no necesitamos de la ley fundamental de la dinámica poblacional. No ocurre lo mismo con los factores biológicos o bióticos que miden la intensidad de las distintas relaciones entre organismos de una misma población y de otras poblaciones o especies que pueden afectar el tamaño poblacional. Para evaluar estos factores, se utilizan métodos gráficos o numéricos que presuponen la ley fundamental por los que se los considera T-teóricos. Por último, la Tasa de cambio poblacional (*TCP*) es T-teórica, no solo porque hereda la teoriedad de los factores biológicos, sino porque esta función es una hipótesis sobre el modo en que se relacionan los procesos demográficos, los factores poblacionales y el tamaño de la población.

El dominio de aplicaciones intencionales I son sistemas empíricos a los que deseamos aplicar la ley fundamental. Desde el punto de vista formal, una aplicación intencional es un modelo parcial ya que son sistemas empíricos caracterizados en términos T-no teóricos, en donde ciertos organismos conforman una población en la que ocurren un conjunto de procesos demográficos que determinan que el tamaño de la población se modifique en un intervalo determinado de tiempo.

La dinámica de poblaciones pretende que ciertos sistemas empíricos, descritos en la dinámica de poblaciones no teóricamente, satisfacen las condiciones impuestas por ella en el siguiente sentido: esos son los datos de la experiencia que se deberían obtener, si la realidad se comportara como ella dice.

Muchas veces el término teoría puede significar una serie entera de elementos teóricos interconectados, todos los

²⁷ Op. Cit.

cuales poseen la misma estructura de red teórica. La relación entre los dos elementos teóricos es una relación de especialización, el nuevo elemento teórico es más especializado que el original, aunque pertenezca a la misma estructura conceptual.

Según Díaz y Lorenzano, en las especializaciones de la dinámica poblacional se especifica el número y tipo de componentes de *TCP* que actúan conjuntamente; esto es, número y tipo de procesos demográficos y número y tipo de factores poblacionales, y de la forma matemática que asume *TCP*. Los autores desarrollan cuatro líneas de especialización:

- Especialización 1: Dinámica de poblaciones cerradas de organismos no afectadas por los factores poblacionales (Poblaciones malthusianas). Caracteriza a una clase de modelos que concierne a las poblaciones cuya *TCP* depende de la natalidad y mortalidad, y no es afectada por factores poblacionales. Sin limitantes poblacionales ni ambientales existe una variación continua y exponencial.
- Especialización 2: Dinámica de poblaciones cerradas de organismos afectadas por los factores genéticos (Poblaciones estructuradas). Caracteriza una clase de modelos que concierne a las poblaciones cuyas *TCP* depende de la natalidad y mortalidad y es afectada por factores genéticos. Tampoco hay limitantes poblacionales y existe una variación continua y exponencial pero el *TCP* es la sumatoria del valor de procesos demográficos de la edad (x) de los individuos, del promedio de edad de los descendientes de una cohorte (G) y de la edad final que puedan alcanzar los organismos.
- Especialización 3: Dinámica de poblaciones cerradas de organismos afectadas por los factores ambientales y biológicos (Poblaciones Verhulst o Logística). Caracteriza una clase de modelos que concierne a las poblaciones cuyas *TCP* depende de la natalidad y mortalidad y es afectada por factores ambientales y bióticos. Concierne a las poblaciones que están en un ambiente con recursos limitados y

en el que se hipotetiza a partir de un determinado tamaño poblacional (K) y en donde se genera competencia intraespecífica.

En esta especialización se proponen cuatro líneas terminales donde se especifica la formulación matemática: a) poblaciones logísticas (cuando los procesos demográficos dependen linealmente del tamaño poblacional), b) poblaciones con retraso (cuando los procesos demográficos dependen linealmente del tamaño poblacional en cierto instante anterior), c) efecto Alle (cuando los procesos demográficos son dependientes no linealmente del tamaño poblacional en el instante t porque tienen una dependencia con un tamaño poblacional crítico C), d) con un factor θ (cuando los procesos demográficos son dependientes no linealmente del tamaño poblacional expresado por el parámetro de la ecuación θ).

