



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS
FILOSOFÍA DE LA CIENCIA
FACULTAD DE CIENCIAS
DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA**

**“EPISTEMOLOGÍA DE LA CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA:
LAS CLASES NATURALES COMO
UNIDADES EPISTÉMICAS ORGANIZATIVAS (UEOs)”**

**TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE DOCTORA EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA**

PRESENTA

ELIZABETH MARTÍNEZ BAUTISTA

**DR. ALFONSO ARROYO SANTOS (FFyL-UNAM)
PhD. FEDERICO MARULANDA REY (UMSNH)
DR. FRANCISCO ROBERTO VERGARA SILVA (IB-UNAM)
DR. MIGUEL ÁNGEL FERNÁNDEZ VARGAS (IIF-UNAM)
DR. FABRIZIO GUERRERO MCMANUS (CEIICH-UNAM)**

CD. DE MÉXICO, ENERO DE 2017.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación doctoral se realizó con el financiamiento de la beca CONACyT durante el periodo 2012-2016.

Para Esdras M.M.
que me enseñó a ser feliz.
crecimos y aprendemos, juntos. Por lo que nos queda por
vivir...

A mí madre y a mí padre quienes me lo han dado todo sin
condición ni medida, por su amor y su cuidado.

Al dador y protector de sueños.

Agradecimientos especiales a:

Los todos los integrantes de mi Comité Tutorial porque hicieron posible que este conjunto de signos tuviera significado, en especial a Federico Marulanda Rey para quien la distancia geográfica no fue un impedimento para seguir de cerca la investigación y por su lectura detallada de esta tesis. A mis amigos y amigas que conocí en esta aventura intelectual llamada doctorado. A las Biólogas del Herbario del Instituto de Biología-UNAM: Gilda Ortiz Calderón y María del Rosario García Peña quienes me enseñaron a apreciar la belleza silenciosa de la biodiversidad resguardada en gavetas, por las horas y los días de aprendizaje. A los integrantes del Taller de Plantas de la FC-UNAM: mis compañeros de equipo Eduardo y Diana. A los profesores: Dr. Jaime Jiménez Juárez, la Dra. Martha Martínez y al Dr. Leonardo A. Cárdenas quienes me dieron la oportunidad de aprender y experimentar la vida en el laboratorio, porque sólo por el placer de enseñar y compartir el conocimiento hicieron todo cuanto estuvo a su alcance para que aprendiera y apreciara la inmensidad de la Biodiversidad. A Carlos Ramos, siempre aquí y ahora el origen y la tierra. A Xóchitl Arteaga Villamil por estar en el momento oportuno. A Mildreth Hernández C. por los buenos momentos en su casa y en las clases. A los integrantes del Seminario del Inst. de Investigaciones Filológicas quienes me compartieron su saber sobre Filosofía Continental, en especial a Jonathan G. Campos, Rosa Loa y Pedro Ignacio. A los compañeros del Seminario de Doctorantes del IIF-UNAM con quienes discutí y mejoré los resultados finales de mi tesis. A los amigos y amigas apasionados por el deporte, en especial a Benjamín López G. corredor, escritor y difusor de la cultura, por su capacidad de hacer verano todo el año. Y a todos y todas aquellas personas que no menciono, pero que están presentes en la memoria.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....7

CAPÍTULO 1. CLASES NATURALES: UNA REVISIÓN CRÍTICA A LA TEORÍA HPC DESDE LA CAUSALIDAD Y LA COMPLEJIDAD

1.- La teoría exitosa de las clases naturales: HPC15

2. Ontología y explicación en las prácticas científicas: la sistemática de especies biológicas.....17

2.1 *Primera crítica: de la causalidad lineal a lo causalmente complejo*..... 19

2.2. *Segunda crítica. Mecanicismo: los genes Hox como reguladores del desarrollo de los seres vivos*..... 20

2. 3. *Tercera crítica: la homeostasis es ¿estabilidad?*.....22

3. Clases naturales y espacios de posibilidad epistémicos25

Conclusión27

CAPÍTULO 2. EPISTEMOLOGÍA Y ONTOLOGÍA: DEL ESENCIALISMO ONTOLÓGICO A LA EPISTEMOLOGÍA REPRESENTACIONAL

1.- HPC y Códigos de Barra de Vida: esencialismo epistémico y reducción de evidencia.....28

1.2 *Código de Barras de Vida: cuando la metodología científica no respalda a la filosofía*.....29

2. Epistemología, ontología y representación: el caso de la taxonomía integrativa.....32

2. 1 *Representación y valor epistémico*.....33

2.2. *Las clases naturales y la taxonomía integrativa: un caso de ejemplificación*.....34

3.- Epistemología y ontología sin reduccionismos36

Conclusión.....37

CAPÍTULO 3. PROCESOS CIENTÍFICOS DE CLASIFICACIÓN Y TRANSICIONES EPISTÉMICAS: LAS CLASES NATURALES COMO UEOs Y SU VALOR INFERENCIAL EN LAS PRÁCTICAS CIENTÍFICAS

1.-Surgimiento de las tendencias hacia las actividades de-hacer-ciencia.....39

1.2 *El giro hacia las prácticas en filosofía de la ciencia y la epistemología*.....41

2. Inferencia abductiva-probabilística43

2.1 *Inferencia abductiva probabilística e inferencia filogenética*.....44

2.2 *Supuestos epistémicos o qué podemos conocer bajo incertidumbre*.....45

2.3 *Abducción probabilística y epistemología de la inferencia filogenética*.....48

3.- Ciencia y filosofía de la ciencia: ¿por qué importan las prácticas científicas en los procesos inferenciales?.....	51
4.- Las clases naturales como Unidades Epistémicas Organizativas (UEOs).....	54
5.- Representación y ontología en la Sistemática de especies biológicas	57
5.1 Representación, abstracción e idealización.....	57
5.2 Ontología y validez de las representaciones en la práctica científica.....	59
5.3 Primer caso. Forma, evidencia y UEOs como dispositivos heurísticos de asignación y pertenencia taxonómica: el caso de <i>T. mixteca</i>	60
5.3.1 Hipótesis, evidencia y clases naturales en la Sistemática de especies biológicas: un caso de heurística ejemplificado por las categorías científicas.....	61
5.4 La construcción y reconocimiento de una nueva especie como categoría taxonómica.....	61
6.- Segundo caso. Las UEOs y su potencial para la transición epistémica: el caso de <i>Amborella trichopoda</i>	64
6.1 De los indicios a las inferencias filogenéticas: el rol epistémico de las Unidades Epistémicas Organizativas.....	65
6.2 Implicaciones epistémicas para <i>Amborella trichopoda</i> como una UEO.....	67
Conclusión. Epistemología de la clasificación en el contexto de las prácticas científicas.....	68
<u>CAPÍTULO 4. ABDUCCIÓN CONTEXTUAL-INTEGRATIVA: HACIA UNA EPISTEMOLOGÍA DE LAS UEOs BASADA EN LAS PRÁCTICAS CIENTÍFICAS.</u>	
1.- Epistemología cuantitativa o cuando el azar resultó determinante para entender el mundo.....	70
2. Las UEOs y su relación con el giro hacia las prácticas científicas.....	72
3.- Hacia una epistemología de las UEOs <i>orientada-hacia</i> las prácticas científicas.....	72
4.- Conocimiento y contexto: abducción contextual-integrativa.....	73
4.1. Abducción contextual integrativa.....	74
Conclusiones.....	79
Perspectivas	82
REFERENCIAS.....	83

Introducción

Las actividades de identificación, categorización y clasificación de los procesos y entidades de la naturaleza implican la obtención de un conocimiento del mundo, puesto que saber a qué clase de cosa pertenece algo nos permite hipotetizar sobre el futuro (predecir) así como dar cuenta de los sucesos del presente y del pasado (explicar). La predicción y la explicación, en tanto procesos y productos epistémicos, permiten la *intervención* del ser humano en la naturaleza porque tales inferencias promueven la construcción de experimentos, artefactos, objetos, tecnologías, técnicas y modelos que nos aproximan indirecta y artificialmente a esta.

Al clasificar el mundo, los sujetos epistémicos no sólo construyen categorías y sistemas de categorías con el fin de organizar la información conceptual sino que también, a la par, construyen el conocimiento de sus objetos de estudio. El tipo de categoría del cual se ocupa esta investigación son las especies biológicas entendidas como *clases naturales* que en el contexto de las distintas disciplinas científicas, adquieren un importante valor epistémico ya que participan en la generación y configuración de las inferencias explicativas y predictivas sobre la naturaleza.

El valor epistémico que pudieran tener las clases naturales en las distintas prácticas científicas ha sido descrito de diversas maneras según cada línea de pensamiento en la filosofía de la ciencia actual. La perspectiva tradicional sobre las clases naturales, al menos desde Putnam (1975) y Kripke (1980), ha depositado el valor epistémico de estas en la preservación del valor de verdad de los enunciados generales de la ciencia en donde tienen ocurrencia debido a la posesión de propiedades esenciales. A su vez, esta perspectiva semántico-esencialista se puede situar en una investigación filosófica que ha sobre-dimensionado el valor de las teorías por sobre las actividades *experimentales* de hacer ciencia dejando a éstas últimas sin autonomía frente a las primeras (Campbell 1920; Hempel, 1958; Carnap 1967 [1928]); (Suppes, 1957; 2002; van Fraassen, 1989; Giere 1988, 2004; Giere, Bickle y Mauldin 2006; Lloyd 1983, 1988, 2013; Lorenzano 2013; Weisberg, 2013).

Una explicación que pretende ser distinta a la forma tradicional-esencialista de entender la importancia epistémica que tienen las clases naturales en las prácticas científicas las cuales que *son un complejo de actividades y de normas, reglas, estándares y tecnologías cuya característica principal es la de hacer uso del razonamiento mediante diversas formas de aprendizaje con el fin de obtener un entendimiento del mundo* (cf. Martínez y Huang; 2016), ha sido dada por la Teoría del Cúmulo de Propiedades Homeostáticas (Boyd, 1999a) en la cual se propone un concepto de clase natural sustentado no en las propiedades esenciales de los individuos que conforman a la clase, sino en los mecanismos que mantienen la uniformidad estable que ésta muestra a nivel ontológico. La estabilidad de la clase es lograda por los *mecanismos homeostáticos* y éstos serían ontológicamente responsables de la acomodación epistémica entre la estructura causal del mundo, y las teorías, en el contexto de las matrices disciplinarias. La teoría HPC (Cúmulo de Propiedades Homeostáticas) es una de las propuestas más importantes en la Filosofía de la Ciencia y ha sido ampliamente aceptada debido a que parece separarse del esencialismo tradicional al resaltar la importancia epistémica de los mecanismos homeostáticos (frente a una

esencia) como causalmente responsables de las uniformidades que muestran los individuos que conforman, por ejemplo, a las especies o bien a los elementos químicos.

Aunque la Teoría del Cúmulo de Propiedades Homeostáticas (HPC) ha sido muy exitosa también es ampliamente criticada (Ereshefsky & Matthen, 2005E; Ereshefsky, 2010; Ereshefsky, 2014) debido a que las clases al estilo HPC presentan una diversidad de problemas tanto ontológicos (problema de determinar qué mecanismos son los responsables de las uniformidades) como epistémicos (el valor inferencial de las clases en el contexto de las prácticas científicas). Debido a estos problemas, HPC ha sido actualizada y en su caso enmendada cambiando el énfasis epistémico de los mecanismos homeostáticos y el rol que tienen en las clases naturales (Slater, 2015) en una propuesta llamada Cúmulo de Propiedades Estables (SPC) que no discutiré en esta investigación doctoral.

La propuesta de clase natural que defiendo a lo largo de este trabajo está sustentada en una argumentación en favor de la construcción de una definición *deflacionista* de “clase natural” que se sitúe epistémicamente entre las perspectivas realistas sobre la existencia de las clases naturales y aquellas que niegan que éstas tengan alguna importancia en la obtención de inferencias explicativas y predictivas en la ciencia.

La tesis principal de esta investigación doctoral es mi definición de que las clases naturales son un tipo de categoría representacional que satisface la definición de ser una *Unidad Epistémica Organizativa (UEO)* puesto que unifica datos interpretados del mundo, representa en un sentido aproximativo a las entidades y procesos naturales y constituye, en el contexto de las prácticas científicas, un dispositivo heurístico que facilita y promueve las *transiciones epistémicas*, esto es, la generación y adopción de nuevos marcos epistémicos para entender la realidad natural.

La definición que propongo sobre las categorías científicas como UEOs se sitúa en una línea de pensamiento del *giro hacia las prácticas científicas* llamada Nuevo Experimentalismo (Hacking 1983, 2009; Shapin y Schaffer 1985; Galison 1987, 1988, 1997; Suárez y Cartwright 2008; Soler, 2014; Keding, 2016; Martínez & Huang, 2016) que redimensiona el valor epistémico de las *actividades de hacer ciencia* desarrolladas en las comunidades científicas, los laboratorios, el ambiente social-económico-cultural en donde se desarrollan los sujetos epistémicos así como las agendas de investigación que configuran y dirigen la generación de explicaciones y predicciones sobre la naturaleza.

Mi propuesta de clase natural como UEO destaca la importancia de las prácticas científicas en los procesos inferenciales generadores del conocimiento, como un todo de actividades de hacer ciencia, reside en que éstas también determinan la *construcción* de los conceptos, categorías y objetos epistémicos mediante los cuales interactuamos con el mundo natural. Las categorías, los artefactos y los conceptos en la ciencia tienen una génesis y un desarrollo que no debería dejarse de lado puesto que al construirlos se *aprehende* algo del mundo natural de tal modo que el conocimiento surge de una indisoluble doble dimensión epistémica: la *teoría como práctica*. En suma, la importancia de las prácticas científicas en la configuración del conocimiento del mundo reside en lo que K. Marx atinadamente mencionó en El Capital a propósito de la tecnología y la

relación del ser humano con la naturaleza: “¿Y esa historia no sería mucho más fácil de exponer, ya que como dice Vico, la historia de la humanidad se diferencia de la historia natural en que la primera la hemos hecho nosotros y la otra no? La tecnología pone al descubierto el comportamiento activo del ser humano con respecto a la naturaleza, el proceso de producción inmediato de su existencia, y con esto, asimismo, sus relaciones sociales de vida y las representaciones intelectuales que surgen de ellas” (1894/1994, pp. 453).

Debido a lo explicado en el párrafo anterior, pretendo situar la epistemología de las UEOs asociadas a las clasificaciones científicas fuera de una metafísica esencialista-realista y de una perspectiva teórico-centrista tal como ha sido hecho en la Filosofía de la ciencia tradicional. Pretendo situar mi propuesta en una epistemología *representacional* y una ontología de procesos dinámicos que dé cuenta de cómo son obtenidas las explicaciones y las predicciones en la ciencia tomando en consideración la *construcción* de las representaciones intelectuales del mundo y los procesos inferenciales que los científicos llevan a cabo cuando hacen ciencia. La epistemología heurístico-representacional de las Unidades Epistémicas Organizativas (UEOs) pretende lograr una explicación de cómo la categorización del mundo se adecua no al mundo mismo sino a la conceptualización de éste expresada en datos interpretados.

El concepto de *representación científica* ha sido ampliamente discutido en filosofía de la ciencia debido a que genera preguntas epistémicas como: ¿qué es la representación científica? ¿qué *representan* las representaciones científicas? ¿cómo representan los modelos usados en la ciencia a los fenómenos naturales? ¿qué tipo de inferencias obtenemos sobre el mundo cuando lo representamos? Las respuestas son diversas dependiendo de la interpretación de qué es un modelo representacional y su uso epistémico en la ciencia.

En esta investigación sobre las clases naturales, el concepto de *representación* deberá ser entendido desde dos puntos de vista que no son incompatibles entre sí: el deflacionismo inferencial (Suárez, 2004; 2015) y la perspectiva ficcional de representación directa de los modelos científicos (Thomson-Jones, 2010; Toon, 2012; Levy, 2015). El deflacionismo inferencial sostiene que dados un sistema representacional A y un sistema a representar B: “A representa B, si y sólo si el poder de representación de A hacia B permite a los agentes competentes e informados sacar conclusiones en relación específica a B ” (Suárez, 2004 p. 773).

