

## ANÁLISIS EPISTEMOLÓGICO DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS EN ECOLOGÍA

Carolina Inés GARCÍA<sup>1,2,3</sup> & Bernardo Daniel TAVERNA<sup>4,5,6</sup>

(1) INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN PRODUCCIÓN, SANIDAD Y AMBIENTE (IIPROSAM), FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES, UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA. (2) FILOSOFÍA DE LA CIENCIA, FACULTAD DE HUMANIDADES, UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA. (3) CONICET. (4) INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE COSTAS Y DEL CUATERNARIO (IGCyC), FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES, UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA, COMISIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DE LA PROV. DE BUENOS AIRES (CIC-PBA). (5) CIC-PBA.

E-mail: carolinagarcia49@gmail.com

bdtaverna@hotmail.com

**Resumen:** Este trabajo tuvo como objetivo realizar un metanálisis de la ecología, visualizando la forma en que trabaja un ecólogo para obtener conocimiento. Para este propósito se realizó una reflexión crítica acerca del contenido de cada una de las partes componentes de un trabajo de investigación, pudiendo determinar la metodología utilizada y la forma en que se justifica el conocimiento. Se tomaron diferentes investigaciones que adoptaron el método estándar de la ciencia hipotético-deductivo, en este caso estudios acerca de los organismos *ingenieros ecosistémicos*. También basándose en la forma en que se trabaja en ecología ante la obtención y justificación del conocimiento se realizó una crítica al método hipotético deductivo mostrando que sigue teniendo los mismos problemas que la inducción y postulando que en realidad el método hipotético-deductivo popperiano es una forma encubierta de inducción.

**Palabras claves:** Ecología, Epistemología, Método hipotético-deductivo, Método Inductivo.

**Abstract:** The objective of this work was to realize a meta analysis of Ecology, visualizing the way in which an ecologist access knowledge. For this purpose it was realized a critic reflexion about the content of every component of an investigative work, being able to determine the methodology used and the way that justified knowledge. Different investigations that used the hypothetic – deductive method were studied, specifically studies about *ecosystem engineers* organisms. Also, based on the form that is used to work in Ecology for obtaining and justifying knowledge, it was realized a critic to the hypothetic – deductive method showing that it has the same troubles than the inductive method and postulating that in reality the Popperian hypothetic – deductive method is a hidden form of induction.

**Key words:** Ecology. Epistemology. Hypothetic – deductive method. Inductive Method.

Este trabajo forma parte de los proyectos de investigación denominados: "Las Zoonosis Parasitarias y Salud" y "Relación entre la dinámica de explotación de areneras y la dinámica poblacional del roedor subterráneo *Ctenomys talarum*: patrones de sucesión ecológica". Financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires y por la Universidad Nacional de Mar del Plata.

### **Introducción:**

Hace tiempo que los hombres que están abocados al estudio de la ciencia, han dedicado parte de sus esfuerzos, sino el total de los mismos, al estudio del funcionamiento de la ciencia como actividad. Descubrir la estructura científica, comprender cómo funciona el acceso al conocimiento, entender los mecanismos que utilizamos para compilar esa información son algunas de las interrogantes que se han tratado de dilucidar desde aquellos pensadores que se han entregado a esta tarea.

De estos estudios, existe habida cuenta a lo largo de la historia, desde la antigüedad el hombre intenta responder muchas de estas interrogantes. Sin embargo encontramos una de las primeras propuestas epistemológicas, propiamente dichas, de acceso al conocimiento recién en el siglo XIX con el desarrollo del positivismo y la llegada del llamado “Círculo de Viena”. Esta propuesta suponía un sistema de lógica inductiva donde el conocimiento se sustentaba en la acumulación de verificaciones de un hecho para afirmar su veracidad.

Durante varios años esta metodología fue la que dirigió los esfuerzos científicos a la hora de responder las interrogantes que se fueron sucediendo, sin embargo con la llegada de Karl Popper esta situación se modificaría. Popper sostuvo que el razonamiento inductivo conllevaba a errores ya que sumar confirmaciones a un hecho no era, en efecto, suficiente para justificar la veracidad del mismo. La propuesta de Popper sostenía que tenía más poder el hallazgo de un contraejemplo que la verificación del hecho.

Es de este modo que se desarrolló el método hipotético deductivo como respuesta al método inductivo desarrollado por pensadores anteriores a Popper. Este método propone que la investigación científica está dirigida por una hipótesis. Esta hipótesis supone una respuesta, que sería esperable que sucediera en la realidad, y una experimentación que refutará o corroborará la hipótesis propuesta en un principio. Esta propuesta fue aceptada por la comunidad científica y se adoptó el método hipotético deductivo como sistema para el desarrollo de los estudios científicos.

Desde entonces ha habido otras propuestas epistemológicas, sin embargo, Kuhn en su tratado desarrolló un sistema de cómo progresa la ciencia en el tiempo pero no estableció un nuevo método que superara la propuesta de Popper. Lakatos por otro lado también propuso un sistema diferente de progreso y de acuerdo científico respecto de la investigación, pero tampoco propuso un método epistemológico nuevo. Aunque se debe destacar que si perfeccionó la propuesta de Popper generando el llamado falsacionismo sofisticado. La última propuesta de peso llegó de mano de

Paul Feyerabend que en su versión, más anarquista, propone que cualquier forma de conocimiento puede ser válida para responder a una interrogante, pero nuevamente no extiende una versión alternativa al método hipotético-deductivo de Popper.

Esta situación provoca una serie de interrogantes cuya respuesta es difícil de dilucidar. Preguntas como ¿es realmente la inducción un sistema tan ausente en el método de investigación científica? ¿el método hipotético-deductivo es tan universal como se lo describe? ¿será acaso que el verdadero método de la ciencia es un conjunto de métodos que se complementan unos a otros?. Estas cuestiones tienen profunda implicancia en el accionar cotidiano de la ciencia y trabajarlas de forma continua es una herramienta fundamental para, desde la teoría, mejorar y perfeccionar la práctica científica.

En el caso particular de la Ecología, el proceso de testeo de sus hipótesis, suele utilizar a menudo elementos de análisis, que encuentran sustento en un formato lógico más relacionado con el inductivismo que con el deductivismo. Por lo tanto, la superioridad planteada por Popper, del deductivismo respecto al inductivismo se encuentra en jaque.