- Especialización 4: Dinámica de poblaciones cerradas de organismos afectadas por las poblaciones de otras especies (poblaciones con relaciones interespecíficas). Caracteriza una clase de modelos que concierne a las poblaciones cuyas *TCP* depende de la natalidad y mortalidad y es afectada por factores bióticos que involucran a una población de otra especie a través de una relación depredador (P)-presa (V).

También aquí Díaz y Lorenzano proponen tres especializaciones terminales donde presentan la formulación matemática: a) la competencia (cuando los procesos demográficos dependen del tamaño poblacional propio y que además compiten con otra especie y por lo tanto afectadas por su tamaño poblacional y un factor de competencia), b) la depredación (cuando los procesos demográficos dependen del tamaño poblacional propio, pero están afectados por el tamaño del depredador P y la eficiencia de captura α) y c) la depredación independiente del tamaño poblacional (no están afectadas por su propio tamaño poblacional) pero están afectadas por el tamaño poblacional de su presa V y de una tasa de conversión que mide la relación entre depredador y la presa β)

Reflexión. Análisis de los modelos pesqueros

La evaluación de las poblaciones explotadas asume que es posible conocer atributos cuantitativos que permiten conocer su potencial producción, entendida como el tamaño poblacional calculado como número de individuos o biomasa total. La biomasa se refiere a la abundancia del stock en unidades de peso y puede ser calculada a partir del número de individuos y sus pesos promedio (en general, peso promedio de la edad) o por métodos directos a partir de campañas de investigación. Los modelos de evaluación (ecuación) predicen cómo uno o más de estos atributos se modifican en el tiempo en respuesta a la pesca (en Ecología, generalmente, se denomina modelos a las ecuaciones matemáticas, como bien señala Martín Díaz).²⁸

Estos modelos pueden ser descriptos y clasificados de diferentes maneras, pero existen dos grandes ramas denominadas modelos de biomasa y modelos estructurados por edad. En los modelos estructurados por edad se encuentran los modelos de rendimiento por recluta, el análisis de poblaciones virtuales y el análisis de cohorte, todos ellos consideran la estructura por edades de las poblaciones explotadas.

Utilizando la reconstrucción de la Teoría de la Dinámica de Poblaciones se reconstruyen los modelos de biomasa y dos modelos estructurados por edad, el modelo de rendimiento por recluta y el análisis de poblaciones virtuales, para evaluar si se integran o no a la teoría. Para ello fue necesario realizar algunas consideraciones generales de estos modelos. En las CP se denomina stock a lo que Díaz y Lorenzano describen como “población biológica”, términos que pueden utilizarse como sinónimos.

Los modelos pesqueros suelen describir el tamaño poblacional en número de individuos (número entero) o en biomasa (número real), por lo que es necesario modificar la definición de tamaño poblacional para señalar que es posible medir este tamaño en número de individuos o en biomasa.

A su vez, todos los modelos pesqueros descriptos se basan en ecuaciones discretas, pero también se basan en ecuaciones discretas muchas aplicaciones intencionales de la dinámica poblacional. Para muchos organismos el tiempo no se comporta como una variable continua, en ambientes estacionales, muchos de ellos se reproducen una única vez y mueren, o producen —según Nicholas Gotelli— una cohorte cada año.²⁹ Díaz y Lorenzano construyen los cuatro niveles de especialización considerando “crecimiento continuo”, para estos autores el “crecimiento discreto” es otra línea de especialización. Siguiendo estos autores, las especializaciones consisten en especificaciones de:

- a) número y tipo de componentes de *TCP* que actúan conjuntamente (e.e. del número y tipo de *procesos demográficos* y del número y tipo de *factores poblacionales*),
- b) la forma matemática concreta que asume *TCP*.