La definición de Suárez es tan minimalista que deberá sostenerse sobre otros supuestos como él mismo reconoce (Suárez, 2015) y de ésta sólo me interesa resaltar la idea que afirma que los modelos que representan al mundo permiten actividades inferenciales. Como la propuesta me parece incompleta, retomo las propuestas ficcionales sobre la representación científica las cuales reconocen a los modelos como *descripciones* de sistemas (experimentales) que no existen en el mundo natural puesto que son *construidos* por los científicos con fines inferenciales haciendo uso de la abstracción (omisión de detalles).

Un modelo científico-representacional en las propuestas ficcionales tiene un parecido con los recursos usados en el arte como las pinturas, los textos o los escenarios del teatro los cuales están restringidos por un *principio generativo* nos permite imaginar y conocer cosas del mundo real

(Toon, 2012).¹ Así, en esta perspectiva nunca se define qué son los modelos científicos sino que se nos proporciona su función epistémica: “nos dan una descripción imaginaria de las cosas reales” (Levy, 2012, p. 741). Un modelo científico no representa libremente estados de cosas del mundo sino que es regulado por un *principio generativo* en la práctica científica el cual prescribe cómo y qué describe del mundo mediante el sistema experimental o conceptual construido. Las representaciones científicas, como los modelos, vinculan nuestra conceptualización del mundo con el mundo mismo cuando de cara a la práctica científica permiten a los investigadores manipularlos y tratarlos *como si* fueran sistemas reales para *intervenir* el mundo natural (Thomson-Jones, 2010, 285). Este *como si* es lo que le da el carácter representacional a las herramientas prácticas-conceptuales de la ciencia.

En el capítulo 3 de esta investigación doctoral ejemplifico el carácter representacional de las clasificaciones taxonómicas de las especies biológicas en Sistemática y cómo las UEOs juegan un papel epistémico importante al generar escenarios evolutivos que explican la especiación así como su capacidad para guiar la construcción de grandes sistemas taxonómicos que desplazan antiguas clasificaciones. Con el fin de guiar la comprensión de qué es una *epistemología representacional* presento muy brevemente el ejemplo que desarrollo ampliamente en el citado capítulo.

La clasificación de las plantas con flores (Angiospermas) estuvo basada hasta el siglo pasado en caracteres morfológicos y no fue sino hasta 1999 con el sistema APG-I (Angiosperm Phylogeny Group) que hubo una transición hacia una clasificación basada en secuencias moleculares y monofilia, es decir, relaciones de pertenencia basados en la descendencia hipotética de un ancestro común. Tanto los sistemas morfológicos como los moleculares son *representaciones* de los datos interpretados sobre las Angiospermas y están reguladas tanto en su construcción como en su carácter inferencial por *principios generativos* distintos. En el caso del sistema APG, los principios cladistas (un clado es un grupo monofilético en la línea de ancestro-descendientes) rigen tanto la construcción de la clasificación como el reconocimiento de nuevas especies y en su caso la resolución del ancestro más reciente que dio origen a esas especies.

La clasificación APG-III es una descripción directa² de las relaciones monofiléticas de las Angiospermas que satisface los *principios generativos* evolutivos y que permite a los sistemáticos considerar a APG-III (como en un juego epistémico) *como si* fuera el sistema de mundo real con

¹ Toon adopta esta idea (de que los modelos científicos funcionan de igual modo que los recursos representacionales usados en el arte) de Walton K. (2016) quien propone la teoría de Make-believe (Walton, 1990) como un juego epistémico-representacional en arte.

² Se le llama directa porque en la concepción ficcional no existe una relación entre dos entidades: “the model system and the target system” a la cual Toon (2012) llama relación representacional indirecta y con la cual Weisberg (2007) está de acuerdo. No hay tal relación, hay una descripción aproximada de fenómenos y entidades naturales tal como sucede con las puestas en escena del teatro: los *props*, que son todos estos recursos que se usan *como si* fueran entidades del mundo real, tienen la función de aproximarnos a un mundo (en un juego de *make-believe*) en donde, dadas ciertas reglas, las inferencias que se construyen con base en el juego serán fiables o no.

el fin de generar inferencias explicativas y predictivas sobre este último. Con la descripción proporcionada por APG-III, la normatividad cladista y las categorías que forman parte del modelo APG-III es posible inferir qué eventos evolutivos dieron origen a las plantas con flores, cuál fue el ancestro hipotético más reciente así como los caracteres evolutivos que definen la pertenencia o reconocimiento de especies. En suma, el modelo APG describe (representa) las relaciones evolutivas entre las plantas con flores y el tratarlo *como si* fuera un sistema del mundo real, le permite a los sistemáticos intervenir y explicar el mundo en un ejercicio de adecuación-confección entre los datos interpretados y el modelo.

Esta adecuación de la representación a los datos (información) puede ser descrita como una actividad de *confección* entre los fenómenos, las técnicas y el entendimiento del mundo, por usar las palabras de Hacking (1992), pero a diferencia de este autor mi propuesta no pretende minimizar la importancia epistémica de las clases naturales en la práctica científica sino re-dimensionarlas en un contexto de *teoría-cómo-práctica* que permita mostrar su capacidad inferencial en la obtención de explicaciones-predicciones y *transición epistémica* (cambio científico).

Es mi pretensión que mi definición de las categorías científicas como UEOs y la epistemología heurístico-representacional en donde éstas adquieren relevancia inferencial, estén sustentadas por un modelo de razonamiento al que he llamado *abducción contextual-integrativa* que tiene inspiración en la abducción manipulativa propuesta por Magnani (2001; 2004; 2016). El modelo que presento pretende recuperar elementos extra-teóricos que en conjunción con las UEOs participan en la generación del conocimiento científico y que rara vez son tomados en cuenta en el análisis filosófico sobre el valor inferencial explicativo y predictivo de las categorías científicas.

Mediante este modelo que incluye elementos extra-teóricos como: conocimiento tácito, normatividad contextual, agendas de investigación, acuerdos epistémicos en la comunidad de científicos, artefactos, técnicas, tecnologías y *categorías* que promueven y facilitan la intervención de los científicos en los fenómenos y entidades naturales, pretendo explicar cómo es lograda esta *acomodación* entre la información, las representaciones del mundo y la conceptualización de este último. La *abducción contextual-integrativa* constituye una respuesta alternativa, tanto a HPC como a otras propuestas, a la pregunta filosófica a qué es el conocimiento científico sobre el mundo natural, cómo es construido y cuál es su legitimidad epistémica.

En los siguientes párrafos presento el itinerario de lectura que se puede encontrar a lo largo del texto. En el Cap. 1 presento una breve exposición de la Teoría del Cúmulo de Propiedades Homeostáticas (HPC) así como las críticas que hago desde la causalidad y la complejidad ontológicas. Este capítulo es una invitación a dar el paso de una ontología filosófica lineal, estática y simplista a una concepción dinámica de las entidades y procesos naturales que me permitirá construir una revisión crítica del criterio homeostático para la delimitación de clases naturales al estilo HPC. Mis críticas contra la noción de “homeostasis” como criterio de delimitación para clases naturales se sustenta en la afirmación de que algunos mecanismos que mantienen la uniformidad morfológica de ciertos organismos no constituyen procesos ontológicos suficientes y

necesarios a un grupo particular como para considerarlos la base que explica la “acomodación” entre teoría y mundo. Así también sostengo que al concepto de “causalidad” asociado a la homeostasis en HPC subyace una concepción mecanicista lineal de “misma causa-mismo efecto” la cual es incompatible con la causalidad a la que hacen referencia las diversas prácticas científicas. Para ejemplificar mis críticas recorro a mecanismos genéticos como los genes Hox y los procesos bioquímicos asociados a ciclos circadianos que se ajustan a las condiciones ambientales debido a una causalidad no-lineal.

En el Capítulo 2 propongo una reconceptualización de las clases naturales como *Unidades Epistémicas Organizativas (UEOs)* que pretende estar acorde con las prácticas científicas. El valor epistémico de las UEOs está sustentado no en una ontología esencialista como implícitamente propone la teoría HPC, sino en su rol representacional y heurístico para la obtención de inferencias explicativas y predictivas que den cuenta de los fenómenos y entidades naturales. La re-conceptualización está respaldada en una de las metodologías de reciente adopción en la Sistemática de especies biológicas: la *taxonomía integrativa* y que será ejemplificada ampliamente mediante estudios de caso de la Sistemática de especies en el capítulo 3.

En el capítulo 3, siguiendo la re-conceptualización como UEOs presento una definición *deflacionista* de clase natural que rescata su valor heurístico y representacional en tanto categorías que unifican, organizan y ordenan información sobre el mundo a la vez que resaltan su importancia en el contexto de las prácticas científicas. Si bien recientemente se ha retomado la importancia de las actividades de hacer ciencia, la recuperación del valor de las prácticas científicas, la re-conceptualización que propongo pretende además resaltar que la ciencia como conocimiento obtiene su legitimidad en la relación entre la evidencia (el resultado de las prácticas), los supuestos conceptuales y el componente procedimental, tecnológico y práctico por medio del cual se llega a los resultados epistémicos deseados. En ese contexto es en donde considero que puede entenderse el rol inferencial de las clases naturales tal como las he definido.

Finalmente, en el Capítulo 4 propongo un modelo de razonamiento llamado *abducción contextual-integrativa* que fundamenta mi propuesta de las categorías científicas como UEOs. Este modelo situado en una epistemología *orientada-hacia* las prácticas pretende mostrar que el éxito inferencial en cualquier práctica científica depende de la construcción de las categorías usadas en su sistematización del mundo así como de los procesos inferenciales que justifiquen sus hipótesis, pero también depende del *contexto* epistémico en donde esté *situado* el conocimiento obtenido y generado mediante diversos recursos epistémicos como conceptos, tecnologías, modelos, instrumentos, acuerdos, comunidades epistémicas y agendas de investigación.

La epistemología de las UEOs se separa de los tratamientos convencionales sobre la justificación del conocimiento y su normatividad epistémica porque usualmente se ha depositado el éxito inferencial sólo en las categorías científicas o bien sólo en los procesos inferenciales (inducción, refutación de hipótesis, deducción, abducción, inferencia bayesiana etc.) sin tomar en cuenta que tanto las categorías como los procesos inferenciales son exitosos debido que son legitimados en un *contexto epistémico* propio de cada práctica científica que fundamenta la normatividad del

conocimiento aplicado en el hacer-ciencia del día a día. Considero que la recuperación del *contexto epistémico* propio de cada práctica es también importante en la epistemología en general puesto que también contribuye a la generación y construcción del conocimiento del mundo.

Finalmente, cierro esta investigación filosófica con puntos conclusivos dirigidos a los filósofos de la ciencia interesados en la epistemología de las clasificaciones y categorías científicas. La idea general que articula las conclusiones es que las categorías que durante mucho tiempo se han considerado como “naturales”, y sobre esa naturalidad se ha legitimado su valor epistémico, al mirar las actividades de hacer ciencia se descubre que son *construcciones* conceptuales producto de una interpretación restringida a una práctica científica y legitimadas por una comunidad epistémica con metodologías, tecnologías e instrumentos propios mediante los cuales el conocimiento se va conformado en una doble dimensión no-separable de hacer *teoría-como-práctica*.

CAPÍTULO 1. CLASES NATURALES: UNA REVISIÓN CRÍTICA A LA TEORÍA HPC DESDE LA CAUSALIDAD Y LA COMPLEJIDAD

Las clases naturales tienen un importante valor heurístico que no ha sido explorado a nivel epistémico en el contexto de las prácticas científicas. Una revisión crítica desde la complejidad y la causalidad al concepto de “clase natural” sugerido por la teoría del Cúmulo de Propiedades Homeostáticas (HPC), muestra que es incompatible con el uso inferencial que tienen una categoría taxonómica como “especie” en la Sistemática biológica. Debido a los múltiples problemas que presenta en ese ámbito científico, el concepto de ‘clase natural’ ofrecido por HPC debería ser cambiado con el fin de estar acorde con las inferencias explicativas y predictivas de la práctica científica. Esto tendría como consecuencia un mejor entendimiento filosófico de cómo es llevado a cabo en la ciencia la acomodación entre teoría y mundo a la vez que abre la posibilidad a la conformación de espacios de posibilidad epistémicos.

Introducción

El punto de partida de una reflexión filosófica sobre las clases naturales (CN) reside en el análisis de los diversos objetos epistémicos como las categorías, conceptos, tecnologías, aparatos etc. que construyen los científicos para explicar y predecir lo que sucede en el mundo natural. Tales construcciones epistémicas están basadas en criterios y supuestos aceptados por las comunidades científicas sobre lo que es legítimo reconocer como existente en cierto contexto de investigación.

Las clases naturales son importantes para explicar el éxito de las prácticas científicas debido a su capacidad tanto heurística³, como epistémica, para generar y evaluar las inferencias derivadas de la investigación. Por ello, en este trabajo, mi interés principal es encaminar la discusión sobre las clases naturales fuera de una metafísica esencialista y centrarla en las implicaciones epistémicas que se deriven de su uso como dispositivos heurísticos en la obtención de inferencias exitosas en las actividades de hacer ciencia.

La propuesta que presento no tiene como finalidad ofrecer una definición terminante de qué es una clase natural, sino una re-conceptualización que sea compatible con el uso inferencial que tiene estas categorías en las prácticas científicas. La re-conceptualización es importante porque el concepto de “clase natural” captura la intuición de que sobre la base de la similitud y diferencia es posible establecer una *clase* de objetos a la cual recurrir en las inducciones y explicaciones de la ciencia.

En lo que sigue, presento una breve descripción del estado actual de la discusión sobre una definición de “clase natural” ofrecida por la teoría del Cúmulo de Propiedades Homeostáticas (HPC) de Boyd (1999) la cual ha servido como base a versiones actualizadas de “clase natural”

³ Una heurística es una regla de inferencia falible que nos permite disminuir el número de alternativas a considerar en la solución de un problema y que generalmente tiene una dimensión epistémica normativa. (Martínez y Huang, 2016).

(Wilson, Barker & Brigandt, 2007; Slater, 2015). También presento mis críticas a HPC y finalmente sugiero la línea argumentativa que seguiré en los Cap. 3 y 4 en la construcción de mi concepción sobre las clases naturales y su relación con las prácticas científicas.

1.- La teoría exitosa de las clases naturales: HPC

Existe un amplio consenso en la filosofía de la ciencia sobre el hecho de que las clases naturales son un conjunto de propiedades homogéneas sostenidas *causalmente* por procesos homeostáticos subyacentes (Kornblith, 1993; Okasha, 2002; Samuels & Ferreira, 2010; Wilson et.al., 2007; Rieppel, 2013). Esta propuesta conocida como la Teoría del Cúmulo de Propiedades Homeostáticas (HPC) sostiene que las clases naturales son un conjunto de propiedades homeostáticas cuyo valor epistémico se entiende en el contexto de matrices disciplinarias porque son responsables del éxito inferencial de la ciencia debido a su estabilidad ontológica (Boyd, R., 1991; 1999a; 1999b; 2010).

La teoría HPC ha tenido éxito en la filosofía de la ciencia porque ofrece una fundamentación ontológica y epistémica de las clases naturales que no pretende asumir compromisos esencialistas. La explicación del éxito inferencial de la ciencia no depende de la aceptación de una esencia que cohesione la clase sino del papel ontológico que tiene la homeostasis para lograr la acomodación entre teoría y mundo. Así, una clase es epistémicamente saliente en el contexto de las matrices disciplinarias cuando es consistente con las prácticas científicas y con el mundo vía los mecanismos homeostáticos (Boyd, 1999a).

La teoría HPC sin bien ha sido exitosa, también ha sido ampliamente criticada porque propone a las especies biológicas como el ejemplo paradigmático de su definición de “clase natural” (Ereshefsky & Mattens, 2005; Ereshefsky, 2010; Ereshefsky y Reydon; 2014) y aunque no está sustentada al estilo del esencialismo tradicional tal como reconoce Kalidhi (2013), el remplazo de la noción de “esencia” por el de “mecanismo homeostático” permite la implicación de supuestos esencialistas implícitos. Debido a lo anterior, es mi parecer que HPC y sus versiones actualizadas como el esencialismo relacional (Okasha, 2002; Wilson et.al., 2007; Rieppel, 2013) deben ser consideradas como propuestas neo-esencialistas a las que subyacen muchos de los problemas del esencialismo tradicional como por ejemplo, en el caso de las especies biológicas es la historia evolutiva totalmente contingente lo que define la pertenencia a un taxón y no una propiedad que perdure a lo largo de su ciclo de vida hasta la especiación.