Este trabajo tiene como objetivo realizar un análisis epistemológico de la ecología, más precisamente un análisis de los métodos que utiliza un ecólogo para obtener conocimiento. Para esta finalidad se analizará la forma de trabajo de la Ecología en distintas investigaciones para establecer una crítica al método hipotético-deductivo y postularemos que en realidad este método es una forma encubierta de inducción, por las siguientes razones: 1) la prueba de hipótesis y/o teorías nunca es concluyente, sino aceptada provisionalmente; 2) el avance de la ciencia no puede justificarse sin un soplo de inducción; 3) la forma en que trabaja un ecólogo es inductiva ya que se basa en investigaciones precedentes que han sido confirmadas de forma probabilística por la experiencia, así como también lo que le da fuerza confirmatoria a su investigación (y a las investigaciones precedentes) es apoyarse en investigaciones semejantes que han provisto los mismos resultados y han investigado

sobre cosas similares. Es decir, través de la acumulación de datos brindados por investigaciones semejantes es que se confirman las hipótesis y/o teorías, nunca de forma concluyente sino de forma probabilística. Esto significa que sobre la base de los elementos de juicio disponibles (las investigaciones preexistentes) se le asigna a la hipótesis alguna probabilidad o algún grado de confirmación.

Este trabajo constará de dos grandes partes. En la primera parte se caracterizarán la propuesta inductiva y la propuesta deductiva de la ciencia, visualizando sus problemas. En la segunda parte, se analizarán los supuestos epistemológicos y metodológicos presentes en los trabajos de investigación de la ecología. Ambas partes nos servirán para poner a prueba nuestra tesis: el método popperiano hipotético-deductivo es en realidad una forma encubierta de inducción por basarse en los mismos supuestos y por tener los mismos problemas, como puede visualizarse en la forma en que trabaja un ecólogo.

### **Principales características del método inductivo:**

Según el positivismo lógico o neopositivismo (Strawson, 1969; Carnap, 1969; Russell, 1977; Carpio, 1995; Lorenzano, 2010), la ciencia es un sistema lingüístico, un conjunto de proposiciones en el que se distinguen dos tipos:

1. Enunciados de Nivel I que hablan de un individuo o un conjunto de individuos, caracterizándose por la observación directa del fenómeno descrito, también llamados en jerga filosófica la base empírica, el conjunto de hechos en los que se apoyan todo el edificio de la ciencia.
2. Enunciados de Nivel II que hablan acerca de una población global y se obtienen generalizando, haciendo válidos para todos, en todo tiempo y lugar, las observaciones efectuadas y expresadas en el Nivel I. Por ejemplo, “todos los ecosistemas poseen redes tróficas”.

Los enunciados de nivel II corresponden a las leyes científicas y a partir de ellos se deducen predicciones y explicaciones.

## **El problema de la inducción:**

En este tranquilo universo teórico en el que leyes inmutables de la naturaleza garantizan lo razonable de la asociación efectuada y de las leyes que de ellas resultan, las preguntas de Hume (1984) resonaron fuertemente. Hume preguntó: ¿Cuál es el fundamento de todas estas conclusiones que formulamos con la experiencia?, ¿En base a qué sostenemos una ley, que habla de lo que todavía no conocemos?, ¿Cómo pasamos de lo conocido a lo desconocido? , ¿Por qué extender lo experimentado, los signos ya aprendidos al futuro?.

Sólo se extiende el pasaje de una afirmación particular, Nivel I, a otra general, Nivel II, si existe un principio de inducción (Popper, 1934, 1963) que haga de nexo entre una y otra, un postulado válido que diga, aproximadamente:

“Si en un número suficientemente grande de casos se ha dado una relación, ésta será válida para todos los casos”. Sólo si existe este principio como premisa de la inferencia queda autorizada la inducción.

1. ¿Será un principio analítico? No puede ser analítico porque las premisas analíticas de un razonamiento válido no puede conducirnos de la verdad a la falsedad, pero el principio de inducción puede conducir de la verdad a la falsedad, con lo que queda demostrado que no es un principio analítico, ya que este conserva la verdad de premisas a conclusión.

2. Tampoco sería un principio a priori, ya que según Hume las asociaciones entre signo y hecho esperado, entre A y B, no son de ninguna manera previas a la experiencia, ya que debe aprenderlo y esto ocurre en la experiencia nunca en el a priori.

3. Debe ser entonces un principio de la experiencia y justificarse por la experiencia. Pero toda inferencia de la inducción se justifica, a su vez, en forma inductiva. Esta circularidad de argumentos es inadmisibles.

No siendo un principio analítico, a priori o de la experiencia, el tal principio no puede justificar a la inducción, ya que el mismo es injustificado.

Es por esto que los razonamientos inductivos son inválidos en el sentido de que, aunque estén bien hechos, pueden llevarnos de premisas verdaderas a conclusiones falsas. Esto significa que carecen de una justificación que pueda demostrar la verdad de la conclusión. Sin embargo, los razonamientos inductivos tienen carácter ampliatorio, ya que la conclusión dice más que sus premisas y necesitamos razonamientos ampliatorios tanto en la ciencia como en la vida diaria. Por el contrario, los razonamientos deductivos no son ampliatorios, no agregan nada nuevo a lo que ya estaba contenido en sus premisas. El problema de la inducción surge porque razonamos inductivamente y este tipo de razonamiento es ampliatorio pero inválido, de lo contrario el problema de la inducción no habría surgido (Haack, 1991; Gamut, 2010; Copi, 2010). Debido al problema de la justificación del enunciado legaliforme, el inductivismo sofisticado le asigna a la conclusión alguna probabilidad o algún grado de confirmación sobre la base de los elementos de juicio disponibles.

### **Principales características del método hipotético-deductivo:**

En 1934 Karl Popper, Vienés contemporáneo y adversario del Círculo de Viena, publica *La lógica de la investigación científica*, en donde propone una posible solución al problema de la inducción, desde un racionalismo deductivo atemperado por la experiencia, al que luego llamará racionalismo crítico, versión actual del hipotético-deductivismo, conocido como el método estándar, habitual de la ciencia, la manera canónica aceptada y sancionada con la cual presentar los resultados de las investigaciones, la manera correcta de realizar y de escribir un trabajo de investigación, una tesis y un plan de trabajo.