En las poblaciones continuas el crecimiento es continuo y las formas matemáticas son las ecuaciones diferenciales. En cambio, en el crecimiento discreto, el crecimiento es por cohorte separadas en el tiempo, y las formas matemáticas son las ecuaciones discretas. Estas diferentes ecuaciones obedecen a poblaciones con historias de vida diferentes.

Es posible incorporar la línea discreta como una forma de especialización terminal, ya que tanto la continua

²⁸ M. Díaz, “El estatus de las teorías de la ecología y su rol en los problemas ambientales”, Proyecto de investigación PICT 2018-3454 (ANPCyT, Argentina), 2021.

²⁹ N. Gotelli, *A primer of Ecology. Fourth Edition*, Massachusetts, Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland, 2008; P. Turchin, *Does Population Ecology Have General Laws? Theoretical Ecology* 1, pp. 21-28, 2001; Krebs, *Ecology*, Op. Cit.

como la discreta se diferencian en sus formas matemáticas, pero son los mismos procesos demográficos y factores intervinientes. Para Alan Hasting, ambos modelos realizan predicciones similares y se puede elegir uno u otro por conveniencia matemática y por razones biológicas.³⁰ Por lo tanto, para incorporar los modelos pesqueros fue necesario introducir en dos líneas o ramas de especialización la de las poblaciones estructuradas y poblaciones de Verhulst, las especializaciones terminales discretas que no fueron desarrolladas por Díaz y Lorenzano. La especificación terminal de variación discreta no se especializa sobre la continua, es una nueva especificación terminal introducida en la Red Teórica de la Dinámica Poblacional reconstruida por Díaz y Lorenzano.

Por último, se reconstruyeron los modelos pesqueros. El modelo de Dinámica de Biomasa atendiendo a las consideraciones generales realizadas a la Teoría de la Dinámica de Poblaciones. Este modelo pesquero concierne a poblaciones cuya *TCP* depende de los procesos demográficos de natalidad y mortalidad, es decir asume poblaciones cerradas sin inmigración y emigración y están afectadas por los factores ambientales y bióticos. Concierne a las poblaciones que están en un ambiente con recursos limitados y en el que se hipotetiza a partir de un determinado tamaño poblacional (*K*) y en donde se genera competencia intraespecífica, los procesos demográficos dependen linealmente del tamaño poblacional.

Este modelo incorpora, al igual que la mayoría de los modelos en las ciencias pesqueras la mortalidad por pesca, puede ser considerada una fuente de mortalidad e incluirse dentro de la mortalidad planteada en la teoría de la dinámica poblacional, pero esta mortalidad (llamada mortalidad natural en las ciencias pes-

queras para diferenciarla) puede ser afectada por factores bióticos, que corresponden a factores internos de la población (densodependencia) y/o de aspectos intrínsecos del ecosistema (depredación, parasitismo). En el caso de la mortalidad por pesca es un factor antrópico y puede ser considerada dentro de los Factores Poblacionales como un Factor Ambiental que afecta el proceso demográfico de mortalidad. Esta fuente de mortalidad es incorporada en las ecuaciones no integrándose a la mortalidad dependiente en este modelo del tamaño poblacional.