Dado que en la concepción de la teoría HPC, las clases naturales son un conjunto de individuos que pueden instanciar algunas, no necesariamente todas, las características de un cúmulo de propiedades homeostáticas, en HPC hay un reconocimiento de la imperfecta similitud entre los miembros de una clase, de allí que su criterio de pertenencia sea en términos de suficiencia más que de necesidad. Por otra parte, el conjunto de propiedades posee cierta estabilidad debido a mecanismos homeostáticos subyacentes los cuales son causalmente responsables de mantener la identidad de la clase (Boyd, 1999a).

Esta caracterización de clase natural de HPC puede aplicarse a cualquier clase, pero en especial a las especies biológicas. Agrupados sobre la base de lo que Boyd llama “características superficiales”, los individuos de una especie biológica conforman una clase natural puesto que la identidad de la clase está asegurada por mecanismos causales subyacentes como recombinación de genes, transcripción de genes, regímenes de selección similar y restricciones ontogenéticas comunes, entre otras (Boyd, 1999b). Estos mecanismos son los responsables de inducir la uniformidad observable de una especie biológica y son la base epistémica para la justificación del éxito inferencial de las clases naturales.

Aunque la teoría HPC reemplazó la debatible noción metafísica de “esencia” por el concepto científico de “homeostasis”, no por ello ha quedado sin criticar ya que resulta en un nuevo esencialismo: “Boyd y los defensores de la teoría de HPC reconocen la importancia de la genealogía y reconocen a las relaciones históricas como un tipo de mecanismo homeostático. Sin embargo, Boyd no ve la genealogía como el aspecto que define de las especies, y esto va en contra de un supuesto fundamental de la sistemática biológica: las especies son, ante todo, entidades genealógicas continuas. Boyd es bastante claro que la similitud y no la conexión genealógica es el árbitro final de la uniformidad de especies” (Ereshefsky, 2016). Esto hace suponer a sus críticos que en realidad, aunque recurra a la noción científica de “homeostasis”, al final de cuentas el esencialismo o tipología⁴ gana al definir una especie.

Como han mostrado varios autores, por ejemplo, Ereshefsky, M. & Reydon, T. (2013), Khalidi (2013), Ereshefsky, M., (2010), Ereshefsky, M., & Matthen, M., (2005), Craver, C. (2009), tanto los mecanismos como las características compartidas por los miembros de una clase son insuficientes para caracterizar una especie, ya que la función que desempeñan algunos mecanismos no siempre deriva en efectos uniformes observables o bien las uniformidades observables son un falso indicador de pertenencia debido a las historia filogenética de los organismos que las muestran. Esto es un problema para HPC porque las características esenciales son las que, en última instancia, determinan la pertenencia a una clase natural (Boyd, 1999a).

Debido a estas críticas, la propuesta HPC ha sido actualizada por Wilson et.al. (2007) aunque también se han desarrollado líneas argumentativas al estilo HPC por Griffiths (1999), Okasha (2001b), LaPorte (2004), Devitt (2008), Diéguez (2013), Rieppel (2013), Slater (2015). Las nuevas

⁴ El concepto de esencialismo atribuido a HPC se entiende en el contexto de una discusión surgida en filosofía de la biología acerca de cuáles son las bases epistémicas y ontológicas que explican las relaciones de ancestría-descendencia entre las especies. Existe dos formas de explicar los estados finales (actuales) de los organismos vivos: por un lado está una concepción poblacional y por otro una concepción tipológica. En la concepción poblacional la explicación de por qué los organismos actuales presentan ciertas características que los distinguen de otros es debida a una concepción de descendencia con modificación a través del tiempo: las mutaciones en los organismos no se fijan en un solo individuo sino a través de poblaciones-generaciones. En tanto que una explicación tipológica o esencialista concibe que dado cierto “arquetipo” (no es un ancestro) con ciertas características observables superficiales es posible asignar y en su caso reconocer nuevas especies. Ahora bien, uno de los eslogans más conocidos en biología es que la similitud no implica parentesco, esto es, que si debido a la similitud se pudiera reconocer las especies uno estaría conceptualmente construyendo un arquetipo paradigmático del cual todos los organismos son copias perfectas y esta idea es equivalente a un esencialismo *platónico eidético*.

versiones al estilo HPC proponen a las propiedades relacionales, excepto Slater (2015), como el hecho de ser descendiente de un ancestro particular, pertenecer a una población determinada u ocupar un nicho particular (Okasha, 2002; LaPorte, 2004) como condiciones necesarias para determinar la pertenencia a un taxón.

Por otra parte, HPC ha tenido una gran aceptación en la filosofía de la ciencia debido a su aparente abandono de los supuestos esencialistas y su pretensión de ser consistente con las prácticas científicas. Para HPC, el reconocimiento de las clases naturales tiene sentido a la luz de la tesis de la *acomodación: una relación de correspondencia* entre las teorías y el mundo, la cual está legitimada por las matrices disciplinarias.⁵ La tesis de la acomodación sugiere que los individuos de una clase natural comparten una estructura causal estable que mantiene las regularidades observables, estas últimas, al ser constantes, explican la convergencia de las clasificaciones científicas con la estructura causal del mundo. Así, el problema de la justificación del éxito de la explicación e inducción en las prácticas científicas puede ser resuelto recurriendo a la contribución epistémica que hacen las CN (mediante las regularidades ontológicas) para lograr el éxito científico.

No obstante las virtudes epistémicas asociadas a esta explicación neo-esencialista sobre las CN, en mi opinión, como en la de otros autores Ereshefsky & Reydon, (2013); Khalidi (2013), Ereshefsky (2010); Ereshefsky & Matthen (2005), la teoría HPC no logra una descripción afortunada de la identidad de una especie ya que esta última está parcialmente determinada por procesos subyacentes y externos que no pueden ser descritos recurriendo sólo a la homeostasis. Tampoco es acorde con las prácticas taxonómicas de la biología respecto al uso, construcción y configuración epistémicas que tiene una categoría como “especie” en las “herramientas de inferencia y prueba” de hipótesis de filogenia sobre las especies biológicas (Wilkins, J., et. al, 2014).

Pese a que la definición de HPC no es totalmente exitosa, es posible reconocer que contiene otros aspectos que pueden ser rescatables. En tanto que algunos conceptos asociados a su definición de clase natural como “mecanismo”, “propiedad relacional”, “causalidad” y “homeostasis” son epistémicamente útiles para la descripción de entidades y procesos naturales, estos deberían de ser situados en una ontología acorde con la naturaleza dinámica de los sistemas naturales.

Para los fines de esta investigación me centraré solamente en las especies biológicas y en la epistemología de las prácticas taxonómicas actuales dejando para estudio posterior, a manera de perspectiva epistémica, el tratamiento de otras clases naturales.

2. Ontología y explicación en las prácticas científicas: la sistemática de especies biológicas.

Los temas que trata esta sección sobre la ontología y explicación en las prácticas científicas, encuentran su contexto en una disciplina científica llamada Sistemática de especies biológicas. La

⁵ La tesis de la Acomodación también implica un realismo débil: “consists in a certain accommodation between the relevant conceptual and classificatory practices and independently existing causal structures” (Boyd 1997, 55).

sistemática fue definida por Simpson (1961, p.7) como “el estudio de las clases y la diversidad de organismos y de las relaciones entre estos” y recientemente descrita como “el campo de la ciencia que se ocupa de la reconstrucción de las relaciones evolutivas de ancestro-descendientes o de grupos de organismos, ya sean fósiles o recientes, sobre la base de rasgos heredables” (Mayden, 1992).

Como cualquier disciplina científica, la Sistemática de especies hace uso de una *taxonomía* que describe esas relaciones filogenéticas entre organismos. “Taxonomía” es un término que denota un concepto general que no es exclusivo de las ciencias biológicas aunque frecuentemente se asocia a estas. Debido a la etimología del término, puede ser considerada como la ciencia de la categorización o clasificación de las cosas de acuerdo con un sistema de reglas predeterminado. Así tenemos, por ejemplo, una taxonomía de los elementos químicos representada por la tabla periódica, una taxonomía para las lenguas del mundo o bien las filogenias para las especies biológicas.

Antes de desarrollar mis críticas a HPC, empezaré por definir al menos dos términos que considero importantes para un mejor entendimiento de mi argumentación: “ontología” y “práctica científica”. La ontología es una rama de la filosofía que tradicionalmente se le ha definido como “el estudio del Ser o de lo que hay”, esto es de la clase de estructuras de objetos, eventos, propiedades, procesos y relaciones en cualquier área de la realidad. En general, lo que persigue la ontología es una clasificación de las entidades y sus relaciones la cual tiene la pretensión epistémica de ser exhaustiva (incluye todo lo conocido hasta este momento) y definitiva, pero no porque que describa de una vez por todas lo que existe sino porque puede responder satisfactoriamente a preguntas como: ¿qué tipo de entidades son necesarias para una explicación de lo que sucede en el universo? o bien ¿cómo sabemos que la explicación de lo que sucede en el mundo es verdadera o aproximadamente verdadera? (Smith & Mark, 2001).

Para los fines de mi investigación de las clases naturales consideraré que una ontología “es una representación de las clases de entidades que existen y de las relaciones entre ellas” (Gruber, 1993; Mabee, et.al 2007, p. 346). Por ejemplo, en química la tabla periódica constituye una ontología y en Sistemática, los cladogramas son una ontología. En este sentido, la ontología es un cuerpo de conocimiento formalmente representado el cual está basado en una conceptualización. Una conceptualización es una perspectiva abstracta y simplificada del mundo que deseamos representar para algún propósito (Gruber, 1993).

Esta definición de ontología que adoptaré tiene sus orígenes en problemas filosóficos no-tradicionales que guardan un parecido a la metáfora de la Torre de Babel: diferentes grupos de datos y sistemas de conocimiento constituyen marcos epistémicos que muchas veces no tienen un significado en común pero sí representan datos en común por lo cual el intercambio de información es difícil. Este problema surge en varias disciplinas científicas, como la sistemática, que hacen uso de programas computacionales y lenguajes artificiales que necesitan unificar los significados del lenguaje mediante el cual expresan un conocimiento del mundo. De manera breve, lo que una ontología así definida pretende unificar es “un sistema de conceptos en

términos de los cuales el correspondiente universo de discurso se divide en objetos, procesos y relaciones en diferentes porciones y maneras” (Smith & Bittner, 2003, p. 117 ss.).

Haciendo referencia a este sentido de unificación, considero que la ontología está determinada por la práctica científica en donde sea aceptada porque las prácticas científicas son modos o estilos de hacer ciencia con un lenguaje propio y una estructura conceptual mediante la cual expresan el conocimiento (Martínez, 2010). Por ejemplo, la ontología de la sistemática cladística (Hennig, 1960), que es reconocida como válida hoy en día, es distinta a la ontología de la sistemática evolucionista (Mayr, 1959) que hoy en día no es válida. Un ejemplo sencillo puede ilustrar este punto: en una ontología evolucionista se reconocerá al grupo *Reptilia* como una clase (taxón) con valor inferencial, mientras que en la cladística no tendrá tal reconocimiento debido a que no es un taxón monofilético. Con el fin de unificar ontologías, hay una re-organización basada en la historia filogenética del grupo *Reptilia* que lo coloca en un taxón monofilético. Esta es una ejemplificación del modo de cómo considero que la ontología es dependiente de los modos de hacer ciencia.

La manera en cómo se conecta la ontología con la taxonomía en una práctica científica como la Sistemática es, a mi parecer, como sigue: en una ontología, las entidades y sus relaciones deben ser situadas en un lugar común que permita representar los procesos naturales y generar inferencias exitosas en cierta práctica científica (Sarkar, 1998). El lugar común, es una taxonomía entendida como una unidad representativa con poder explicativo bajo la cual se integran partes o aspectos de los organismos (Love, 2008) y las reglas de integración están dadas por la práctica científica la cual legitima la validez epistémica de sus clasificaciones. Sobre la construcción y legitimidad de las taxonomías así como su validez epistémica hablaré en el cap. 3 de esta tesis.

Teniendo en mente este preámbulo a la exposición de mis críticas a HPC, en lo que sigue realizo una investigación filosófica sobre el tipo de *ontología* que asume la teoría HPC, la función que tienen las taxonomías y las clases naturales en las prácticas científicas según esta teoría y finalmente, reviso si HPC es consistente a nivel *epistémico* con al menos una matriz disciplinaria (Sistemática) tal como es su objetivo. También, evaluo si logra explicar satisfactoriamente la convergencia entre la realidad natural y lo que es descrito por una ontología legitimada por las prácticas científicas (tesis de la acomodación).

2.1 Primera crítica: De la causalidad lineal a lo causalmente complejo

El tipo de entidades ontológicas que reconoce HPC como epistémicamente significativas son individuos, clases de individuos y mecanismos. El tipo de relaciones que se establecen entre tales entidades son de tipo causal, relacional y homeostático. Hasta este punto, la ontología de HPC parece ser consistente con la de la biología «pero como casi todo en filosofía los problemas vienen cuando se miran los detalles» (Martínez, 2010).

En primer lugar revisaré el concepto de causalidad. El tipo de *causalidad no-lineal* que la Sistemática reconoce como determinante para la identidad de una especie, difiere de la *causalidad lineal* que HPC asume que es importante para establecer una clase natural. En HPC la

causalidad es entendida como un factor que opera secuencialmente mediante un mecanismo homeostático como una misma causa-mismo efecto y ausencia de efecto-ausencia de causa (de ahí que se le llame *lineal*). La suposición de HPC es que en los individuos de una clase natural operan mecanismos homeostáticos que siempre los conducen al mismo estado final. Pero en la Sistemática el mejor modo de explicar tanto las regularidades como la variabilidad fenotípica que muestran los organismos de una especie es recurriendo a la causalidad compleja, entendida como el hecho de que múltiples causas producen un efecto o efectos y varios efectos pueden tener una misma causa o conjunto de causas probables (causalidad *no-lineal*).⁶

Para que los datos obtenidos de este tipo de causalidad compleja resulten significativos y tratables en la Sistemática, son homogeneizados con fines pragmáticos, mediante procesos estadísticos y modelación bioinformática. De esta manera, es posible establecer las causas más probables que dan origen a efectos observables al utilizar grafos dirigidos para describir las relaciones causales entre las variables y regresión lineal para estimar el tamaño (coeficientes de trayectoria) de cada efecto (Laland et.al, 2011).

Lo anterior quiere decir al menos dos cosas importantes. Primero, que el compromiso epistémico que asume la sistemática no es descubrir las causas *esenciales* de las regularidades observables sino que, dada cierta información, pretende establecer una causa o varias probables que sean consistentes con los datos disponibles. Segundo, en la naturaleza la complejidad causal es determinante en los procesos de conformación de una especie pero en la práctica científica, los datos son ajustados linealmente con fines pragmáticos para obtener filogenias. El error de la concepción ontológica de HPC sobre las CN, es tomar los datos interpretados en un sentido de correspondencia uno-a-uno con la realidad.

Por otra parte, las características observables de una especie son significativas en la práctica científica pero de manera muy distinta a la que HPC propone. En sistemática es innegable que las regularidades fenotípicas compartidas por los organismos son heurísticamente útiles para identificar un taxón. Este tipo de práctica clasificatoria de los organismos en especies nos da indicaciones que frecuentemente permiten reconocer un taxón, pero en tanto que sólo son un indicador de la clase de objeto que puede ser, las similitudes no responden a la pregunta filosófica sobre la justificación de *por qué* son como son y se comportan como lo hacen.