El método hipotético deductivo está tan internalizado en el quehacer científico que permanece oculto su origen filosófico y el hecho de que es él mismo filosofía misma, filosofía de la ciencia (Lorenzano, 2010).

A diferencia de la concepción inductivista de la ciencia, Popper postula que el conocimiento científico y común no es empírico, no es inductivo sino que es hipotético deductivo. Esto quiere decir que existe un proceso creativo en la formulación de hipótesis, que establece un abismo infranqueable entre la observación y las leyes (enunciados generales que contienen términos teóricos inobservables), ya que estos últimos no provienen de la experiencia.

### **Verificación y refutación de hipótesis:**

La concepción popperiana de la ciencia tiene como punto de partida el rechazo total del inductivismo en cualquiera de sus variables (ingenuo y sofisticado). Según Popper (1934, 1963), no es posible verificar una afirmación legaliforme ni tampoco asignarle probabilidad alguna; pero si es posible en cambio refutarla, basta para ello encontrar un contraejemplo. Testear empíricamente una teoría es para Popper tratar de refutarla, si no se logra la teoría queda corroborada y puede ser aceptada provisoriamente. Popper está obligado a sostener esto, ya que cualquier razón que permita pronosticar éxito futuro sobre la base del pasado, es una razón inductiva (Hume, 1984).

Es por esto que Popper (1934) establece una asimetría entre el proceso de verificación y de refutación. Una hipótesis queda refutada a través del uso correcto de la inferencia válida denominada *modus tollens*, que permite refutar hipótesis. Se comprueba la falsedad de la consecuencia observacional y por lo tanto la hipótesis queda refutada.

Por otra parte, una hipótesis queda corroborada, mas no verificada, ya que no se dispone de una inferencia válida que permita señalar la verdad de la hipótesis, por el contrario el mecanismo que se utiliza para corroborar hipótesis es la falacia de afirmación del consecuente. Es por esto que si se corrobora la hipótesis a través de la contrastación de la verdad de la consecuencia observacional, esta seguirá contrastándose perpetuamente, ya sea en nuevas situaciones experimentales, ya sea en su uso posterior. Las hipótesis no pueden ser verificadas ya que resulta imposible

reconocer una población en todo tiempo y lugar y constatar su verdad. Popper toma el hecho lógico de que la verdad de la consecuencia observacional no diga nada acerca de la verdad de la teoría, como fundamento de la no verificación de las mismas, y la conservación de la verdad en la deducción como base para la refutación (Lorenzano, 2010).

### **Los problemas de la propuesta popperiana:**

Los problemas en los que cae el método popperiano hipotético-deductivo cuando intenta justificar el conocimiento y el progreso científico son los mismos en los que cae el método de inducción, por las siguientes razones:

1) La concepción popperiana de la ciencia no brinda una imagen plausible de la ciencia, ya que los científicos no buscan por ejemplo refutar la hipótesis plantada sino corroborarla, de hecho todo el edificio teórico y empírico del cual se desprende la hipótesis y el problema planteado, buscan confirmar y extender la teoría reinante a un mayor número de sectores de la realidad.

2) Popper señala que la ciencia comienza con la invención, el proceso creativo de la formulación de hipótesis y/o teoría, pero para que haya teoría, es decir una interpretación de la realidad, tiene que existir previamente algo sobre lo que imaginar y crear, la empiria, es imposible que alguien realice una interpretación, y cree una hipótesis sin hechos (pregunta metafísica por el ser: qué es el mundo y cómo es el mundo). El acto creativo de invención de hipótesis supone la incompletud del conocimiento por ser una interpretación de lo que ocurre en el mundo, la cual también es prueba de la falibilidad de todo conocimiento sobre el mundo externo.

3) Al igual que en la inducción la deducción no garantiza la transmisión de la verdad de premisas a conclusión. El esquema lógico de la confirmación indirecta de hipótesis es la falacia de afirmación del consecuente, una forma inválida de razonamiento deductivo. En realidad los razonamientos que confirman hipótesis pueden ser vistos de las dos maneras: como razonamientos deductivos inválidos pero

más o menos plausibles, y como razonamientos inductivos. Un razonamiento es deductivo si las premisas dan un apoyo concluyente a la conclusión. En cambio si las premisas dan algún apoyo a la conclusión pero no un apoyo concluyente, el razonamiento es inductivo. De esto se sigue que si la ciencia usa la falacia de afirmación del consecuente, como sugiere Popper, entonces admite que en ciencia se razona inductivamente. Su propuesta corroboracionista es una propuesta inductivista encubierta.

4) Cuando el método hipotético-deductivo intenta justificar el conocimiento cae en falacia de afirmación del consecuente, esto quiere decir que de premisas verdaderas se puede arribar a una conclusión falsa. Lo que significa que carecemos de pruebas concluyentes que nos permitan señalar que la conclusión a la que hemos arribado sea verdadera. A lo sumo lo que podemos decir con respecto a la conclusión es que probablemente no nos conducirá al error, si ha sido confirmada numerosas veces por la experiencia, ya que ha sobrevivido airoso al no de la naturaleza. Las hipótesis y/o teorías terminan siendo corroboradas probabilísticamente, con lo cual no se tiene la certeza al igual que en la inducción sobre sí lo que estoy considerando conocimiento realmente lo sea (esto ocurre con las hipótesis, teorías y leyes que se plantean tomando el método deductivo). Es por esta razón que Popper las considera conjeturas, esto mismo sucede con las proposiciones generales a las cuales arriba la inducción, mejor conocido como el problema de la inducción.