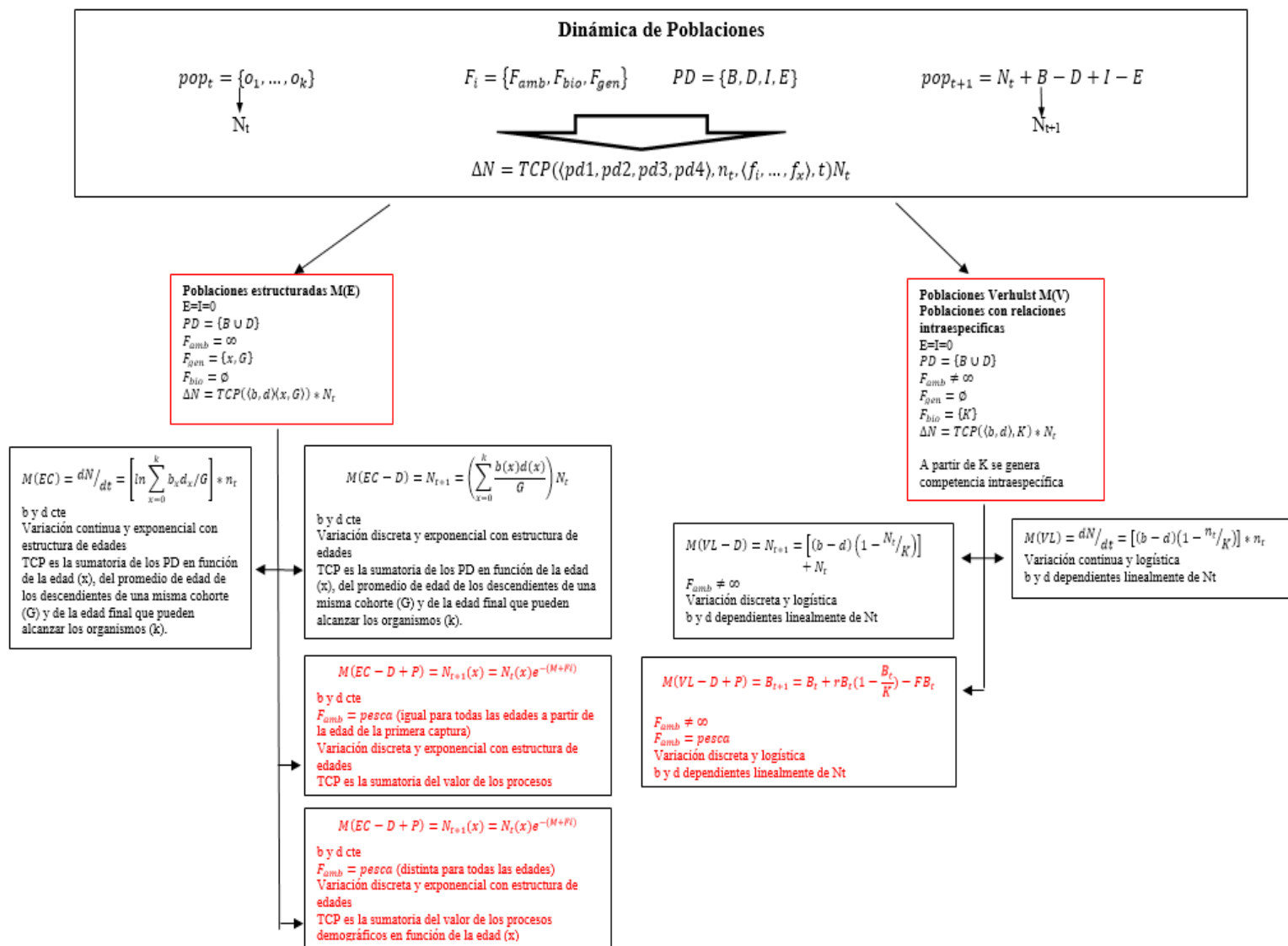
Además, esa mortalidad, es una variable que puede controlarse y en términos pesqueros la mortalidad por pesca por la Biomasa en el tiempo *t* es la captura. Esta mortalidad por pesca se construye a partir de dos parámetros pesqueros, el parámetro que describe la efectividad de cada unidad de esfuerzo pesquero y el esfuerzo pesquero, todos términos T-no-teóricos.