2.2. Segunda crítica: Mecanicismo: los genes Hox como reguladores del desarrollo de los seres vivos.

La propuesta HPC no es expresamente una teoría mecanicista, pero su recurrencia a la homeostasis para explicar las uniformidades fenotípicas de los individuos de una especie me permite contrastarla con el tipo de explicaciones mecanicistas ofrecidas por Wimsatt, (1974);

⁶ Aunque el ejemplo de los genes Hox pudiera servir también para ilustrar la causalidad no-lineal de los sistemas biológicos, el uso que tiene en la sección siguiente es la de mostrar que es difícil señalar un solo mecanismo homeostático que sirva como marcador para individuar especies precisamente por la complejidad causal que muestra el mundo natural.

Salmon (1984); Glennan, (1996); MDC, (2000). De hecho, Boyd (1999b, p.81) sostiene que: “Las especies son definidas. . . por. . . propiedades compartidas y por los mecanismos (incluyendo tanto los mecanismos "externos" y la transmisión genética), que sostienen su homeostasis”.

El término “mecanismo” tiene al menos tres significados ampliamente aceptados en filosofía. Estos significados convergen en la idea de que son estructuras, entidades o sistemas complejos integrados por partes y operaciones que son responsables de un fenómeno o la regularidad de los estados finales de éste (Machamer, Darden & Craver, 2000; Glennan, 1996; Bechtel y Abrahamsen 2012). Debido a que estas definiciones mencionan *regularidades* tal como lo hace HPC, me es posible vincular la homeostasis que sostiene HPC con los mecanismos que definen los ya citados mecanicistas. Una definición “ecuménica” de lo que es un mecanismo y que me parece adecuada también para lo que propone HPC es aquella que lo define así: “un mecanismo para un fenómeno consiste de entidades y actividades organizadas de tal modo que son responsables de este” (Illari y Williamson, 2012, p. 120).

Asumiendo que la homeostasis es un mecanismo que opera en las especies, tal cual es descrito en el párrafo anterior, la teoría HPC pretende responder satisfactoriamente a la pregunta epistémica de cómo la descripción de las regularidades de las especies biológicas (consideradas como clases naturales) convergen con las inferencias científicas (tesis de la acomodación). Sin embargo, en los siguientes párrafos proporcionaré ejemplos de mecanismos homeostáticos relativos al desarrollo de los organismos los cuales están regulados genéticamente, así como de procesos metabólicos, los cuales muestran que la función de los mecanismos, la homeostasis y la importancia de las características fenotípicas a nivel poblacional en una especie, es muy distinta a como HPC supone que operan.

Los organismos que presentan simetría respecto a un plano sagital que divide el cuerpo en dos mitades idénticas, han sido llamados organismos bilaterales. Todos los organismos bilaterales poseen un mecanismo genético común que regula su desarrollo a lo largo de un eje antero-posterior. Tales mecanismos han sido llamados *mecanismos Hox* (Hueber & Lohmann, 2008).

Las proteínas Hox especifican la diversidad morfológica mediante la activación o represión de la transcripción de ciertos genes (Rokas y Carroll, 2005.) Por ejemplo, cuando la expresión del gen que codifica para la proteína HOX es suprimida en *Drosophila*, hay una pérdida de límites en los segmentos maxilares, en tanto que su restauración mantiene los límites segmentarios mandibulares (Lohmann *et.al.*, 2002). Esto puede hacernos suponer que los mecanismos Hox operan vía una causalidad lineal entre genotipo y fenotipo como HPC propone.

Sin embargo, no hay relaciones causales directas entre genes *Hox* y fenotipos, porque los mecanismos de regulación presentan un comportamiento *complejo* al momento de especificar las identidades de los segmentos en los organismos bilaterales. Para entender la complejidad funcional de los mecanismos *Hox* se debe comprender su función en un marco de redes regulatorias genéticas *GRN* (Hueber & Lohman, 2008).

La operación de los mecanismos Hox sugiere que su función ontogenética involucra redes causales no lineales debido a la redundancia funcional genética. Cuando una función bioquímica es codificada por dos o más genes, originando que algunos de ellos contribuyan en modo equivalente a la realización de funciones que desempeñan otros, hablamos de redundancia funcional genética (Pearce, 2004; Enns et.al, 2005).

Estas redes causales regulatorias son regiones de ADN que controlan las señales de la embriogénesis para la construcción de un «plan» de desarrollo corporal mediante procesos no-lineales que pueden ser considerados como interacciones moleculares de carácter estocástico. La reconstrucción de estas redes causalmente responsables de la expresión fenotípica de los sistemas biológicos, no sólo toma en cuenta al mecanismo genético, también depende de los contextos (células, tejidos, sistemas) que especifican las interacciones con los factores de transcripción *Hox*.

El punto que muestra este ejemplo es que de hecho, existen mecanismos que inducen la expresión fenotípica regular (similitudes) para distintos organismos, pero tales mecanismos no nos servirían como criterio para clasificar organismos en una misma clase porque no son únicos para un grupo específico con similitudes compartidas.

Siguiendo la línea argumentativa de HPC, que propone a los mecanismos homeostáticos como causalmente responsables de la uniformidad fenotípica de los individuos de una especie, las consecuencias taxonómicas serían las siguientes: o bien asignamos a todos los organismos bilaterales que comparten los mecanismos *Hox* en una misma especie, lo que contradice las prácticas taxonómicas, o bien se acepta que los mecanismos homeostáticos son insuficientes para explicar por qué los organismos son de cierta especie.

Este ejemplo de los mecanismos homeostáticos que regulan la ontogenia para *Drosophila*, sugiere dos problemas para HPC: por un lado la imposibilidad de determinar qué mecanismos son suficientes para establecer la pertenencia a un taxón y, por otro, si los mecanismos ontogenéticos funcionan en redes complejas aleatorias HPC debe abandonar la idea de mecanismos suficientes para individuar una especie. Entonces, una ontología al estilo de HPC que reconozca a los mecanismos homeostáticos como causa suficiente para asignar a los organismos a una especie y cuya función de éstos sea causalmente lineal parece insuficiente para lograr una defensa exitosa de la tesis de la acomodación de las inferencias científicas. Aun así, como se discutirá más adelante en el cap. 3, el problema de la acomodación no debe presuponer un descarte del concepto de “clase natural” ya que es posible definirlo sobre la base de otros factores aparte de los mecanismos.

2. 3. Tercera crítica: La homeostasis es ¿estabilidad?

En la sección anterior he mencionado que los mecanismos homeostáticos que regulan la morfología de algunos organismos como *Drosophila* no constituyen procesos salientes para un grupo particular como para considerarlos la base que explica la «acomodación» entre teoría y mundo. Pero, ya que de hecho los individuos de una especie presentan regularidades y similitud morfológica ¿estas características se deben a una homeostasis en el sentido de HPC.

Desde que fuera usado por Walter Cannon (1929) para describir la constancia del ambiente interno de los organismos, el término es asociado con la capacidad de un organismo para mantener un estado de equilibrio con su ambiente. Pero los organismos están lejos de presentar este tipo de equilibrio de manera lineal. Un sistema biológico, como una especie, presenta múltiples capacidades de reacción auto organizativa, es decir, la emergencia espontánea del orden en sistemas físicos y naturales frente a presiones externas e internas (Kauffman, 1993).

La capacidad autónoma de los sistemas biológicos para re-organizarse, más que ser caracterizada como un estado de equilibrio, refiere a un tipo de estabilidad asintótica o aproximativa ya que nunca es alcanzada totalmente. Así que la homeostasis en los sistemas biológicos es en realidad un estado de tendencia al equilibrio (Bechtel & Abrahamsen, 2012).

Hasta este punto, entender la homeostasis de manera distinta a como se infiere que lo hace HPC puede parecer sólo una diferencia conceptual, sin embargo, la manera de caracterizar un proceso particular incide directamente en la configuración de una ontología y por ende, en las consecuencias epistémicas que pudieran derivarse de los conceptos, las entidades y sus relaciones utilizados en su descripción.

En términos de HPC, los mecanismos homeostáticos operan secuencialmente dando como resultado los mismos estados observables en todos los organismos de una clase. Puesto que el resultado, cada vez que opera el mecanismo, es una regularidad sobre la que se basan las explicaciones y predicciones científicas, pareciera que la «acomodación» es lograda como HPC supone.

Pero si la causalidad fuera secuencial, la interrupción de uno de los pasos en la secuencia tendría como consecuencia la pérdida del estado óptimo en un organismo. Sin embargo, los organismos ajustan sus funciones a los cambios, lo que quiere decir, que el tipo de causalidad asociada a la homeostasis no es de tipo secuencial como HPC supone y, por ende, la homeostasis también necesita ser entendida de manera distinta. El siguiente ejemplo pretende mostrar este punto.

Algunos mecanismos que regulan comportamientos repetitivos en los organismos funcionan con una organización no-secuencial entre sus partes y operaciones lo que permite, mas no garantiza, las regularidades observables (Bechtel & Abrahamsen, 2012). Por ejemplo, en los mamíferos, un mecanismo ubicado en el núcleo supraquiasmático (SCN) del hipotálamo controla los ritmos circadianos (cerca de 24 hrs). El mecanismo, un *master clock*, se ajusta a sí mismo de acuerdo a la entrada de la luz y sincroniza los relojes en los tejidos periféricos tales como el hígado y el riñón. Es sabido que, además de los SCN, los tejidos periféricos e incluso células cultivadas, tienen relojes autosustentables cuyo mecanismo molecular es muy similar al del reloj maestro (Mohawk et al., 2012).

Los ajustes del mecanismo, lejos de constituir un estado estable del organismo, suponen un auto-restablecimiento de materia y energía, o actividad oscilatoria, entre la producción y degradación de sustratos bioquímicos. A esta actividad oscilatoria subyace un principio organizativo conocido como *bucle de retroalimentación negativo* que controla los picos y caídas (oscilaciones) en la

concentración de la proteína PER, que después de ser sintetizada en el citoplasma, se mueve al núcleo para inhibir la transcripción de su propio mRNA (Tyson J., et. al, 2001).

El mecanismo regulatorio para la síntesis de la proteína PER, como se ha mencionado, contiene un bucle de re-alimentación negativa ralentizado. Los sistemas ralentizados que controlan comportamientos regulares de otros sistemas se les conocen también como sistemas hereditarios, sistemas de efecto retardado o sistemas n -dimensionales. La característica de estos sistemas homeostáticos es que la relación causa-efecto no solo depende del estado actual del sistema, sino de su historia (Gu, Chen, Kharitonov, 2003).

Para entender la diferencia entre el tipo de estabilidad que supone HPC para los mecanismos homeostáticos y el tipo de estabilidad que la investigación científica establece para estos, propongo entender cómo se describe su funcionamiento en la práctica científica.

Al describir los procesos involucrados en el funcionamiento de un mecanismo homeostático, se asume que este es un sistema dinámico sujeto a modelación. Un modelo matemático para describir un sistema dinámico es un conjunto de ecuaciones diferenciales ordinarias (ODEs) cuyas variables representan *variables de estado* y las ecuaciones caracterizan la evolución del sistema con respecto al tiempo (Gu, et al., 2003).

Para describir a los sistemas con efectos retardados, se utilizan ecuaciones diferenciales funcionales que tienen un gran número de soluciones. Esta característica nos dice que tales sistemas son sensibles a ciertas condiciones iniciales y como tal, por pequeño que sea el cambio en estas, los efectos serán sólo predecibles debido a su variabilidad.

Pero para obtener una descripción del funcionamiento del bucle de retroalimentación se utilizan modelos cuyas descripciones corresponden a sistemas idealizados en donde se asume la uniformidad y estabilidad. Estas descripciones no deberían confundirse con los estados objetivos en la naturaleza, como parece hacerlo HPC. Los modelos nos «dicen hacia dónde se dirige un sistema mas no nos dicen lo que pasa en el sistema» (Tyson, 2001).

Por tales razones considero, al igual que otros autores (MDC, 2000; Bechtel & Abrahamsen, 2012), que este tipo de trabajo experimental basado en simulaciones constituye un ejercicio de idealización y abstracción y puede ser un dispositivo heurístico para entender los complejos esquemas organizativos que se llevan a cabo, en tiempo real, en los organismos. En las simulaciones, el investigador tiende a considerar a los organismos como sistemas aislados bajo condiciones iniciales que determinan su estado final, pero en la naturaleza, los organismos son sometidos a distintas presiones ambientales lo que los obliga a ajustar su norma de reacción.

Por ejemplo, la manipulación de los elementos genéticos involucrados en los ciclos circadianos, como es el caso de las mutaciones en el gen *per*, han mostrado que el ciclo se alarga, acorta o se inhibe cuando estas son introducidas. Esto supone que la introducción de la variabilidad en un organismo resulta en un ajuste que estabiliza asintóticamente sus funciones (Knopka et al., 1971).

Hasta ahora mi pretensión ha sido mostrar que los mecanismos homeostáticos de los sistemas biológicos funcionan de modo no-secuencial, ya que los organismos ajustan sus regularidades frente a presiones externas e internas a su metabolismo. Por otro lado, este ajuste supone condiciones cercanas al equilibrio, por ejemplo, los picos y caídas en las concentraciones de la proteína PER cuya descripción obedece a sistemas dinámicos con efectos retardados.

Esta manera de entender la función de los mecanismos homeostáticos tiene como consecuencia una caracterización filosófica distinta a HPC sobre las entidades y procesos naturales, por ejemplo, considerar tanto a los individuos como a las especies como sistemas dinámicos con estados finales abiertos. Es decir, las especies tienen configuraciones finales divergentes, debido a la variabilidad que presentan, y el estado final más *probable* es el que puede establecerse como una regularidad. Una caracterización de estas regularidades asintóticas de los organismos, que no es incompatible con su carácter estocástico, es considerarlas como propiedades *emergentes* del sistema sobre las que se basan las inferencias y explicaciones científicas.

Una propiedad emergente es una característica de un sistema que surge de sus interacciones causales complejas. Tales propiedades son caracterizables como irreducibles y emergentes, si y sólo si, no se pueden inferir a partir de la disposición de las partes de su sistema como tampoco si las propiedades se han «aislado» en otros sistemas más sencillos (Broad, 1919).

Si bien las regularidades emergentes en distintas escalas pueden servir como base a las inferencias científicas debido a que muestran suficiente duración y estabilidad asintótica, estas no nos sirven para individuar una especie tal como HPC propone. El análisis estadístico a nivel de poblaciones de las regularidades fenotípicas emergentes de los organismos, involucra procesos de abstracción e idealización que muchas veces no tienen un correlato en la naturaleza. Por ejemplo, las capacidades de respuesta fenotípica poblacionales son medibles mediante tasas de cambio significativas, puesto que las cifras poblacionales, aun cuando tiendan a una regularidad, sólo oscilarán alrededor de un valor fijo.

Además, resulta importante considerar que «hay una tradición filosófica, a partir de Aristóteles, en la que simplemente similitudes observables son insuficientes para una explicación, por lo general tales similitudes son sólo suficientes para establecer ‘que algo es así’ mas no ‘por qué es así’» (Ereshefsky & Matthen, 2005). Así, con estos ejemplos ha sido mi pretensión el mostrar que existen elementos, más allá de los mecanismos y las regularidades, que son determinantes en la conformación de una especie biológica y que deberían ser tomados en cuenta en una caracterización de clase natural.⁷

3. Clases naturales y espacios de Posibilidad epistémicos

En las secciones de líneas arriba mencioné mis críticas a la teoría HPC sobre las clases naturales. En esta sección es mi pretensión esbozar las consideraciones que pudieran sustentar la afirmación

⁷ Aunque de hecho ya existen versiones actualizadas de HPC como la versión de Slater (2015): Stable Property Cluster la cual no discuto en esta investigación.

que una adaptación de los supuestos de HPC, en la línea de los autores mecanicistas ya mencionados como Wimsatt, (1974); Salmon (1984); Glennan, (1996); MDC, (2000), Bechtel & Abrahamsen, (2012); difícilmente pudieran rescatar su definición de clase natural.

En cuanto al aspecto *realista* de HPC, aun cuando fuera posible en ciertos casos que los mecanismos homeostáticos fueran los responsables de mantener la identidad de una clase natural, el tipo de mecanismos salientes para la individuación no queda clarificado en HPC. El concepto de “mecanismo” es tan amplio, que al igual que en el argumento de la causalidad, la vaguedad de término en la teoría HPC hacen difícil la identificación de los mismos.