5) El conocimiento para la concepción popperiana es la acumulación de estudios sobre un mismo tema que corroboren una hipótesis y/o teoría, de esta forma establece el vínculo entre corroboración y acercamiento a la verdad que considera como la meta de la ciencia. Entre más estudios corroboren una hipótesis y/o teorías más verosímil se la considera por haber sobrevivido a más intentos de refutación. Pero nada asegura que dicho conocimiento sea falso, por ejemplo, un ecólogo parte de un soporte teórico/empírico brindado por otros estudios a través de los cuales formula un problema y una hipótesis. Luego para poner a prueba dicha hipótesis se realizan experimentos y/o se recolectan datos guiándose por la hipótesis y el problema de

partida. La hipótesis y/o el problema determinan que variables seleccionar, esto provoca que se reduzca la realidad a unos cuantos parámetros, con lo cual no se termina dando cuenta de cómo es la realidad en sí, sólo se analiza una parte. La falta de pruebas concluyentes que demuestren que la hipótesis planteada sea verdadera y el conocimiento incompleto y acotado de la realidad terminan provocando los mismos problemas que tenía la inducción cuando intenta justificar el conocimiento.

6) Según la concepción popperiana, el conocimiento científico es falible, esto se debe a la falta de certeza y de pruebas concluyentes y en última instancia es un tipo de conocimiento probabilístico. El método estadístico que maneja un ecólogo parte del análisis de las variables relevantes, acotando y reduciendo la realidad, es probabilístico y a través de él la hipótesis queda corroborada o refutada. Por otro lado, la discusión es una interpretación de los resultados a través del soporte empírico y teórico de otras investigaciones, esto provoca una mayor fuerza corroboratoria y se da por sentado que la ciencia acumula estudios empírico/teóricos de otras investigaciones, proveyendo una mayor fuerza corroboratoria de la hipótesis y dando por sentado que la ciencia acumula estudios empíricos/teóricos a través de los cuales corrobora hipótesis, teorías, leyes de forma probabilística, es decir por ser más verosímiles. En otras palabras, una teoría se la considera más verosímil por el hecho de tener más pruebas empíricas a su favor, más estudios que demuestren que la realidad parecería ser como ellos la plantean.

7) Este problema lo extiende a los enunciados básicos: aceptar un enunciado porque describe un hecho que estamos observando, es aceptarlo por razones que no prueban su verdad de manera concluyente. En su versión más general la inducción se relaciona con todo apoyo no concluyente. El convencionalismo de Popper es consecuencia de su anti-inductivismo, convencionalismo que corta el vínculo entre teoría y hecho.

8) Lo mismo ocurre con la concepción del progreso científico, ya que Popper no logra establecer el vínculo adecuado entre la corroboración y el acercamiento a la

verdad, es decir, entre la metodología de la ciencia y su meta. Para resolver este problema tiene que admitir un “soplo” de inductivismo, es decir sólo mediante un argumento inductivo se puede establecer el vínculo necesario entre corroboración y verosimilitud.

9) La predicción es una forma de razonamiento inductivo ya que sobre la base finita de elementos de juicio a favor establecemos que lo que mismo que ocurrió en el pasado ocurrirá en el futuro.

Por todo lo anteriormente señalado consideramos que el método hipotético-deductivo en lugar de ser una propuesta superadora frente al problema de la inducción como pretende Popper, termina cayendo en los mismos tipos de problemas y el mismo tipo de conocimiento, es por esto que consideramos que la deducción no representa un real avance o superación de la inducción por el contrario creemos que fue un intento fallido, que imita a la inducción por basarse en los mismos supuestos.

### **Análisis epistemológico de diferentes investigaciones ecológicas**

En este apartado analizaremos epistemológicamente las partes componentes de un trabajo de investigación. Temeremos para esto, diferentes trabajos que aborden un mismo tema, en nuestro caso organismos ingenieros ecosistémicos, ya que esto nos permitirá visualizar la metodología utilizada y la forma en que trabaja la comunidad de ecólogos y científica para obtener conocimiento del mundo externo y dar respuesta a un problema.

El término teórico organismo ingeniero ecosistémico fue desarrollado por Jones, Lawton & Shochak, en 1994. Estos autores definen a los ingenieros ecosistémicos como: “organismos que directamente o indirectamente modulan la variabilidad de recursos para otras especies por cambios causados en los estados físicos de los materiales bióticos o abióticos, modificando, creando o cambiando hábitats” (Jones *et al.*, 1994).

Para poner a prueba el enunciado legaliforme “todo hábitat sobre la tierra está influido por ingenieros ecosistémicos” según el cual en términos del inductivismo corresponde a una ley y en términos de deductivismo a una conjetura (hipótesis), los autores proponen varios ejemplos tomando a diferentes organismos que clasifican como ingenieros autógenos y alógenos. Los ingenieros autógenos son aquellos organismos que cambian la estructura física del ambiente como los árboles o los corales, mientras que los ingenieros alógenos son aquellos organismos que transforman los materiales vivos y no vivos, desde un estado físico a otro por mecanismos y otros medios como los castores (Jones *et al.*, 1994).

Tradicionalmente la ecología de ecosistemas y de comunidades basaba sus estudios y su comprensión acerca del funcionamiento de un ecosistema en las interacciones tróficas entre organismo y en la competencia intraespecífica e interespecífica por recursos bióticos y abióticos: predación, mutualismo y parasitismo. En cambio, la novedad que introduce el término teórico organismo ingeniero ecosistémico es que los organismos actúan directa o indirectamente sobre otros modificando, manteniendo o creando hábitats sin involucrar relaciones tróficas (Jones *et al.* 1994). De esta manera este concepto amplía las formas de comprender como los diferentes organismos que habitan un ecosistema interactúan unos con otros directa o indirectamente, haciendo más fuerte el siguiente enunciado legaliforme: “los organismos vivos y el medio ambiente inerte que conforman a un ecosistema están inseparablemente ligados y actúan recíprocamente entre sí, a través de los ciclos de energía, de las cadenas de alimentos y de los ciclos biogeoquímicos”. Esta forma de proceder es inductiva ya que se agregan nuevos ejemplares que dan mayor grado de confirmación y de verosimilitud al enunciado legaliforme, a través de nuevos estudios el enunciado legaliforme se hace más fuerte inductivamente, lo que muestra que la ecología adopta el método inductivo y su enfoque cognitivo.