Este modelo puede considerarse una especialización terminal de la especialización de Verhulst, ya que se trata de un elemento teórico que tiene un alcance más restringido que el original (aplicado específicamente a pesquerías), pero la misma estructura conceptual, es decir, los mismos conceptos primitivos: depende de los procesos demográficos nacimiento y mortalidad, de factores bióticos como la competencia intraespecífica generada por los recursos limitados y dos factores ambientales, recursos limitados y efecto antrópico, en este caso la pesca. Además, siguiendo la reconstrucción de Díaz y Lorenzano, la misma distinción entre los niveles teóricos y no-teóricos (los nuevos términos incorporados como biomasa, mortalidad por pesca, capturabilidad y esfuerzo) son términos T-no-teóricos.³¹ (Figura 1)

³⁰ A. Hasting, *Population biology, Concepts and Modelos*, Springer, 1997.

³¹ Balzer, C.U. Moulines, J.D. Sneed. *Op. Cit.*

Figura 1: Reconstrucción de la Red Teórica de la Dinámica Poblacional realizada por Díaz y Lorenzano (2018) y las especializaciones terminales de los modelos pesqueros



La relación entre los elementos existentes en la red y los nuevos puede capturarse como una relación de especialización, porque el nuevo elemento teórico es más especializado que el original. Las especializaciones se aplican a casos especiales del dominio inicial de aplicaciones intencionales. Las especializaciones restringen, constriñen el contenido del núcleo del elemento teórico inicial. La especificación, en este caso, consiste en el número y tipo de *TCP* que actúan conjuntamente y de la forma matemática concreta que asume *TCP*. Es una forma matemática que incorpora una fuente adicional de mortalidad, en este caso, la pesca. Entonces, si no hay pesca se utiliza la especificación terminal de Verhulst y si hay pesca se utiliza el Modelo de Dinámica de Biomasa.

El modelo de rendimiento por recluta concierne a las poblaciones cuya *TCP* depende solo de los procesos demográficos de natalidad y mortalidad; quiere decir que asume poblaciones cerradas sin inmigración y emigración, pero están afectadas por factores genéticos y la estructura por edad de la población bajo estudio. Los procesos demográficos son independientes del tamaño poblacional y no hay recursos limitantes, considera variación exponencial de las poblaciones, pero evalúa la variación considerando una única cohorte, se trata de la especialización que Díaz y Lorenzano denominan poblaciones estructuradas. Al igual que en el modelo de biomasa la mortalidad por pesca es un factor ambiental que modifica la variación poblacional.

Este modelo pesquero incorpora una nueva variable "Reclutamiento", que es afectada por la mortalidad natural y por la mortalidad por pesca. En pesquerías se llama reclutamiento al subconjunto de individuos afectado por la pesca, por debajo de la edad o tamaño de reclutamiento solo es afectado por la mortalidad natural, *D*. Esta variable puede incorporarse como definición auxiliar dentro de la definición de Organismos.

El modelo de rendimiento por recluta para transformar el número de individuos en biomasa (o producción) utiliza las ecuaciones de crecimiento individual mediante las cuales se relacionan el largo con el peso y la edad con el peso y se puede así obtener un peso promedio por edad. No se analiza aquí en qué teoría se integran estas ecuaciones (por ejemplo, la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy), pero se trata de crecimiento individual, por lo cual se asume que no se encuentran bajo el paraguas de la teoría de la dinámica poblacional.

Este modelo puede considerarse una especialización terminal de la especialización de poblaciones estructuradas, igual que el modelo de dinámica de biomasa se trata de un elemento teórico que tiene un alcance más restringido que el original (aplicado específicamente a pesquerías). En ambos casos se mantiene la misma estructura conceptual; es decir, los mismos conceptos primitivos: depende de los procesos demográficos nacimiento y mortalidad, de factores genéticos, pero se suman los factores ambientales con la mortalidad por pesca que afecta a un subconjunto de individuos que pueden ser alcanzados por la pesca.