Por otra parte, en cuanto al aspecto epistémico de las clases al estilo HPC, una definición para las CN debería considerar que descripción de las entidades y procesos naturales está *determinada* por los estilos actuales de hacer ciencia, lo que sugiere un cambio en la ontología y en los conceptos filosóficos. Una ontología para las clases naturales debería incluir a la diversidad, variabilidad y evolución, como factores constantes que configuran a una especie biológica, mientras que la epistemología para CN, debería reconocer que esos factores, en la práctica científica, son considerados como datos interpretados producto de la idealización y la abstracción.

En tanto que la abstracción e idealización constituyen operaciones cognitivas del investigador son también determinantes en la construcción de las clases. En tanto que las CN son dominios epistémicos construidos, estas incluyen conceptos, estilos de razonamiento, taxonomías y ontologías de los cuales trataré con mayor amplitud en los capítulos 2 y 3 de esta investigación.

Teniendo en cuenta estos procesos de idealización, abstracción y aproximación considero que se puede ofrecer una línea argumentativa para la construcción de un concepto de «clase natural» distinto a HPC tal como es mi pretensión a desarrollar en el cap. 3. El concepto que propondré, considera a las CN como dispositivos heurísticos que ayudan a explicar el éxito de las inferencias científicas debido a que *funcionan en la práctica científica como unidades representativas-organizativas de diversos datos interpretados* sobre las especies biológicas. Esto permitiría la resolución de problemas científicos desde distintos puntos de vista, lo que está directamente relacionado con la exploración y construcción de espacios de posibilidad epistémicos ejemplificados con lo que llamo “transiciones epistémicas” y de lo cual trato en el capítulo 3.

Los espacios de posibilidad epistémicos son importantes tanto en biología, como en filosofía, porque *constituyen situaciones epistémicas que nos permiten pensar de qué modo puede ser utilizado un concepto, una categoría, una técnica, la tecnología y qué implicaciones tendría tal uso en la investigación científica*. Ofrecen nuevos modos de pensar sobre los aspectos de la naturaleza, posibilitan el conocimiento de los sucesos naturales y cómo pudieran comportarse los sistemas biológicos bajo situaciones novedosas y, sobre todo, cómo llegar a generalidades desde pocos datos disponibles.

En tanto que mi definición alternativa de “clase natural” haría alusión a la complejidad causal que muestran los sistemas biológicos en la naturaleza, su valor representacional, en un estilo particular de hacer ciencia, no sería neutral o indiferente a la realidad natural ya que mantienen un vínculo

con la realidad natural, pero no al estilo del realismo de HPC porque mi propuesta reconoce que al no disponer de información completa sobre los procesos que confieren identidad a una clase natural, se proponen criterios idealizados o abstractos para establecer su extensión. Si los criterios logran una representación aproximadamente correcta de esos varios procesos, entonces se obtienen inferencias explicativas y predictivas exitosas (Arroyo-Santos, 2011).

Además, considero que una consecuencia natural de una concepción distinta de clase natural como la que propondré en el capítulo 3, no constituiría una explicación reduccionista sobre las entidades y procesos naturales, como pudiera serlo una definición de clase natural al estilo HPC que reduce su caracterización a los mecanismos homeostáticos. Y esto, en mi opinión, es una ventaja epistémica fundamental sobre cualquier propuesta que intente seguir la línea argumentativa de Boyd (1999a) porque invita a la pluralidad de espacios de posibilidad epistémicos.

En suma, el concepto alternativo de “clase natural” que propondré puede ser unificador de varios fenómenos y su función epistémica es promover la pluralidad de las interpretaciones de tales fenómenos al no comprometerse con una descripción única de éstos como lo hace HPC al poner a los mecanismos homeostáticos como causa suficiente para individuar a una clase.

4. Conclusión

A lo largo de este capítulo, he argumentado que una caracterización de las clases naturales que resulte epistémicamente útil para entender y explicar el éxito inductivo de las prácticas científicas deberá ser compatible con éstas y redirigir la atención en los aspectos epistémicos en los que las clases naturales tienen un papel fundamental como conceptos unificadores de fenómenos naturales diversos, pero también como generadores de nuevos espacios de posibilidad epistémica.⁸

Estas características que propongo asociar al concepto de “clase natural” como *capacidad conceptual organizativa* y *valor heurístico* han sido poco exploradas en filosofía, ya que generalmente, su caracterización se ha centrado en aspectos esencialistas o semánticos para dar cuenta de su valor epistémico. Centrar la atención en la función heurística que estas tienen en las prácticas científicas, más allá de la clásica justificación de las inferencias exitosas en la ciencia, constituye una manera distinta y prometedora de concebir las clases naturales porque el razonamiento vía la heurística permite la exploración de recursos cognitivos para tratar con problemas clásicos como el de las especies o explicar la evolución y desarrollo de las especies desde distintas disciplinas con ontologías difíciles de conciliar.

Esta es la perspectiva y función por la que apuesta una concepción de clase natural como la que propongo y en esta línea de investigación, paralela a las prácticas científicas, es como pretendo desarrollar en mi propuesta de CN en los siguientes capítulos de esta tesis.

⁸ Capítulo publicado en [Contrastes: revista internacional de filosofía](#), ISSN 1136-4076, [Vol. 20, Nº 1, 2015](#), págs. 133-149.

CAPÍTULO 2. EPISTEMOLOGÍA Y ONTOLOGÍA: DEL ESENCIALISMO ONTOLÓGICO A LA EPISTEMOLOGÍA REPRESENTACIONAL

La idea principal que sustento en este capítulo es que las clases naturales son *Unidades Epistémicas Organizativas (UEO)* y no propiamente Cúmulos de Propiedades Homeostáticas (Boyd, 1999a) tal como ha sido ampliamente aceptado en filosofía de la ciencia. Mi propuesta de definición de clase natural pretende estar acorde con la práctica científica actual y obtiene su fundamento en un estilo de razonamiento llamado *pensamiento representacional* (Love, 2009) recurrente en las ciencias biológicas pero extensivo a cualquier disciplina científica.

En la sección 1) presento un ejemplo tomado de la sistemática de especies biológicas (Código de Barras de Vida) mediante el cual pretendo mostrar que tanto HPC y sus versiones actualizadas (Boyd, 1999a; Wilson et al., 2007; Rieppel, 2013) son incompatibles con la práctica científica. En la sección 2) ofrezco una fundamentación epistémica y ontológica de mi propuesta de “clase natural” como Unidad Epistémica Organizativa y ejemplifico su validez mediante una metodología de creciente aceptación en la sistemática de especies biológicas llamada *taxonomía integrativa*. Finalmente, en la sección 3) presento las ventajas epistémicas de mi propuesta de clase natural como UEO frente a la Teoría del Cúmulo de Propiedades Homeostáticas. En esta sección sostengo que las CN entendidas como UEO’s permiten la adopción de una epistemología integrativa y una ontología representacional que rescata el valor heurístico y epistémico que tienen las clases naturales en la obtención de inferencias exitosas en el contexto de prácticas científicas.

1.- HPC y Códigos de Barra de Vida: esencialismo epistémico y reducción de evidencia

La organización y clasificación de los objetos de estudio de las diversas disciplinas científicas es una actividad epistémica que resulta fundamental para lograr inferencias exitosas que den cuenta de los fenómenos y estados de cosas en el mundo natural. Considero que los procesos de clasificación científica implican el reconocimiento epistémico de individuos y de tipos de entidades llamadas *clases naturales* en las cuales son asignados tales individuos siguiendo ciertos criterios de agrupación sugeridos por los distintos estilos de razonamiento⁹ que han adquirido fiabilidad en el contexto de las prácticas científicas.

Porque la pretensión de la teoría HPC es estar acorde con las prácticas científicas para dar cuenta de cómo la categorización científica del mundo está acorde con la realidad natural de tal modo

⁹ Un estilo de razonamiento “es un patrón de relaciones inferenciales que se utiliza para seleccionar, interpretar y apoyar la evidencia para resultados científicos” (Bueno, 2012) o bien pueden considerarse como “marcos muy amplios que regulan una cierta forma de investigar el mundo” (Hacking, 1983, 2002a, 2002b) aunque la idea original es de Crombie (1994). Los estilos de razonamiento no guardan relación con los programas de investigación en el sentido de Lakatos (1978) o con los paradigmas (Kuhn, 1974) ya que estos últimos están comprometidos con alguna teoría en particular, contrario a los estilos de razonamiento que más bien son epistemes en el sentido de Foucault (1994).

que genera inferencias explicativas y predictivas, en esta sección desarrollo la idea de que la descripción de las clases naturales al estilo HPC es inconsistente con las metodologías actuales de delimitación y reconocimiento de especies biológicas en la Sistemática. Para mostrar este punto, he considerado analizar si el método molecular de reconocimiento de especies biológicas llamado Código de Barras de Vida (BCL), que ha sido considerado por sus críticos como un método esencialista (Wheeler, 2004; Will & Rubinoff, 2004; Ebach & Holdredge, 2005; Will et al., 2005), pudiera respaldar efectivamente la versión de “clase natural” al estilo de HPC ya que posee en común muchos supuestos epistémicos y ontológicos con HPC.¹⁰

1.2 Código de Barras de Vida: cuando la metodología científica no respalda a la filosofía

El método de Código de Barra de Vida (BCL) consiste en la secuenciación de una región de 648 pares de bases del gen mitocondrial citocromo c oxidasa I (*COI*), para casi todos los grupos de animales (Hebert, P. et. al 2004), y de *rbcl* del cloroplasto e *ITS* (Kress, J.W. et al, 2005) para las plantas. Las secuencias se comparan entre diferentes organismos con el fin de delimitar y clasificar nuevas especies. En sus inicios, BCL se presentó como una novedosa “taxonomía por ADN” (Hebert et al., 2003c; Hebert et al., 2004b; Tautz et. al, 2003; Blaxter, 2004) que pretendía desplazar la taxonomía tradicional, basada en caracteres morfológicos y homologías moleculares, por secuencias cortas de ADN estandarizadas. Esto tuvo consecuencias epistémicas importantes en sistemática, puesto que de acuerdo con el BCL, las especies son consideradas como Unidades Taxonómicas Operacionales Moleculares, MOTUs, (Blaxter, 2005).

Debido a que el Código de Barras de Vida tiene como fundamentación una epistemología esencialista, en el sentido de Rubinoff et.al (2006), porque deposita el peso de la evidencia para la inferencia filogenética en una sola secuencia molecular estandarizada sin considerar otro tipo de caracteres, constituye una metodología científica que pudiera respaldar la descripción de las clases naturales al estilo HPC dado que el método BCL y la propuesta HPC pueden ser vinculadas

¹⁰ El argumento que presento en los siguientes párrafos sobre la propuesta HPC y la metodología BCL puede ser entendido de la siguiente manera:

1. La propuesta de clase natural de HPC y sus versiones actualizadas pretenden estar acorde con las prácticas científicas.
2. Si de hecho la definición de CN de HPC estuviera acorde con la práctica científica debería haber al menos una metodología en la práctica científica que satisficiera las descripciones ontológicas y epistémicas que hace sobre las clases naturales.
3. Una de las metodologías que hipotéticamente se adecua a la descripción de HPC sobre las CN es el método de reconocimiento de especies BCL que ha sido calificada como “esencialista”.
4. Luego de un análisis de BCL uno puede notar que aunque sus críticos la han calificado como una metodología esencialista, en realidad es una metodología a la que subyacen supuestos pragmáticos y arbitrarios mas no esencialistas.
5. Si la metodología BCL no confiere respaldo a HPC difícilmente pudieran hacerlo otras metodologías como aquellas situadas en la taxonomía integrativa que requieren se multievidencia para el reconocimiento de especies.
6. Luego, HPC se queda sin respaldo tanto por BCL como por sus alternativas.

hipotéticamente de dos maneras: I) por un lado debido a la similitud ontológica entre las unidades epistémicas con las que tratan y, por otro, II) la epistemología que ambas sostienen.

I) El vínculo *hipotético* que he encontrado entre las Unidades Taxonómicas Operacionales Moleculares (MOTUs) en el sentido de Blaxter (2005) las cuales son obtenidas mediante BCL y las clases al estilo HPC es que uno puede argumentar que comparten la similitud de poseer un marcador esencial que preserva su identidad. Esto es, que tanto las clases de HPC como las MOTUs poseen marcadores únicos que permiten identificar una *clase* y esto explica por qué las inferencias explicativas y predictivas que refieren a esas clases así descritas son exitosas. Por ejemplo, en HPC el marcador es un mecanismo homeostático y en BCL lo es una secuencia molecular estandarizada como *COI*, *matK* o *rbcl* que bien pudiera considerarse como una propiedad distintiva de la clase (Ver Tabla 1). Los marcadores moleculares en BCL funcionan así: Para que una región del genoma pueda ser utilizada como código de barras de ADN es necesario que permita distinguir entre variación interespecífica (i.e., entre especies cercanamente relacionadas) y variación intraespecífica (i.e., dentro de la misma especie) (Paz A., 2011). De lo anterior, se genera el concepto de “distancia genética” que es la diferencia que existe entre la variación interespecífica e intraespecífica. Cuanto mayor sea la diferencia entre estas la discriminación específica será más acertada (MeyerC. y Paulay G., 2005).

II) Porque el método BCL deposita el peso del valor evidencial para la identificación y clasificación de especies en una sola región molecular como *COI* o *rbcl*, sus críticos (Wheeler, 2004; Will and Rubinoff, 2004; Ebach and Holdredge, 2005; Will et al., 2005) han argumentado que BCL supone una epistemología esencialista porque para identificar y delimitar una especie se basa únicamente en la “interpretación de discontinuidades en la variación interespecífica” (Kress et.al. 2005) a la vez que pretende “encontrar una única secuencia corta de ADN, a partir de un gen, que revelará la identidad de todas las plantas o animales” (Rubinoff et.al. 2006). Esto supone que, a nivel epistémico, se ignora “la importancia de múltiples fuentes de datos incluyendo el uso de múltiples genes, y caracteres morfológicos y / o ecológicos en un análisis” filogenético (Funk, D.J. & Omland, K.E. 2003; Rubinoff et. al. 2006). A su vez, la adopción de una secuencia estandarizada como única evidencia para respaldar las hipótesis de filogenia implica “la sugerencia de que no se necesita conocimiento filogenético extra-evidencial para identificar las secuencias genéticas de las especies y esto es sostener un concepto de especie fenético o esencialista” (Rubinoff et.al. 2006). Por tales razones ya expuestas he podido trazar una conexión en los supuestos epistémicos de HPC y los de la metodología de BCL (Ver Tabla 1)

	UNIDAD DE ESTUDIO	ONTOLOGÍA	EPISTEMOLOGÍA	METAFÍSICA
Teoría del Cúmulo de Propiedades Homeostáticas (HPC)	HPCKs (Clases al estilo HPC)	Mecanismo esencial (Homeostasis)	Reduccionismo (La homeostasis respalda la individuación de las HPCKs, y en última instancia las similitud superficial)	Esencialismo relacional
Código de Barras de Vida BCL	MOTUS	Marcador genético esencial (rbcl, MatK, COI)	Reduccionismo (Los marcadores moleculares definen la identidad de las MOTUS)	BCL pretende "encontrar una única secuencia corta de ADN, a partir de un gen, que revelará la identidad de todas las plantas o animales" (Rubinoff et.al. 2006).

Tabla 1. Similitudes hipotéticas entre la metodología BCL y la teoría de las clases naturales HPC.