Los estudios realizados sobre ingenieros ecosistémicos necesitaron en primer lugar de estudios precedentes de la ecología de poblaciones y de comunidades que estudiaba el rol de los organismos en la creación y mantenimiento de hábitats (Jones

*et al.*, 1994). Es decir que la creación y surgimiento de este término teórico se necesitó de estudios descriptivos, que utilizaban el método inductivo para poder surgir. A través de la acumulación de datos empíricos y de estudios descriptivos es que se logró proponer una interpretación original y novedosa de los datos, dando como resultado la creación de un término teórico que describe y explique cómo ciertos organismos modifican, crean o mantienen un hábitat modulando la disponibilidad de recursos para otras especies. El trabajo de Jones *et al.* (1994) hace explícito el hecho de que la idea de que algunos organismos alteran la estructura física y su ambiente y como impactan sobre su propia y otras poblaciones no es nueva, es decir que fue necesario que primero allá estudios previos descriptivos para que surja la idea de que algunos organismos actúan como organismos ingenieros ecosistémicos.

A partir de la creación del término ingeniero ecosistémico (Jones *et al.*, 1994) se hicieron numerosos estudios que ampliaron la cantidad de especies consideradas ingenieros ecosistémicos, también se construyeron modelos que predicen el efecto de los ingenieros a escala local, variando en función de la productividad del sistema y en la mayor o menor productividad de los parches creados en comparación de las áreas no modificadas (Wright, Jones & Flecker, 2002). Sumado a esto, se ha postulado que la magnitud del impacto del organismo ingeniero dependerá de las características particulares de la especie ingeniera: el efecto producido por cada individuo, la densidad poblacional, el tiempo de permanencia, el área ocupada por la especie ingeniera, la persistencia de la estructura y la cantidad y la magnitud de recursos que modula (Sosa, 2006). Es así que consideramos que la comunidad científica de ecólogos en lugar de actuar al modo de Popper intentando refutar la hipótesis constantemente, por el contrario intenta confirmar y ampliar la hipótesis de partida mediante el estudio de nuevos sectores de la realidad, como también de estudio más específico que caractericen en el caso de los ingenieros ecosistémicos la magnitud del impacto de estos organismos sobre una comunidad o una población.

Como lo señala Sosa (2006) el concepto organismo ingeniero ecosistémico luego de diez años de planteado se han desarrollado en torno al mismo diversas líneas de investigación. A través de la creación de este término teórico se abrieron nuevos interrogantes los cuales apuntan a ampliar los conocimientos obtenidos a nuevos sectores de la realidad con lo cual los científicos buscan seguir confirmando la hipótesis y extenderla a nuevos sectores, es decir generalizarla tal como lo plantea la inducción.

Los estudios realizados por Sosa (2006) sobre la hormiga *Atta vollenweideri* permitieron confirmar el hecho de que *A. vollenweideri* actúa como un organismos ingenieros ecosistémicos por incrementan la riqueza de especies ya que incrementan los heterogeneidad de hábitat debido a las modificaciones físicas. Otros estudio realizados sobre el Castor canadensis en los Estados Unidos permitieron formular la siguiente predicción: la adición de un ingeniero ecosistémico a escala de paisaje podría incrementar la riqueza de especies por incrementar la heterogeneidad de hábitat (Wright *et al.*, 2002).

Otro buen ejemplo de cómo trabaja la comunidad de ecólogos en torno a un tema son los estudios realizados sobre primates. Stevenson (2013) parte de la base de otros trabajos realizados hasta el momento y sostiene que puede concluir que los primates (especialmente las poblaciones de frugívoros grandes) tienen un papel determinante en la composición de los bosques donde habitan, y se prevé que en su ausencia los recursos del bosque cambiarán a largo plazo. De acuerdo con esto, se puede concluir que estos animales actúan como ingenieros ecosistémicos, dado el papel que juegan en la regeneración de los bosques (Stevenson, 2013).

Por otra parte, el concepto organismo ingeniero ecosistémico resulta de suma importancia para comprender cómo se genera y cómo se conservar a la biodiversidad, ya que muestra como ciertas especies contribuyen en mayor medida que otras a generar mayor biodiversidad (Shahid *et al.*, 1999). Esto quiere decir que la pérdida de un organismo ingeniero ecosistémico repercute directamente sobre la comunidad en

la habita causando mayor pérdida de biodiversidad y un desequilibrio en el ecosistema de consecuencias incalculables. Este concepto junto con “especie clave” y “grupos tróficos” contribuyen a comprender el funcionamiento colectivo de un ecosistema. Es así como a través de este concepto se nutrieron y se ampliaron los estudios acerca de la biodiversidad, pudiendo comprender el funcionamiento de los ecosistemas brindando mayor fuerza confirmatoria del enunciado legaliforme enunciado más arriba.

Sobre la base de los estudios realizados sobre organismos ingenieros ecosistémicos podemos concluir que todos los trabajos parten de una base empírico/teórico previa descripta en la introducción a través de la cual formulan un problema y una hipótesis. Luego seleccionan una metodología de toma de datos que puede ser experimental o muestral, la cual es la base empírica necesaria para poner a prueba su hipótesis. La metodología utilizada consiste en el análisis estadístico de las variables más relevantes presentes en la hipótesis de trabajo. El método estadístico es un procedimiento inductivo, ya que se basa en la probabilidad, además recorta la realidad ya que selecciona las variables que considera relevantes para la obtención de conocimiento del objeto de estudio. En la sección resultados se realiza una interpretación de los datos arrojados a través del análisis estadístico de las variables seleccionadas. Y por último en la sección discusión se comparan los resultados obtenidos con los de otras investigaciones semejantes a fin de brindar una mayor fuerza confirmatoria de la hipótesis de partida, procedimiento propiamente inductivo, ya que busca mayor cantidad de elementos de prueba a favor del enunciado legaliforme. Además se interpretan los resultados obtenidos en la investigación partiendo también de la interpretación de investigaciones similares que brinden más elementos de prueba a favor de su hipótesis. Por otro lado la sección discusión brinda la posibilidad de abrir nuevos interrogantes que permitan no sólo seguir confirmando la hipótesis sino generalizarla por abarcar cada vez más sectores de la realidad.