La segunda rama o línea de especialización de la red, la Dinámica de poblaciones cerradas de organismos afectadas por los factores genéticos (Poblaciones estructuradas), caracteriza una clase de modelos que concierne a las poblaciones cuyas *TCP* depende de la natalidad y mortalidad y es afectada por factores genéticos. Tampoco hay limitantes poblacionales y existe una variación discreta y exponencial. El modelo de rendimiento por recluta modela una única cohorte que nace y hasta la edad final solo está sujeta a mortalidad natural, es decir, este modelo considera la mortalidad constante para todas las edades, a la que se le suma una nueva mortalidad externa a la población, la pesca que solo se aplica a los organismos reclutados a la pesquería, es decir, a partir de una determinada talla (Figura 1).

El segundo modelo estructurado por edad —el análisis de poblaciones virtuales— concierne a las poblaciones cuya *TCP* depende solo de los procesos demográficos de natalidad y mortalidad, es decir que asume poblaciones cerradas sin inmigración y emigración, pero están afectadas por factores genéticos, la estructura por edad de la población bajo estudio. Los procesos demográficos son independientes del tamaño poblacional y no hay recursos limitantes, considera variación exponencial de las poblaciones. En este modelo es necesario conocer los números por edad en la captura para cada año de explotación y así observar en una serie de tiempo de datos estructurados por edades la progresión de las clases anuales (Figura 1).

Igual que los dos modelos pesqueros anteriores, suma como “Factor ambiental” la tasa de mortalidad por pesca F , que ya fue descrita en el modelo de dinámica de biomasa pero, a diferencia de los otros modelos, la mortalidad por pesca varía para cada edad. El modelo de biomasa considera que todos los individuos tienen la misma mortalidad por pesca al igual que la mortalidad natural. El modelo de rendimiento por recluta considera mortalidad por pesca cero en ciertas edades y luego una mortalidad por pesca a partir de la edad de reclutamiento y constante para todas las edades, y la mortalidad natural constantes para todas las edades. El análisis de población virtual considera mortalidad natural constante para todas las edades, pero distinta mortalidad por pesca para cada edad. Al igual que en el modelo de rendimiento por recluta estos datos pueden ser transformados en biomasa multiplicando el número de individuos por el peso promedio por edad obtenido de las ecuaciones de crecimiento de la población bajo estudio.

Si bien se trata de otro modelo según las CP, utiliza los mismos conceptos que el Modelo de Rendimiento por Recluta, es otra especialización terminal de las poblaciones estructuradas, pero al mismo nivel que el Modelo de Rendimiento por recluta, si bien con mayor complejidad

en las ecuaciones que se derivan de la dinámica poblacional el factor ambiental sigue siendo la mortalidad por pesca (a partir de la edad de reclutamiento y distinta para todas las edades).

Se concluye entonces que los tres modelos analizados se integran a la Teoría de Dinámica de Poblaciones, estructura conceptual de los modelos de la Biología de la conservación. Es decir que en sus modelos científicos más simples ambas ramas se integran a la Teoría de Dinámica de Poblaciones reconstruida por Díaz y Lorenzano. En particular, los modelos pesqueros son especializaciones terminales que surgen, con modificaciones, a partir de las especializaciones realizadas por Díaz y Lorenzano.

Conclusiones

Las áreas de conservación y de poblaciones explotadas tienen en común la regulación del tamaño de la población; sin embargo, proliferaron con relativa independencia concretizándose en libros y revistas especializadas en “Biología de la Conservación” (BC) y “pesquerías”. Los dos campos tienen puntos en común que se podrían elucidar con un examen y síntesis de los fundamentos teóricos, pero sus desarrollos fueron independientes como para contar con libros y revistas especializadas y dictarse en departamento académicos separados.³² Con desarrollo independiente, la BC y las Ciencias Pesqueras (CP) tienen puntos de conflictos.