Debido a estos vínculos de similitud en los supuestos ontológicos y epistémicos entre HPC y el método BCL, se esperaría que BCL confiriera respaldo a la descripción de "clase natural" de HPC debido a que las MOTU's deberían satisfacer los criterios descriptivos y de conformación de una clase natural al estilo HPC. Sin embargo, las *entidades taxonómicas* llamadas MOTU's si bien pudieran ser compatibles con los supuestos epistémicos esencialistas, no así los marcadores moleculares que son la fundamentación principal del reconocimiento de las MOTUS como especies porque: en la práctica científica el método BCL involucra: a) comparaciones intra e inter específicas, b) la adopción de un concepto de "especie" previo al análisis de los datos b) la aplicación de un umbral de variación genética elegido arbitrariamente y c) una función pragmática al constituirse como una taxonomía aplicada para el reconocimiento de especies previamente descritas, BCL no confiere un respaldo a la teoría HPC tal como argumento a continuación.

a) COMPARACIONES INTRA E INTERESPECÍFICAS. Para establecer el reconocimiento de especies, el método BCL hace uso de secuencias estandarizadas permiten distinguir la variación dentro y fuera de las especies animales y de la variación uno obtiene brechas (distancia genética) que justifican la diferencia entre las variaciones de modo que, a mayor diferencia, la discriminación específica será más acertada permitiendo así la delimitación de especies (Meyer C., & Paulay, G., 2005). Las comparaciones entre secuencias en BCL no parecen ser relativas a un mecanismo homeostático ni a un esencialismo relacional, de hecho, la historia filogenética de una especie incluye *contingencias* ontológicas que permitieron la especiación y la conformación actual de la misma. Por tal razón BCL no pudiera respaldar que una especie es *esencialmente* cohesionada debido a la homeostasis tal como HPC propone.

B) CONCEPTO DE "ESPECIE". Actualmente en la práctica de la sistemática de especies el éxito epistémico de las hipótesis de filogenia¹¹ depende de la cantidad y tipo de evidencia que las respalda y del concepto de "especie" previamente adoptado al análisis de los datos. En el caso de BCL, esta metodología hace uso del concepto de "especies-gen" como un paso obligado antes del reconocimiento de especies reales, ya que las "especies-gen" o MOTUS (Blaxter, 2004) son

¹¹ Una hipótesis filogenética puede ser considerada como una reconstrucción de las relaciones naturales (de parentesco) entre los seres vivos (Dayrat, 2005).

aquellas que son identificadas por medio de una secuencia corta estandarizada de código de barras genético que muestra una historia evolutiva. En el caso de HPC, no existe un concepto de especie (ni de clase natural) consistente con práctica científica alguna porque lo que ofrece *a priori* es una conceptualización metafísica de “clase natural” basada no en la historia genética sino en similitudes superficialmente observables cohesionadas *esencialmente* (pero no históricamente) por un mecanismo homeostático (Boyd, 1999a).

C) UMBRAL ARBITRARIO Y ESENCIALISMO. La elección arbitraria de la distancia genética entre especies en BCL, es un supuesto epistémico incompatible con el *esencialismo ontológico* de HPC que sostiene que el mecanismo homeostático *per se* es lo que “decide” los límites entre especies. Ahora bien, la elección de una región molecular efectiva que proporcione la identidad de las especies es una problemática que enfrenta BCL para la correcta asignación de individuos a especies nuevas. Numerosos autores han señalado que la evolución del *COI* es muy lenta en varios grupos de animales, como las esponjas y los cnidarios, lo cual impide una identificación confiable (Shearer et al., 2002; Hebert et al., 2003d; Wörheide, 2006; Huang D., et al. 2008; Moura et al., 2007) y para el caso de las plantas *COI* el marcador no es útil. En el caso de estas últimas, las regiones del cloroplasto *matK* y *rbcl* sirven como marcadores moleculares (Kress et al., 2005; Cowan et al. 2006) y recientemente se propuso la región nuclear *ITS* como código de barra molecular (Kress et al., 2005; Taberlet et al. 2007; Yao et al. 2010). Debido esta problemática epistémica, en el método BCL el umbral de variación genética y su aplicación son elegidos *arbitrariamente* por los investigadores.

D) PRAGMATISMO *VERSUS* ESENCIALISMO. Finalmente, BCL no sustenta a las clases al estilo HPC porque no supone estrictamente una epistemología esencialista sustentada en la homeostasis ya que BCL adopta un *pragmatismo metodológico* para el reconocimiento de especies y, por ello, bien pudiera pasar como una taxonomía aplicada si se tiene en cuenta que hay una clara diferencia entre identificación y clasificación de especies. La clasificación de especies necesita que las hipótesis de filogenia sean puestas a prueba por diversas metodologías y que se sostengan a través de esta pluralidad de marcos epistémicos, pero la identificación de ejemplares que requieran ser asignados a especies ya reconocidas, sólo necesita de un método que agilice tal asignación y el Código de Barras de Vida es una buena opción (Will et.al. 2005).

A lo largo de esta sección he analizado si una metodología como BCL, propia de una matriz disciplinaria como la Sistemática de especies, pudiera respaldar la teoría HPC de las clases naturales. He encontrado varios puntos de convergencia entre HPC y BCL, sin embargo tales similitudes son insuficientes para sostener la afirmación de que la descripción de las clases al estilo HPC es respaldada por los códigos de Barra de Vida. Es mi parecer que una definición de clase natural que es incompatible con los supuestos epistémicos de la actividad científica difícilmente puede dar cuenta del éxito inferencial en el contexto de las actividades de hacer ciencia. Porque los supuestos de HPC son incompatibles no sólo con BCL sino en general sistemática de especies, propongo re-conceptualizar el término “clase natural” como una *Unidad Epistémica Organizativa* cuyo valor epistémico reside no en una ontología esencialista sino en su rol representacional y

heurístico para la obtención de inferencias explicativas y predictivas que den cuenta de los fenómenos y entidades naturales.

2. Epistemología, ontología y representación: el caso de la taxonomía integrativa

En este capítulo sostengo que las Unidades Epistémicas Organizativas son el resultado de un ejercicio de individuación epistémica que sigue un estilo de *razonamiento representacional* el cual involucra fines explicativos y predictivos inmersos en una *ontología* y una *epistemología* propias de cada disciplina científica, aunque no toda categoría útil en la ciencia pudiera ser considerada como una clase natural.

El conocimiento científico, si bien tiene una dimensión proposicional no se reduce a esta y debido a ello tengo la pretensión de que las clases naturales como Unidades Epistémicas Organizativas estén respaldadas, por un lado: a) en una epistemología acorde con las actuales prácticas de la sistemática de especies biológicas, por otro, b) en una ontología sustentada en un estilo de razonamiento llamado "*pensamiento representacional*" ampliamente utilizado en la ciencia (Amundson, 1998, 2001, 2005; Love, A., 2009), que recurre a la construcción de herramientas heurísticas basadas en la abstracción e idealización con el fin de sustentar la fiabilidad de las inferencias explicativas y predictivas (Ankeny, 2009; de-Donato y Arroyo-Santos, 2012; Frigg 2006; Toon 2011, Martínez, 2010).

Con el fin de sostener mi re-conceptualización de las clases naturales como *Unidades Epistémicas Organizativas* (UEO) adoptaré una definición de "ontología" y "epistemología" que no involucren supuestos esencialistas. La ontología, tal como es entendida en este capítulo es considerada como "una representación de las clases de entidades que existen y de las relaciones entre ellas" (Mabee, 2007, p. 346; Gruber, 1993) y en tanto disciplina interesada en los modos generales en que las entidades se relacionan unas con otras, supone la categorización de lo que hay o pudiera ser con el fin de individuar *las clases de cosas* que existen y coexisten (Lowe, 2006). Por otra parte, la epistemología es la investigación de las condiciones necesarias y suficientes para la construcción del conocimiento en distintas áreas de investigación (Steup, 2014).

2. 1 Representación y valor epistémico.

Las distintas disciplinas científicas necesitan de la integración de una multiplicidad de datos, por lo que adoptan diversos *estilos de razonamiento* los cuales permiten varios tipos de relaciones inferenciales (Bueno, 2012). Existen muchos modos de entender lo que es un estilo de razonamiento (Foucault, 1994; Crombie, 1994; Hacking, 2002; Bueno, 2012) pero para los fines de este trabajo considero que son marcos epistémicos que regulan un cierto modo de investigar el mundo (Hacking, 2002). Entre la pluralidad de estilos de razonamiento se encuentra el *pensamiento representacional* que es "una táctica científica que implica caracterizar a los fenómenos naturales utilizando idealizaciones y aproximaciones que facilitan la explicación, la investigación y la teorización a través de la abstracción y la generalización" (Love, 2009).

Sobre la epistemología de las representaciones se han hecho pocos estudios filosóficos (Ankeny, 2009; Love, 2008; Frigg 2009; Toon 2009) pero la mayoría de estos coincide en que la práctica científica tiene por objeto de estudio a sistemas complejos que por su variabilidad no permiten ser tratados directamente por lo que hacen uso de alguna herramienta heurística que permita el acceso epistémico a estos (Godfrey-Smith, 2006; Weisberg, 2013).

En la biología es muy frecuente que se recurra a las categorías representacionales para individuar estados de cosas en la naturaleza, por ejemplo en la genética de poblaciones, la anatomía comparada o la biología evolutiva en donde existen grandes cantidades de datos o estructuras que necesitan ser homogeneizados en un todo que permita su organización y posterior tratamiento (Love, 2009). La sistemática de especies biológicas no está exenta de este ejercicio organizativo representacional puesto que para lograr inferencias filogenéticas exitosas hace uso de lo que he llamado una Unidad Epistémica Organizativa (UEO) que integre la gran cantidad de datos que se consideran salientes para delimitar los linajes evolutivos.

Mi aseveración de que las clases naturales funcionan como un tipo de categoría epistémica que unifica la diversidad de datos y que por tanto puede ser considerada como *Unidad Epistémica Organizativa*, está sustentada y ejemplificada en varios casos de la sistemática que es una disciplina que recurre frecuentemente a las representaciones y a la categorización para tratar sus objetos de estudio (Amundson 1998, 2001, 2005).

Por ejemplo, una categoría taxonómica como el grupo de *eudicotas* está unificado por caracteres ancestrales derivados compartidos como lo es la apertura del polen en tres surcos (Donoghue y Doyle, 1989) más la evidencia molecular de las regiones *rbcl*, *atpB*, y ADNr 18S (Chase et.al. 1993, Soltis et.al. 1997, 1998, 2000, Hoot et.al. 1999, Savolainen et.al. 2000 a, b). Debido a la variabilidad de las especies, no todas las eudicotas poseen la sinapomorfia del polen tri-aperturado, sin embargo para fines epistémicos y para facilitar la clasificación de especies los taxónomos recurren a la idealización representacional como un medio para homogeneizar las clases de entidades con las que tratan. Aunque este ejemplo refiere a categorías por encima del rango de especie, lo mismo puede decirse de estas últimas puesto que el sistema de clasificación para angiospermas sigue los mismos criterios de agrupación de clado anidado para cualquier rango taxonómico.

Los ejemplos sobre el carácter *representacional* las clases naturales en la sistemática son abundantes, pero lo que importa rescatar para los fines de mi investigación es que entre los varios productos epistémicos que son el resultado de un estilo de razonamiento representacional están las clases naturales que, en el contexto de las prácticas científicas, funcionan como Unidades Epistémicas Organizativas (UEO) que sirven para probar hipótesis, a la vez que justifican las inferencias explicativas y predictivas de la ciencia. El adjetivo de “naturalidad” en las clases está bien justificado puesto que a nivel epistémico son un tipo de categoría representacional pero a la vez recuperan información de la naturaleza por lo que de cierto modo representan parcialmente estados de cosas en el mundo.

2.2. Las clases naturales y la taxonomía integrativa: un caso de ejemplificación.

Como he mencionado, mi propuesta de clase natural entendida como UEO pretende estar respaldada por las actuales metodologías para la delimitación de especies en el contexto de las prácticas científicas. Una metodología de reconocimiento y delimitación de nuevas especies, distinta a BCL, que considero puede respaldar mi propuesta de clases naturales entendidas como UEOs es la *taxonomía integrativa* (Will et.al. 2005; Dayrat, 2005).

La taxonomía integrativa es una metodología de la Sistemática de especies que involucra una cantidad de datos moleculares, morfológicos, etológicos, geográficos, ecológicos etc., y permite la interacción de diversas disciplinas científicas (Dayrat, 2005). Esta metodología considera que varios tipos de caracteres¹² son necesarios para describir las peculiaridades biológicas de determinados taxones que resultan en el reconocimiento de patrones de filogenia (Will et. al. 2005; Dyrat, 2005; Padial et. al. 2010). Por ejemplo, en el caso de los anfibios aparte de los caracteres ontogenéticos que los definen, los caracteres etológicos (comportamiento) son importantes para establecer patrones que sirven como criterio de descubrimiento de especies crípticas (Fouquet et.al. 2007, Bickford et.al. 2007).

La taxonomía integrativa es una metodología que permite la ejemplificación del valor heurístico que tienen las UEOs como dispositivos representacionales al permitir la exploración de espacios de posibilidad epistémica (hipótesis) con el fin de obtener inferencias explicativas y predictivas exitosas. Un ejemplo brevemente dicho: porque la categoría de “especie”, que considero una clase natural, cumple con la descripción representacional y heurística de ser una UEO, es posible explicar en la sistemática de especies la adopción o rechazo de hipótesis de filogenia con su consecuente actualización de creencias y sistemas taxonómicos tal como puede apreciarse en la actualización de las inferencias filogenéticas de grandes clados inclusivos como el de las aves (Hackett et.al. 2008) y el de las Angiospermas (Soltis & Soltis, 2003, 2003, 2011). A su vez, el éxito de la taxonomía integrativa como metodología de delimitación de especies, en la sistemática, puede explicarse debido a que considera implícitamente a las especies como categorías representacionales que unifican los datos provenientes de muchas disciplinas que intervienen en la inferencia filogenética tales como: “la colaboración de la filogeografía, la genética de poblaciones, ecología, la anatomía comparada, la biología del comportamiento” (Dayrat, 2005).

En el capítulo 3 proporcionaré ejemplos detallados de cómo la taxonomía integrativa es una metodología que pudiera respaldar mi propuesta de entender a las clases naturales como UEOs y que mediante ésta se han logrado inferencias explicativas y predictivas con altos grados de fiabilidad epistémica que ha llevado a cambiar las perspectivas epistémicas en cuanto los grandes sistemas de clasificación filogenética en Sistemática.

Dado que la multi-evidencia es un factor importante en la inferencia de las relaciones de parentesco entre especies en la taxonomía integrativa, una clase natural entendida como Unidad Epistémica Organizativa muestra su importancia epistémica y su consonancia con las actuales prácticas en sistemática por tener el rol de una plataforma conceptual que integra y organiza los datos interpretados sobre los linajes evolutivos o especies (Mayden, 1997; De Queiroz, 1998,

¹² Un caracter es un atributo de un organismo que sirve como evidencia en la inferencia filogenética.

2007; Dayrat, 2005; Yeates et.al. 2011) tal como lo ejemplifiqué anteriormente con el caso de las eudicotas.

A nivel epistémico la propuesta de las clases naturales como UEO no sólo se sitúa en la línea argumentativa ampliamente aceptada de la taxonomía integrativa (Will et. al. 2005; Dyrat, 2005; Padial et. al. 2010, Yeates, 2011) sino también en una nascente corriente en filosofía de la biología (Fitzhugh, 2005, 2006) que considera que el tratamiento epistémico de las especies les confiere un carácter de *hipótesis explicativas* sujetas a revisión. Esto último explica por qué mientras existe un reconocimiento unificado de lo que es una especie a nivel ontológico, las especies-como-hipótesis o como *clases* UEO están en continuo cambio conforme se va adquiriendo evidencia, lo que tiene como consecuencia la revisión y re-ordenamiento de los sistemas de clasificación taxonómica tal como he mencionado que ha sucedido con los taxones superiores de las aves y Angiospermas (Hackett et.al. 2008; Soltis & Soltis, 2003, 2006, 2011) y de lo cual hablaré ampliamente en el capítulo 3.

Una consecuencia de considerar a las clases naturales como UEO es que en la filosofía de la ciencia su re-conceptualización supone un giro hacia epistemología pluralista que considera que el soporte para las hipótesis depende de muchos factores no-homogéneos que pueden ser integrados en una plataforma conceptual para lograr inferencias exitosas.

3.- Epistemología y ontología sin reduccionismos.

Hasta ahora, lo que he pretendido mostrar es que la sistemática de especies biológicas también asume los dos supuestos mencionados al principio de la sección anterior: la representación de sus objetos de estudio así como la fundamentación epistémica y ontológica de tales representaciones lo cual está ejemplificado por la taxonomía integrativa.