## **Metodología de la investigación en ecología**

En el caso especial de la Ecología existen muchos elementos de investigación que corresponden a modelos que basan su efectividad en su éxito en el tiempo. Estos modelos como por ejemplo, el modelo de MacArthur & Wilson (1967) sobre la biogeografía de islas que fue implementado para el diseño de áreas protegidas para la conservación de las especies, se utilizan para evaluar, establecer, y analizar problemas de tipo de la gestión ambiental, el manejo de recursos, la protección de hábitats. La Ecología posee tres elementos que son fundamentales en la investigación y gestión de ecosistemas, el primero consiste en “conocer”, se puede explicar este elemento como la vista de un hecho particular, casi como sacar una fotografía de un momento; el segundo elemento en este triángulo ecológico es “explicar”, por explicar se entiende juntar una cantidad de hechos particulares para obtener una explicación de un suceso general; finalmente se llega al tercer elemento de esta trilogía, la “predicción”, que consiste en poder vaticinar eventos futuros en base al modelo generado (Blanco, 2013).

El primer concepto extendido, el conocimiento, tiene un profundo elemento inductivo que conduce su desarrollo. Es evidente que para que se tenga conocimiento de un evento deben haberse acumulado una cantidad de situaciones puntuales que den cuenta de esa situación. De esta manera se produce un razonamiento lógico basado en la acumulación de datos que corresponde con claridad al método inductivo (Kimmins, Blanco, Seely, Welham & Scoullar, 2010).

Acto seguido al proceso de conocer, donde se generan conocimientos, se continúa con la explicación que posee un carácter deductivo debido a que las explicaciones de los hechos derivan de los mismos. Por lo tanto si las explicaciones son consecuencias directas de los hechos entonces estas serán claramente deductivas.

El último paso en este sistema de desarrollo de conocimiento es el correspondiente a la predicción. En este paso se puede tomar el conocimiento adquirido y realizar extensiones a futuro que permitirán pronosticar respuestas esperables a ciertos

eventos, de esta forma se pueden generar normas de gestión y manejo que se corresponderán con un menor impacto. Pero para llegar a este nivel de predicción debe suceder primero un proceso de compilación de los datos y de sistematización de los mismos para poder desarrollar un modelo de aplicación (Jakeman *et al.*, 2008).

### **Ejemplos en la ciencia actual**

Cada vez que se utiliza un método o metodología probada en un trabajo ecológico, indirectamente se espera que el resultado final se adapte a la premisa de esa metodología. Es decir, ese concepto teórico descansa sobre una serie de supuestos que implícitamente están involucrados en el resultado final del estudio. De esta manera al utilizar estos modelos y aceptar que nuestros resultados se corresponden con los supuestos teóricos del mismo, estamos sumando un elemento corroboracional, que es inductivo, al sustento de ese método.

Por ejemplo si se emplea un análisis de bioindicadores, como podrían ser los escarabajos de la familia Carábidos, para establecer el estado de salud ambiental de un ecosistema particular estamos utilizando un meta-análisis para alcanzar nuestro resultado. El objetivo del trabajo es establecer el estado de salud del ambiente de un ecosistema problema, pero para esto estamos aceptando que los carábidos son sensibles a presiones ambientales, que modifican su cantidad de individuos o la representación de especies en ese ecosistema, suponemos cierto también que podemos monitorear ese efecto a través de la realización de un estudio que proporcione datos acerca de lo que ocurre en el sistema cuando este organismo está presente o ausente. Sobre este último punto también podemos extender la tercer parte de la triada cognitiva de la ciencia, la predicción, porque al suponer ciertos todos estos supuestos, nos encontramos habilitados a hacer inferencias sobre el futuro, la predicción es una forma de razonamiento inductivo ya que sobre la base finita de elementos de juicio a favor establecemos que lo mismo que ocurrió en el pasado ocurrirá en el futuro. Sin embargo todos estos resultados si se corroboran con estas

teorías pasan a ser solamente una prueba más de estas y como tales, una prueba inductiva.

De otro modo utilizamos elementos inductivos en nuestros análisis cuando realizamos estimaciones indirectas como sucede en el caso de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI por sus siglas en inglés), este índice utiliza las dispersiones de las longitudes de onda de la vegetación para estimar la cantidad y desarrollo de las plantas de un área donde sacamos conclusiones de un tipo de análisis cuya relevancia se encuentra en la información que brindan datos secundarios.

Otro tipo de estudios que requiere de modelos ecológicos es el caso del desarrollo de pautas de manejo ambiental como puede ser el caso de silvicultura, donde la experiencia es la base principal de los supuestos para los modelos considerados. Una gran cantidad de hechos otorgan la base para desarrollar los modelos de gestión. Es decir que cada estudio analítico de un ecosistema que se basa en un método o modelo consta de un trasfondo inductivo innegable y por lo tanto al aceptar los supuestos y bases de cada modelo no sólo estamos realizando un aporte inductivo al funcionamiento del modelo sino también a cada uno de sus supuestos.

Más específicamente en el área temática de los ingenieros ecosistémicos podemos ver cómo, al ser un área en desarrollo, nos encontramos con aportes claramente inductivos. Tomando como ejemplo el trabajo de Arismendi *et al.* (2008), se puede ver que ya desde el inicio de su estudio esta matizado con elemento de índole inductiva. En el objetivo informa “El objetivo de este trabajo es contribuir con evidencia empírica que permita cuantificar el impacto directo del castor en la estructura del bosque ribereño de lenga en dos sectores de la Isla Grande de Tierra del Fuego. Se pretende así ayudar al entendimiento del patrón de invasión e influencia de esta especie en la dinámica de los bosques subantárticos. La hipótesis de trabajo es que el castor, al igual que en el hemisferio norte, selecciona árboles de menor diámetro, mostrando una preferencia por lugares que presentan una

determinada estructura diamétrica de bosque ribereño.” Como dice en el objetivo se trata de contribuir con evidencia empírica, esto implica que se intentará sumar un aporte al conocimiento existente que claramente es un aporte inductivo.