El presente trabajo concluyó que tres modelos centrales de la evaluación de stock en pesquerías se integran con modificaciones a la Red Teórica de la Dinámica de Poblaciones reconstruida por Díaz y Lorenzano, de la cual se asume que es la estructura conceptual de los modelos de la BC, por lo que la controversia, corroborando la hipótesis del trabajo, que los modelos de conservación y cosecha se encuentran bajo el mismo paraguas teórico. Cumplen su ley fundamental y, en el caso de los modelos pesqueros, la pesca ingresa como un factor ambiental que determina la *TCP*.

³² Sher, *Idem*.

La metateoría estructuralista permitió elucidar el nivel epistemológico de la controversia sobre las diferentes visiones acerca de la situación de los ecosistemas marinos.

La Teoría de la Dinámica Poblacional reestructurada por Díaz y Lorenzano no considera factores antrópicos como muchas otras teorías en ecología, ya que en sus comienzos la ecología estudió patrones y procesos naturales que no tenían en cuenta los procesos y factores de las actividades humanas. Díaz³³ se pregunta sobre los roles de las teorías ecológicas en la explicación y predicción de los problemas ambientales que se suscitan por las actividades humanas, ¿se encuentran dentro del dominio de aplicación de las teorías ecológicas?, ¿cuáles son los obstáculos en la aplicación de dichas teorías? (p. 2). Este autor concluye que es posible utilizar las leyes fundamentales de las teorías ecológicas para hacer predicciones cualitativas sobre el impacto de factores antrópicos dentro del dominio de aplicación de la dinámica poblacional. Este ha sido el caso de los modelos pesqueros en el marco de la Teoría de la Dinámica Poblacional, donde se incorporó como factor ambiental a la pesca con sus elementos propios, como la mortalidad por pesca y la captura, los cuales ingresan a los modelos como factores ambientales que afectan la dinámica poblacional y por lo tanto la TCP.

La utilización del término “modelo” es central en Ecología y en especial en las Ciencias Pesqueras. Díaz y Lorenzano señalan que en Ecología usualmente se llama “el modelo”, o incluso a veces “la teoría”, a lo que en terminología estructuralista es a) una ley especial (perteneciente a un elemento teórico especializado) que determina ciertos modelos y que se aplica a ciertos sistemas empíricos, fenómenos o a ciertas poblaciones de cierto tipo, y del que devienen modelos efectivos si se comportan como lo establece dicha ley especial (o ecuación matemática particular); b) un elemento teórico especializado que contiene, además de sus modelos determinados por la

ley especial (o ecuación matemática particular), otros componentes (otros tipos de modelos: potenciales y parciales, condiciones de ligadura, vínculos interteóricos y conjunto de aplicaciones intencionales). Por este motivo muchas veces los ecólogos creen estar aplicando teorías diferentes cuando en realidad son especializaciones terminales distintas, o elementos teóricos terminales, dentro de la red teórica de una misma teoría, como ocurre con los modelos pesqueros enmarcados en la Teoría de la Dinámica Poblacional. Por tal motivo, la reconstrucción aquí presentada difiere respecto a la propuesta reconstructiva de Ibarra y Larrañaga.³⁴ Si bien los modelos pesqueros se desarrollaron de forma independiente a los de la Ecología, lejos de ser clarificados por la noción de “constelaciones teóricas”, es decir, por modelos independientes o por ser (parte) de redes distintas, se ha demostrado que, contrariamente, son especializaciones terminales de una misma red, la misma que utilizan los modelos de los ecólogos de la conservación.

En algunas de las publicaciones que dieron lugar a la controversia se utilizaron elementos de los modelos pesqueros reconstruidos, pero en general la discusión se centró no tanto en los modelos utilizados como sí en las métricas que determinan cuándo una pesquería está o no colapsada y en la utilización de los datos de captura y esfuerzo como *proxy* de la biomasa. Fue posible ubicar los modelos (cuando se utilizaron y explicitaron) dentro de la Red Teórica de la Dinámica de Poblaciones y abonar a favor de que las capturas y la captura por unidad de esfuerzo no puede ser considerado un *proxy* de la abundancia ya que ingresan como un factor ambiental a una ecuación con procesos demográficos y factores como los biológicos, además de su dependencia con otras condiciones que involucran decisiones de manejo. Por ejemplo, reducción de captura y esfuerzo, o la implementación de cuotas de captura y esfuerzo.