Esta última hace uso de una clase natural como “especie” con miras a integrar la diversidad de datos en una Unidad Epistémica Organizativa (UEO) que facilite el tratamiento conceptual de la variabilidad de los linajes evolutivos. Por otra parte, sostengo que la fundamentación de las UEO está dada por una epistemología no-reduccionista que considera que el respaldo de las hipótesis proviene de una diversidad evidencial no-homogénea que es abstraída e idealizada por este tipo especial de categorías llamadas “clases naturales”.

Con base en lo argumentado en las secciones anteriores, considero que mi propuesta de clase natural como UEO presenta ventajas epistémicas *no-reduccionistas* que no poseen las clases HPC, por ejemplo:

- a) **En tanto categorías representacionales, las UEO explican la obtención de inferencias explicativas y predictivas exitosas** porque su importancia reside en el valor epistémico que tienen las clases naturales como dispositivos representacionales y heurísticos de los estados y fenómenos en el mundo y no tanto en los presuntos mecanismos subyacentes que las configuran.

b) **Considera una epistemología integrativa que es consistente con las prácticas científicas.** Si es aceptada la argumentación de las secciones anteriores, entonces una clase considerada como UEO está acorde implícitamente con la premisa principal de las nuevas metodologías de inferencia filogenética que asevera que “el nivel de confianza en especies apoyadas por distintos tipos de datos es mucho más alto que para las especies respaldadas por un solo tipo” (Dayrat, 2005), lo cual no sucedería con una clase al estilo HPC puesto que supone una epistemología reduccionista.

c) **Permite la exploración de espacios de posibilidad epistémica.** Una consecuencia de considerar a las clases naturales como UEO en el contexto de un estilo de razonamiento representacional es la apertura epistémica que permiten este tipo de categorías. Debido a que una clase al estilo HPC se compromete con un solo tipo de evidencia (los mecanismos homeostáticos) esto conlleva a un reduccionismo en la investigación, construcción y prueba de hipótesis, lo cual no sucede con las UEOs las cuales colapsan datos mediante la abstracción e idealización para después obtener un conocimiento fiable del mundo mediante la intervención y representación de estados de cosas en el mundo. Considero que estas ventajas epistémicas confieren a las clases naturales entendidas como UEO un importante valor epistémico que no ha sido considerado por otras aproximaciones filosóficas como la teoría HPC porque permiten la investigación de espacios epistémicos que generen y evalúen heurísticamente los resultados de las prácticas científicas.

d) **Disolución de debates.** Ahora bien a diferencia de HPC, las Unidades Epistémicas Organizativas (UEO) disuelven uno de los debates importantes en la filosofía de la biología y que le ha restado crédito a la importancia de las clases naturales en las inferencias científicas: la interpretación metafísica de “especie”. Existe un consenso ampliamente aceptado en filosofía de la biología de que el término “clase natural” refiere a individuos en vez de clases, es decir que las especies biológicas muestran un comportamiento evolutivo semejante a cualquier ser vivo: tienen un origen ancestral y finalizan en un proceso de especiación que da lugar a una divergencia entre linajes (Ghiselin, 1974; Hull, 1978; Buller J. 2005). No obstante que las especies son reconocidas como individuos biológicos, la gran mayoría de los taxónomos acepta (com. personal con Efraín De Luna) que al momento de elaborar clasificaciones filogenéticas el estatus epistémico de una especie puede ser el de una clase o categoría conceptual que facilita el manejo de información y la elaboración de inferencias explicativas y predictivas y esto es consistente con mi re-conceptualización de HPC. Es decir que en un contexto epistémico la práctica taxonómica justifica que pueden ser tratadas *como si fueran* clases estables aunque ontológicamente sean linajes evolutivos.

En suma, sostengo que mi propuesta de clase natural como una Unidad Epistémica Organizativa es consistente con la práctica científica debido a que es respaldada por la taxonomía integrativa: una metodología de gran aceptación en Sistemática y que hace uso de una herramienta heurística representacional como especie porque tiene la capacidad de unificar la diversidad de datos interpretados sobre estados de cosas en el mundo en un todo conceptual homogeneizado. Considero que esto último difícilmente pudiera ser logrado por una clase natural al estilo de la

teoría HPC porque estas últimas depositan el valor inferencial sólo en la capacidad homeostática de una clase reduciendo así la evidencia que las respalda.

Conclusión

A lo largo de este capítulo he argumentado que la descripción de las clases naturales al estilo HPC (Boyd, 1999a) no es acorde con la práctica científica como es su objetivo, debido a que supone un reduccionismo epistémico en cuanto a la evidencia para la delimitación de las clases naturales.

También he argumentado que haciendo un análisis epistémico de la su función representacional de las clases naturales como herramientas heurísticas que integran abstractamente la variabilidad de la naturaleza se puede obtener una re-conceptualización como *Unidades Epistémicas Organizativas* (UEO) que es acorde con la práctica científica, en específico con la metodología de la taxonomía integrativa.

Además, mi propuesta de clase natural entendida a nivel epistémico como UEO tiene la pretensión de servir de guía en el siguiente capítulo sobre el papel que tienen las clases naturales en las grandes transiciones epistémicas que suponen el reemplazo de antiguas clasificaciones por nuevos sistemas taxonómicos que organizan la diversas formas de vida de modo totalmente distinto al previamente establecido. Considero que es en esta línea argumentativa: acorde con la práctica científica y sin compromisos esencialistas en la cual debe ser dirigida la investigación filosófica de las clases naturales con el fin de mostrar su valor epistémico en la obtención y prueba de inferencias explicativas y predictivas de la ciencia.

CAPÍTULO 3. PROCESOS CIENTÍFICOS DE CLASIFICACIÓN Y TRANSICIONES EPISTÉMICAS: LAS CLASES NATURALES COMO UEOS Y SU VALOR INFERENCIAL EN LAS PRÁCTICAS CIENTÍFICAS

En el capítulo anterior, ofrecí una re-conceptualización de “clase natural” como *Unidad Epistémica Organizativa* (UEO) sustentada en los procesos de clasificación y de obtención de inferencias en la Sistemática de especies biológicas. En este capítulo sostengo que *una UEO es un tipo de categoría representacional que posee dos propiedades epistémicas. Por un lado posee una función heurística en las prácticas científicas, que consiste en su potencial para generar inferencias explicativas y predictivas así como inducir transiciones epistémicas. Por otro, tiene una función representacional-aproximativa a los fenómenos y entidades de estudio la cual consiste en unificar los datos interpretados de un dominio particular del mundo natural con el fin de intervenir en este.* Mi estudio filosófico sobre estas categorías pretende situarse en la línea de las nuevas epistemologías (Soler et.al. 2014; Kendig, 2016; Martínez & Huang, 2016) que descentralizan el valor epistémico depositado sólo en las teorías y pretenden rescatar el valor de las prácticas científicas en la generación de inferencias explicativas y predictivas.

Introducción

En la sección 1) presento una breve narrativa del surgimiento del así llamado *giro epistémico* hacia las prácticas científicas en filosofía de la ciencia en el cual pretendo situar mi definición de clase natural como UEO. En la sección 2) expongo el concepto de inferencia e inferencia abductiva probabilística y en concreto qué es una inferencia filogenética. Finalmente, en la sección 3) presento dos casos de la Sistemática de especies biológicas que muestran:

- a) La relevancia epistémica de las UEOs que reside en su *función heurística* para evaluar y generar hipótesis tal como pretendo ejemplificar con un estudio de caso que refiere al reconocimiento de una nueva especie biológica para la región de la mixteca oaxaqueña (Alvarado et.al 2012).
- b) Así también, participan en lo que llamo *transición epistémica* que consiste en la generación y adopción de nuevos marcos epistémicos para entender la realidad natural. Esto último lo ejemplifico con el caso de la especie monotípica *A. trichopoda* que, en conjunción con varias fuentes de evidencia, sirvió como base para inferir las relaciones de parentesco entre Angiospermas cambiando así el sistema de clasificación basado en morfología para adoptar uno nuevo basado en evidencia molecular y monofilia (Soltis y Soltis, 2011).

1.- El giro epistémico hacia las prácticas científicas

1.1 Surgimiento de las tendencias hacia las actividades de-hacer-ciencia

En las últimas cuatro décadas ha habido un resurgimiento de varias tendencias epistémicas, sociológicas, etnográficas, culturales y antropológicas que resaltan la importancia de las prácticas científicas en la construcción y la adquisición del conocimiento humano sobre la naturaleza y la

sociedad. Todas esas tendencias constituyen lo que hoy en día en la literatura filosófica se le conoce como *el giro hacia las prácticas científicas* que intuitivamente se entiende como un interés por lo que los científicos *realmente hacen* cuando están haciendo ciencia (Soler et.al., 2014, Kendig, 2016, Martínez et. al., 2016).

Los estudios epistémicos que resaltan la importancia de las prácticas científicas en la construcción, desarrollo, validez y justificación del conocimiento tienen un trasfondo histórico que puede situarse desde finales del s. XIX con Emil Du Bois-Reymond, Ernst Mach, Henri Poincaré y Émile Boutroux quienes reconocieron la contingencia de los resultados científicos y la intervención del investigador en la ciencia. Esto exigió un cambio de enfoque hacia las condiciones en que pudiera gestarse un sistema científico (Rheinberger, 1997). Así también, se puede encontrar en las obras filosóficas de Wilhelm Dilthey (1989) y Heinrich Rickert (1926) un esfuerzo por defender la importancia de las ciencias culturales frente a la interpretación positivista de las ciencias naturales.

A su vez, en las siguientes décadas se fue gestando entre los filósofos de habla francesa un discurso filosófico que precedió a las nociones de *ciencia como práctica*¹³, historicidad, poder y sujeto así como experimentación como en Gastón Bachelard, Georges Canguilhem, Michel Foucault, Louis Althusser, Jacques Lacan y Jacques Derrida (Zammito, 2011). Además, la “ansiedad” por la historicidad de Husserl y Heidegger (Rheinberger, 1997) tuvo, en mi opinión como en la de otros autores, un auge inesperado en la segunda posguerra con Alexandre Koyré (1943) quien inauguró la línea de pensamiento de T.S. Kuhn, Cohen, Hall y Westfall (Lindberg et. al 1990) con el concepto de “revolución científica” y la historicidad del pensamiento científico.

La línea de investigación interesada en la ciencia, como actividad práctica, tiene entonces tras de sí un vasto trasfondo histórico con la filosofía francesa que adquirió reconocimiento *como giro orientado a las prácticas* sólo recientemente a la luz de los estudios etnográficos, antropológicos y concretamente en los sociológicos los cuales se enfocaron en el *ambiente* social y cultural en el cual se construye y produce el conocimiento: los laboratorios y las comunidades científicas (Collins, 1974; Latour y Woolgar; 1979, Knorr, 1977; Knorr-Cetina, 1977, 1982b; Pickering, 1992; Bloor, 1976).

Uno de los objetivos de estos estudios sociológicos de la ciencia es una descripción de los procesos de solidificación de los productos finales de la ciencia (teorías, inferencias, resultados, pruebas, categorías etc.) “evidenciando la relación causal entre los contenidos del conocimiento científico y las variables sociológicas, tales como los ‘intereses’ de los grupos (científicos) bajo escrutinio” (Soler, 2014) y las negociaciones llevadas a cabo en las comunidades epistémicas con el fin de legitimar sus resultados.

¹³ La *ciencia-como-práctica* es un concepto nuevo (Pickering, 1992) pero puede ser aplicable a estos autores quienes estaban concebían que el conocimiento generado en la ciencia involucra sistemas experimentales, historicidad, construcción de conceptos, contingencias locales etc.

Ahora bien, que recientemente exista un reconocimiento de estos intereses como un *giro-orientado* hacia las prácticas científicas, aun cuando llevan un siglo de desarrollo por el lado de la tradición francesa, se debe a la hegemonía y preeminencia de una epistemología y filosofía de la ciencia centrada en divisiones conceptuales como la de teoría-mundo, contexto de justificación-descubrimiento o teoría y práctica que articularon los debates tradicionales relativos a la verdad de las teorías científicas, los hechos, la certeza, observación, explicación, justificación, evidencia etc., dejando de lado el *proceso epistémico* que implica la *construcción* de experimentos, modelos, artefactos, tecnología, y conceptos que hacen posible las inferencias explicativas y predictivas en la ciencia.

Mientras que los estudios sociológicos, etnográficos, antropológicos o culturales tienen una dimensión *descriptiva* de las actividades que realizan los científicos con el fin de generar un conocimiento sobre el mundo; la epistemología y la filosofía de la ciencia divergen en el tratamiento de las actividades científicas en su aspecto *normativo* que involucra la *racionalidad* y el conocimiento humano como parte de un *proceso inferencial* siempre en construcción. Esta dimensión *normativa*, de la cual hablaré en el capítulo 4, detiene el relativismo y el reduccionismo que parece implicar la aseveración que afirma que el conocimiento es sólo una *construcción arbitraria* relativa a intereses, comunidades epistémicas y agendas de investigación en la ciencia.

1.2 El giro hacia las prácticas en filosofía de la ciencia y la epistemología

La epistemología centrada en prácticas científicas constituye una línea de pensamiento que se desarrolló en paralelo a lo que fue el modo tradicional de hacer filosofía de la ciencia. La teoría unificada de la ciencia como proyecto epistémico de principios del s. xx de los positivistas/empiristas lógicos, la Concepción Heredada o Concepción Sintáctica de las Teorías (Campbell 1920; Hempel, 1958 ; Carnap 1967 [1928]), la Concepción Semántica de las teorías científicas (Suppes, 1984; 2002; van Fraassen, 1989; Giere 1988, 2004; Giere, Bickle y Mauldin 2006; Lloyd 1983, 1988, 2013; Lorenzano 2013; Weisberg, 2013), o el realismo estructural (Psillos, 2001; French y Ladyman 2011) son algunos ejemplos de ese modo tradicional de entender el conocimiento, la ciencia y los procesos inferenciales.

Dado lo anterior, el giro *hacia* las prácticas científicas se dio en la epistemología y la filosofía de la ciencia tradicionales que consideraban que el conocimiento válido es de carácter proposicional, que las teorías tienen un papel central en la verificación de hipótesis o, por ejemplo, que las inferencias explicativas y predictivas son el resultado de procesos deductivos haciendo caso omiso de la *abducción* como un tipo de inferencia válido en el razonamiento científico y sobre lo cual hablaré en la siguiente sección. (Peirce, 1931; McGrew, 2003; Lipton, 1991).

Una de las líneas de pensamiento orientada hacia las prácticas, y en la cual quiero situar mi epistemología de las UEO's, es reconocida en filosofía de la ciencia como el *Nuevo Experimentalismo* cuyos autores representativos son, por ejemplo, Ian Hacking, Allan Frankling, Peter Galison, Nancy Cartwright, Robert Ackerman (Soler, 2014).

El Nuevo Experimentalismo (NE) debe su nombre a un modo diferente de entender el papel epistémico que tienen los experimentos en la ciencia: por un lado, tradicionalmente se le había asignado al experimento un rol confirmatorio de las teorías científicas, sin embargo como Ian Hacking (1983) afirma en su clásica frase “la experimentación tiene vida propia” estos pueden justificarse con independencia de la teoría,¹⁴ pueden ser epistémicamente más robustos que esta última, además de servir como herramientas de prueba locales en el laboratorio y la práctica científica en general (Mayo, 1994). Por otro lado, el valor epistémico del experimento en el NE no se sitúa sólo a nivel de *resultados* sino también en las *actividades* experimentales como procesos que conforman una dimensión técnico-transformativa generadora de conocimiento en la ciencia (Soler, 2014).