### **¿Inducción y deducción enemigas o miembros de un mismo elemento?**

Podemos decir entonces que en realidad existe una retro alimentación entre la inducción y la deducción, que con la cooperación de la abducción, que es un razonamiento lógico en el cual a partir de un hecho se llega a una hipótesis que explica las causas del hecho permite establecer un círculo lógico que se retro alimenta generando así el avance de las teorías científicas. Podemos decir de alguna manera que si alguna teoría está sustentada hoy y se pueden desprender hipótesis de ella, es porque primero existió una etapa de inducción donde se acumularon resultados similares sobre un hecho particular que permitió establecer luego una regla general que sería el elemento fundamental para poder establecer un razonamiento hipotético-deductivo de la misma. Es decir, el hecho de poder decir, la situación A paso en el caso 1, en el caso 2, en el caso 3, etc. es lo que luego posibilitó establecer la regla general “La situación A sucede en todos los casos”.

Claro que esto será cierto en tanto y en cuanto la regla no se refute, en cuyo caso dejará de ser corroborada. Pero, aunque su refutación resulta de contrariar un razonamiento deductivo, el sustento de esta regla nace del razonamiento inductivo que existe en el hecho de que cada corroboración que se hace de la regla general no es más que un caso particular que la hace más grande. Por lo tanto, cada vez que se sostiene que un hecho está probado porque funciona de esa manera en un trabajo anterior se está aceptando la naturaleza inductiva de nuestro pensamiento.

Como ya se ha dicho, existe entonces una retro alimentación entre inducción y deducción, que se origina en la propia naturaleza del pensamiento lógico. De alguna manera si tuviéramos que hablar de una ciencia de la lógica y tuviéramos que determinar la epistemología de esa ciencia, podríamos acudir a las ideas de Kuhn para explicar su desarrollo. Existiría entonces un estado de preciencia de una

disciplina que se correspondería con la acumulación de hechos fácticos que, de forma inductiva, habrán dado lugar a una regla general sobre ese hecho. Una vez establecida esta regla general se podrán realizar desprendimientos deductivos en forma de hipótesis, que se comportaran como las acciones que corresponden al estado de una ciencia normal. Esta regla se mantendrá vigente y el razonamiento deductivo existirá, en tanto y en cuanto esta ciencia normal no encuentre anomalías que la pongan a prueba.

En el momento que una refutación popperiana se haga presente y una teoría deductiva se encuentre en crisis, donde podría suceder un razonamiento del tipo abductivo, es cuando la inducción toma fuerza de nuevo durante la revolución científica asociada y se generan las condiciones para una nueva regla general y por lo tanto un nuevo periodo de ciencia normal es establecido.

De esta manera se puede observar que el método hipotético deductivo establecido por Popper no es más que una situación particular del accionar de la ciencia y que en su generalidad es mucho más amplio. Se puede ver también que el sustento de la deducción descansa sobre un extenso conjunto de pruebas inductivas que permiten establecer su propia generalidad

Existe entonces una diferencia sustancial que debe considerarse para establecer el desarrollo de la actividad científica. Esta diferencia consiste en que postura epistemológica adoptamos a la hora de realizar nuestro trabajo. Este cuestionamiento, que en principio podría parecer rudimentario y poco trascendental, posee una relevancia superlativa debido a que dependiendo a que postura adhiramos, nuestro pensamiento, nuestra forma de obrar y nuestras conclusiones se verán inevitablemente impregnadas de esta decisión.

Si adherimos a la postura popperiana, entonces aceptamos el poder de la refutabilidad de las teorías y nuestros esfuerzos estarán dirigidos a falsar esa hipótesis. Es decir existe una búsqueda de refutación que, según Popper, implica que la ciencia tome una nueva dirección y de esta manera se produce el avance de las teorías. Esta postura

tiene un carácter considerablemente nihilista ya que nada sería verdad, y el concepto de verdad universal no se alcanzaría nunca ni tan siquiera hipotéticamente porque de todas maneras toda teoría será falsada la única diferencia será cuanto tiempo pasará hasta que esa falsación llegue.

De esta manera se encuentra una profunda incomodidad con el método inductivo que tiene como intención erradicar este método, sin embargo, queda claro que es un intento fallido ya que cada corroboración que se logra sobre una teoría es un claro elemento inductivo que vuelve más firme el sostén de esa teoría. De esta manera el sistema de Popper propone un acto deductivo que nace de un acto inductivo.

Por otro parte si adherimos al sistema de Kuhn (1962) y a la idea de paradigma y ciencia normal, nos damos cuenta de que en realidad nuestros esfuerzos van a estar principalmente orientados a profundizar ese paradigma, nuestra intención será extenderlo y hacerlo tan amplio como se pueda. Este paradigma se mantendrá siempre y cuando no aparezcan anomalías que condicionen al paradigma y que hagan peligrar su existencia.

En la estructura de Kuhn (1962) podemos llegar a apreciar un concepto de verdad, si bien no será una verdad absoluta, en el sentido aristotélico, pero podemos encontrar un tipo de verdad coherentista. El concepto de verdad coherentista implica que una cosa es verdad porque es coherente con la realidad de la que se desprende, en el caso de Kuhn todo conocimiento será verdad si se corresponde con el paradigma vigente.

Es decir, nos encontramos ante una situación completamente diferente a la ilustrada por Popper, con Popper nuestra intención es refutar una teoría, con Kuhn tratamos de extender el paradigma. De todas maneras, en ningún caso se evade el paso inevitable del salto inductivo como generador de teorías.

### **Conclusión:**

El análisis epistemológico de la ciencia y de la forma en que trabaja la comunidad científica a la hora de obtener conocimiento sobre su objeto de estudio, como hemos

reflejado en este trabajo, contribuye a hacer explícito los supuestos filosóficos que utiliza cotidianamente un científico y que se encuentran de manera tácita en su práctica. El develamiento de los diferentes supuestos filosóficos puede orientar al ecólogo sobre los beneficios o los perjuicios de implementar determinada doctrina filosófica. Además el tratamiento filosófico de la ecología da cuenta de que los problemas de la ciencia deben abordarse multidisciplinariamente. Toda forma de conocimiento se encuentra necesariamente emparentada y relacionada con otros conocimientos y forma parte de un contexto histórico del cual nace y es producto. Tratar a cada disciplina o subdisciplinas como una cosa estanca y separada es caer en un reduccionismo y desconocer el sistema del que forma parte. Es por esto que todo problema a resolver por una disciplina científica debe comprenderse en función del todo del que forma parte. Todo problema ecológico también forma parte de una sistema que involucra al contexto histórico, y a todas las disciplinas y áreas con las que el problema este emparentado.