³³ Díaz, El estatus de las teorías de la ecología..., *Op. Cit.*

³⁴ *Op. Cit.*

En síntesis, de las publicaciones que generaron una controversia explícita entre las ciencias de la conservación y las pesqueras, se concluye que la misma no parece deberse a una disputa interteórica ni entre teorías en competencia. Por el contrario, el análisis metateórico de los modelos pesqueros ha permitido clarificar que, en tal caso, hay una disputa entre modelos de una misma red teórica, es decir, se da una disputa intrateórica y que lo que está en competencia son solamente especializaciones terminales de una misma teoría, aquellas que introducen una mortalidad provocada por factores externos a la población, como la pesca, de aquellas que no.

La discusión sobre los puntos de referencia respecto de que se considera o no una pesquería colapsada exceden los análisis de la dinámica poblacional. Muchos de los aspectos discutidos en las publicaciones durante la controversia parecen deberse a cuestiones de perspectivas sobre los ecosistemas, es decir a aspectos no epistémicos. Entendiendo por no-epistémico a los factores de naturaleza sociológica, e incluyendo aspectos afectivos, contextuales, conductuales, éticos, comunicativos, organizativos, políticos, culturales, etc., que influyen o intervienen en la construcción de conocimiento científico; por el contrario, lo epistémico se asocia a lo racional y cognitivo, es decir al proceso de justificación de ese conocimiento científico.

En este sentido, Simon Jennings señala que todos tenemos opiniones sobre el estado del medio ambiente y el papel de la pesca; opiniones influidas por nuestros antecedentes, intereses, responsabilidades profesionales y opiniones políticas y ambientales.³⁵ Por ello para él es inevitable que donde algunos científicos ven un uso sostenible, otros ven un problema urgente de conservación.

La metateoría estructuralista permitió dilucidar el nivel epistemológico de la controversia; no obstante, ampliar la

reestructuración de la Teoría de la Dinámica de Poblaciones sería una fructífera tarea para ordenar los desarrollos actuales de las distintas disciplinas que aplican la teoría, en especial analizar cómo los factores ambientales se introducen en este marco conceptual. Díaz sostiene que en las explicaciones ecológicas se construyen y adaptan modelos para situaciones específicas y la concepción semántica permitiría ordenar estos innumerables modelos (ecuaciones matemáticas) que se desarrollan, dando la percepción de una teoría en sí misma en la mayoría de los casos, pero las reconstrucciones demuestran que en realidad estas ecuaciones son la representación de los modelos de las teorías.³⁶ No obstante, las discusiones sobre los puntos de referencia para señalar si las poblaciones están o no colapsadas o sobre cuánto sería recomendable extraer de las poblaciones excede esta Teoría, aún más el análisis de estrategias de manejo posibles para mejorar el estado de los ecosistemas. Así, encontrándose otros aspectos no-epistémicos otros enfoques permitirían analizar esta controversia.

Hemos hecho un aporte para dilucidar los fundamentos epistemológicos de las controversias, queda aún mucho para analizar con el instrumental estructuralista a efectos de completar la red teórica de la Teoría de la Dinámica Poblacional y avanzar así en las reconstrucciones de los modelos de implementación de las teorías ecológicas. También queda pendiente hacer análisis con otros enfoques metateóricos que permitan a todos los actores aportar a un verdadero trabajo conjunto de las Ciencias Pesqueras y la Biología de la Conservación.



Maestría en Filosofía

<https://bit.ly/MaestriaFilosofia>

³⁵ S. Jennings, Reporting and advising on the effects of fishing, en *Fish and Fisheries*, 8(3), pp. 269-276, 2007.

³⁶ *El estatus de las teorías... Op. Cit.*