A través del metanálisis filosófico de varios trabajos de investigación en ecología y de la reflexión crítica acerca del contenido de cada una de las partes componentes de un trabajo de investigación pudimos visualizar la forma en que trabaja un ecólogo para obtener conocimiento. En este trabajo pudimos determinar que la metodología inductiva y sus principios cognitivos siguen presentes en la forma que trabaja la comunidad científica, ya que los estudios sobre organismos ingenieros ecosistémicos, junto con los estudios de especies claves y redes tróficas brindan elementos de juicio a favor del siguiente enunciado legaliforme de la ecología de ecosistemas: “los organismos vivos y el medio ambiente inerte que conforman a un ecosistema están inseparablemente ligados y actúan recíprocamente entre sí”. También pudimos determinar que la forma de justificar el conocimiento es inductiva debido a que no se cuenta con elementos de pruebas concluyentes que nos permita señalar la verdad del enunciado legaliforme, sólo se cuenta con elementos finitos de pruebas. La forma en que procede un ecólogo es confirmar la hipótesis y extenderla a nuevos sectores de la realidad, es decir generalizarla tal como plantea la inducción. A su vez, cuando

confirma la hipótesis está confirmando un sin número de otras hipótesis que constituyen el edificio del conocimiento. Por lo tanto la forma en que razona, articula y obtiene conocimiento la ciencia no es deductiva sino inductiva.

Se puede observar claramente que el método inductivo es parte importante del accionar de la ciencia y en particular de la Ecología y que no representa un elemento anticuado y fuera de uso en el proceder cotidiano de la actividad científica. Es claro que existe una profunda interrelación entre elemento inductivos y deductivos que se suceden continuamente y que tiene mayor relación con un desarrollo cíclico que con un fenómeno finito y monotemático.

De esta forma concluimos que el método hipotético deductivo, el cual se supone anti-inductivista y se reconoce actualmente como el método estándar, habitual y por excelencia de las ciencias fácticas, en realidad es una forma de inducción ya que las hipótesis y/o problemas de los que parte una investigación científica se construyen sobre la base de estudios previos, los cuales confirman su hipótesis de forma no concluyente. A su vez la forma de razonar de la ciencia es inductiva y los resultados del estudio en cuestión también prueban la verdad de su hipótesis de forma probabilística. De esto se desprende que el edificio de conocimiento que construye la ciencia es provisorio, falible y sin certezas y que nos puede conducir al error por faltas de pruebas y por un conocimiento incompleta de la realidad del mundo externo. Una posible solución y salida al problema de la verdad en ciencia es también desde una perspectiva inductivista recolectar más elementos de pruebas a favor del enunciado legaliforme a través de estudios a largo plazo más específicos y más acotados que continúen confirmando y ampliando los sectores de la realidad descriptos y explicados por la/s hipótesis.

### **Referencias Bibliográficas:**

Blanco, J.A. (2013). Modelos ecológicos: descripción, explicación y predicción. Revista. *Ecosistemas*, 22 (3), 1–5.

- Carnap, R. (1969). *Fundamentación lógica de la física*. Buenos Aires, Argentina, Sudamericana.
- Carpio, A. (1995). *Principios de Filosofía: Una introducción a su problemática*. Buenos Aires, Argentina, Glauco.
- Copi, I. M. (2010). *Introducción a la lógica*. Buenos Aires, Argentina, EUDEBA.
- Gamut, L. T. F. (2010). *Lógica, lenguaje y significado. Volumen 1*. Buenos Aires, Argentina, EUDEBA.
- Haak, S. (1991). *Filosofía de las lógicas*. Madrid, España, Cátedra.
- Hume, D., (1984). *Investigación sobre el conocimiento humano*. Madrid, España, Alianza.
- Jones, C., Lawton, J. y Shochak, M. (1994). Organisms an ecosystem engineer. *Oikos*, 69: 373-386.
- Kimmins, J.P., Blanco, J.A., Seely, B., Welham, C., Scoullar, K. (2010). *Forecasting Futures: A Hybrid Modelling Approach to the assessment of sustainability of forest ecosystems and their values*. Earthscan Ltd. London, UK. 281 pp. ISBN: 978-1-84407-922-3.
- Kuhn, T. (1962) *La estructura de las revoluciones científicas*. México, México, Fondo de Cultura Económica, 3° ed. (2007).
- Lorenzano, C. (2010). Concepción estructural del conocimiento científico, metodología de los programas investigativos y criterios para formular políticas de investigación. *Electroneurobiología* vol. 18 (1), pp. 3-254.
- Macarthur, R. H. y Wilson E. O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton, United State, Princeton University Press.
- Popper, K. (1934). *La lógica de la investigación científica*. Madrid, España, Tecnos, (1973).
- Popper, K. (1963). *Conjeturas y refutación: el desarrollo del conocimiento científico*. Madrid, España, Ediciones Paidós Ibérica. (1994).
- Russell, B. (1977). *El conocimiento humano*. Madrid, España, Taurus.
- Shahid N., Chair, F.S., R. Costanza, P. R. Ehrlich, F. B. Golley, D. U. Hooper, J.H. Lawton, R. V. O'Neill, H. A. Mooney, O. E. Sala, A. J. Symstad, y D. Tilman

- (1999). La biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas: manteniendo los procesos naturales que sustentan la vida. *Tópicos en ecología*, número 4, otoño, 1999.
- Sosa, B. (2006). Efectos comunitarios y poblacionales de la ingeniería ecosistémica: el rol de la hormiga *Atta vollenweideri* en sabanas arboladas del litoral oeste Uruguayo. *Tesis de maestría*. Universidad de la república Uruguay, facultad de ciencias. Uruguay.
- Stevenson, P. R. (2013). Los primates no humanos como ingenieros ecosistémicos. *Hipótesis*, Apuntes científicos uniandinos, número especial, pp. 68-71.
- Strawson, P. F. (1969). *Introducción a la teoría de la lógica*. Buenos Aires, Nova.
- Wright, J. P., Jones, C. G. & Flecker, A. S. (2002). An Ecosystem Engineer, the Beaver, Increases Species Richness at the Landscape Scale. *Oecologia*, Vol. 132, No. 1, pp. 96-101.