El Nuevo Experimentalismo surge como una perspectiva Pragmática de las teorías en la línea epistémica conocida como la Concepción Semántica de las Teorías científicas (cf. Winther, 2016) y aquí es en donde reside, en mi opinión, el giro hacia las prácticas científicas en la filosofía de la ciencia. En la Perspectiva Pragmática de las teorías científicas existen al menos dos supuestos que la caracterizan en la línea de investigación filosófica centrada en prácticas:

- a) Por un lado la aceptación de que la estructura de las teorías científicas puede tener aspectos *no-formales* como metáforas, analogías, valores y normas de la práctica científica (Bailer-Jones 2002; Craver 2001b; Contessa 2007; Winther 2006a; Morgan 2012) aunque acepta la matematización sin identificarla con la formalización.
- b) Por otro, la tesis de *continuidad* entre la estructura de las teorías y la práctica científica que ha sido retomada actualmente en filosofía de la ciencia (Keding, 2016, Martínez, 2016). Una consecuencia epistémica de esta tesis es la afirmación de que es difícil sostener la dicotomía entre teoría y práctica ya que la primera es vista como un *hacer-ciencia-práctica* (Hacking 1983, 2009; Shapin y Schaffer 1985; Galison 1987, 1988, 1997; Suárez y Cartwright 2008).

Estas dos características que distinguen al Nuevo Experimentalismo permiten varias críticas contra los supuestos de la epistemología tradicional (Soler, 2014): el teórico-centrismo, la presuposición de que las teorías anteceden al experimento, el hecho de que los experimentos se reducen a reportes observacionales que confirman o refutan hipótesis teóricas, y el carácter pasivo-representacional de las teorías y experimentos que sitúa a los agentes epistémicos en una postura “del espectador del conocimiento” (Hacking, 1983).

Estas críticas, brevemente descritas, consisten en lo siguiente: la epistemología tradicional centrada en la dimensión lingüístico-conceptual dio primacía a las teorías entendidas como

¹⁴ Que un experimento sea de cierto modo independiente de una teoría remite a que en ciertos casos son el resultado y proceso de la construcción de *modelos* los cuales no son derivados enteramente ni de los datos ni de la teoría (Morgan & Morrison, 1999; Cartwright 1999, Ch. 8). Por ejemplo, el modelo de la superconductividad de Fritz y Heinz London nos ofrece un buen ejemplo de esta relación de independencia. La ecuación principal del modelo no tiene ninguna justificación teórica (en el sentido de que se podría derivar de la teoría electromagnética o de cualquier otra teoría fundamental) y está motivado únicamente sobre la base de consideraciones fenomenológicas (Cartwright et al. 1995).

conjunto de proposiciones a prueba las cuales deberían ser elegidas a la luz de la evidencia experimental. La suposición de que existen teorías en competición redujo el papel del experimento a “resultados” que confirman una teoría dejando de lado el *proceso* mismo de su construcción el cual tiene un componente epistémico que no puede ser omitido: la intervención y la manipulación en los experimentos también conlleva un conocimiento sobre el mundo.

Dado que los experimentos respaldan o refutan teorías se consideraron dependientes de estas últimas, sin embargo como sostiene el NE los experimentos también tienen una utilidad “local” es decir que son usados por los científicos para probar instrumentos, distinguir y estimar efectos reales de los artefactos, en la producción de nuevos fenómenos por medio de técnicas etc. (Mayo; 1994), lo cual implica un reconocimiento de una validez propia que les confiere autonomía epistémica con respecto a las teorías.

Por otra parte, el NE reconoce en los productos (artefactos y tecnologías) y los procesos epistémicos como los experimentos, los modelos y las teorías no sólo un componente representacional pasivo que refleja o reproduce con mayor o menor grado entidades y fenómenos naturales, también reconoce que en esa función representativa existe un componente de *intervención* por parte de los agentes epistémicos: adquieren la habilidad y el conocimiento de interpretar datos no sólo sobre la base de conceptos sino también mediante ensayo-error, aprenden a *leer a través de* instrumentos como el microscopio y pueden reconocer, con base en su *experiencia*, nuevos objetos de estudio¹⁵ (Soler, 2014; Martínez, 2016).

Hasta ahora, en esta sección he expuesto la línea epistémica llamada *giro hacia las prácticas científicas* en la cual se sitúa mi propuesta de “clase natural” como UEO. En lo que sigue, hablaré de un modelo de razonamiento llamado *inferencia abductiva* y cómo este tipo de inferencia se relaciona con *la inferencia filogenética* que es propia de la Sistemática de especies biológicas.

2. Inferencia Abductiva-probabilística

En la práctica científica existen muchas maneras de *razonar*. El razonamiento es una actividad epistémica cuya finalidad es *generar inferencias acotadas por una normatividad que adquiere sentido en un marco epistémico específico* (cf. Martínez y Huang, 2016) por lo cual, es de esperar que la caracterización de la relación entre la evidencia y los modelos o las teorías no pueda ser reducible sólo a inferencias lógicas o mecanicistas¹⁶ tal como se ha hecho tradicionalmente en filosofía de la ciencia¹⁷ sino que existe una *multiplicidad* de formas de representar ese vínculo en las *prácticas científicas*. Las prácticas científicas pueden ser entendidas como *un complejo de*

¹⁵ Por ejemplo, en mi experiencia etnográfica en el Laboratorio de Plantas Vasculares encontré sistemáticos expertos en morfología de Angiospermas. Su experiencia y trato con su grupo taxonómico de estudio se traduce en la habilidad de reconocer nuevas especies dado el conocimiento de fondo sobre cómo se aprecia la ornamentación de sus ejemplares ya vistos.

¹⁶ Véase Bechtel y Richardson, 2010; Glennan 1997; Thagard 2000; MDC, 2000; Bechtel y Abrahamsen, 2012, Batterman y Rice 2014.

¹⁷ Ver por ejemplo: Carnap, 1928, 1976; van Fraassen 1976, 1989; Wessels 1976, Hempel 1970; Feigl 1970; Moulines 1976, 2002; Stegmüller 1976; Boyd 1988,1991, 1999, 2010.

actividades y de normas, reglas, estándares y tecnologías cuya característica principal es la de hacer uso del razonamiento mediante diversas formas de aprendizaje con el fin de obtener un entendimiento del mundo (cf. Martínez y Huang; 2016).¹⁸

En el contexto de esta investigación consideraré que una inferencia es un *tipo de razonamiento* en el cual se obtienen conclusiones a partir de premisas, evidencia, datos o hechos (Hardegree, 2009). El tipo de razonamiento que me interesa para los fines de esta investigación de las UEO's es el *abductivo*. La abducción constituye una de las tres formas de inferencia mejor reconocidas en epistemología y lógica: deducción, inducción probabilística e Inferencia a la mejor explicación (IBE). Aunque actualmente no existe un consenso en la definición de "abducción" una de las más aceptadas en epistemología es esta:

"Dada cierta evidencia *E* y ciertas explicaciones candidatas *H*₁, *H*₂, *H*₃... de *E*, inferimos la verdad de *H*_{*n*}, la cual *explica mejor E*" (Douven, 2011).

Aunque la *abducción* pertenece al ámbito de la lógica como modelo de razonamiento inferencial, actualmente en la Sistemática (como en otras disciplinas científicas que usan métodos cuantitativos para medir la fiabilidad de sus hipótesis) es reconfigurada como *abducción probabilística*¹⁹ cuya finalidad es definir una distribución de probabilidad sobre las explicaciones y evaluarlas por medio de sus probabilidades (Ishihata & Sato, 2011), tal como se hace para la inferencia filogenética.

2.1 Inferencia abductiva probabilística e inferencia filogenética

Una *hipótesis filogenética* puede ser considerada como una reconstrucción de las relaciones histórico-naturales (de parentesco) entre los seres vivos (Dayrat, 2005), luego, la *inferencia filogenética* es un proceso que sigue cierto modelo estadístico mediante el cual se pretende obtener con algún grado de fiabilidad, esas relaciones de parentesco las cuales representan en una filogenia la historia evolutiva de un taxón.

Los árboles filogenéticos, filogenias o cladogramas constituyen "un diagrama que *representa* las líneas de descendencia evolutiva de diferentes especies, organismos, o genes de un ancestro común. Las filogenias son útiles para *organizar el conocimiento* de la diversidad biológica, para la estructuración de las clasificaciones, y para proporcionar una idea de los acontecimientos que se produjeron durante la evolución" (Baum, 2008). Es importante destacar que en las filogenias, las

¹⁸ En sentido estricto, las normas, reglas, estándares y tecnologías no son "actividades" empíricas, sin embargo la línea de investigación filosófica que recupera a las prácticas científicas como procesos importantes de conformación del conocimiento, sigue la premisa enunciada por Percy Bridgman de que toda actividad científica, incluyendo la teorización pura, consiste en acciones y operaciones: lo físico, lo mental y así como lo teórico ("paper-pencil actions") (Keding, 2016).

¹⁹ Los sistemáticos cladistas no se refieren a los procesos estadísticos que usan como "abductivos", sin embargo estos procesos siguen ese patrón inferencial.

líneas terminales son justamente las especies biológicas, una categoría taxonómica que en un cladograma (Figura 1) funciona como una Unidad Epistémica Organizativa (UEOs).

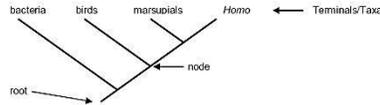


Fig. 1. Este es un diagrama llamado “árbol filogenético” en donde están señaladas sus partes: raíz, nodo y terminales.

Las reconstrucciones evolutivas de los taxones y sus relaciones filogenéticas implican una *metodología* la cual, a su vez, conlleva una epistemología implícita que muchos sistemáticos han minimizado debido que consideran que esta última no es importante para justificar las filogenias obtenidas (Edwards, 2009; Felsenstein, 1973, 1978, 1988; Goldman, 1990). Sobre los supuestos epistémicos de la metodología de prueba de hipótesis de filogenia, más que en la metodología en sí misma, es el tema en el que se centrará esta sección.

2.2 Supuestos epistémicos o qué podemos conocer bajo incertidumbre

La inferencia filogenética requiere que lo que cuenta como evidencia para una hipótesis de filogenia pueda ser estimado mediante una distribución de probabilidad que mida la fiabilidad de la reconstrucción evolutiva obtenida. Por ejemplo, supongamos que tenemos cinco grupos en la naturaleza y se quieren organizar de acuerdo a su historia evolutiva. Existen muchos modos de representar (reconstruir) hipotéticamente esa historia en un árbol filogenético de tal modo que los grupos se organizan en categorías A.B.C.D.E y cada una se relaciona de manera distinta según su posición en el árbol tal como se muestra en la Figura 2.

Así, en el esquema de en medio tenemos tres taxones [(A) (E,D,C) (B)] y al final cuatro [(A) (B)(D,E)(C)] pero ¿cuál de las tres topologías es el árbol mejor respaldado dada la evidencia disponible? Al ser representaciones de relaciones evolutivas hipotéticas los sistemáticos tienen que decidir, bajo incertidumbre, cuál filogenia es la más fiable para reconstruir la historia de los grupos de estudio y para ello se necesita de un método cuantitativo (probabilístico) que estime qué tan confiable es la reconstrucción.

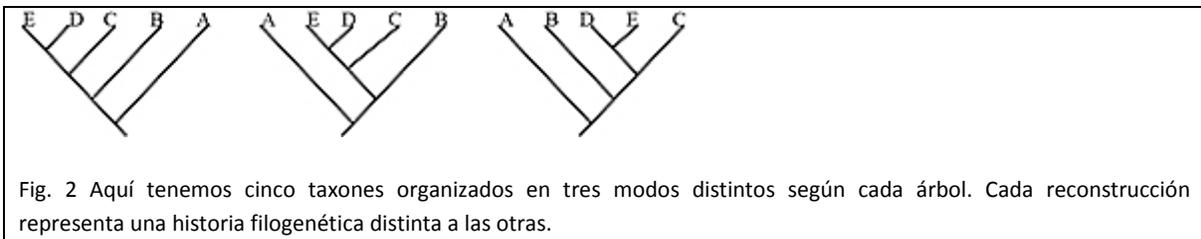


Fig. 2 Aquí tenemos cinco taxones organizados en tres modos distintos según cada árbol. Cada reconstrucción representa una historia filogenética distinta a las otras.

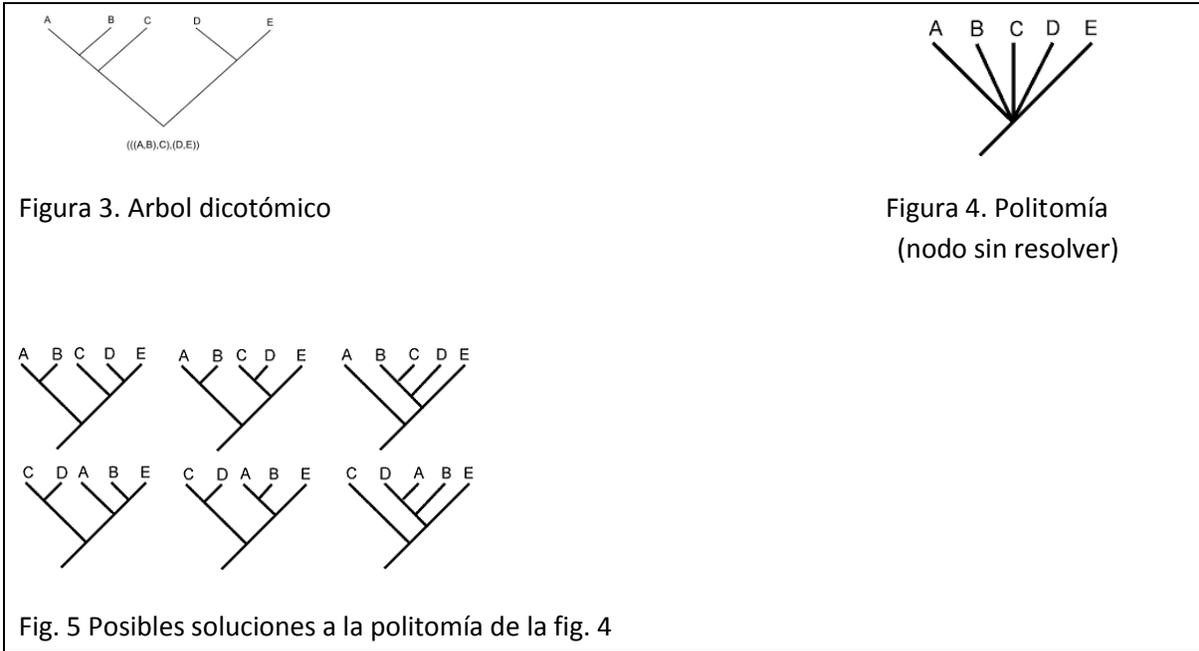
Una metodología probabilística que ha tenido gran aceptación en la sistemática cladística es la inferencia bayesiana (Felsenstein, 1973, 1978, 1981; Yang and Rannala, 1997; Farris, 1999; Soltis et. al 1999; Huelsenbeck et. al, 2001) la cual se basa en una cantidad llamada la *probabilidad posterior* de un árbol filogenético obtenida de combinar la probabilidad *a priori* de una filogenia ($Pr[Tree]$) la verosimilitud ($Pr[Data/ Tree]$) para producir una distribución de probabilidad posterior en los árboles ($Pr[Tree/Data]$). La probabilidad posterior de un árbol puede ser interpretada como la probabilidad de que el árbol sea el correcto (Huelsenbeck, et. al 2001).

Por supuesto, esta es una versión simplificada de la metodología ya que la verosimilitud es calculada bajo una de una serie de modelos de Markov de evolución de caracteres y la probabilidad posterior es obtenida mediante la sumatoria de todos los árboles, y para cada árbol, la integración de todas las posibles combinaciones de la longitud de las ramas. Además, los resultados obtenidos de un análisis filogenético están condicionados a los supuestos epistémicos *asumidos* para el modelo probabilístico, ya que por sí mismo sólo es una herramienta numérica para la elección de las filogenias probables.

Muchos sistemáticos han aseverado que existen supuestos epistémicos *asumidos* que subyacen a la fiabilidad del modelo bayesiano de inferencia filogenética, por ejemplo: *exactitud, resolución, robustez, simplicidad y congruencia* (Huelsenbeck et. al. 2001; Golobof et. al, 2003; Bateman et. al, 2006). Un análisis sobre los supuestos epistémicos es el que menciono a continuación.

- a) *Exactitud*. Desafortunadamente, sólo cuando el analista está intentando reconstruir el patrón de ramificación para un árbol filogenético (topología) usando una genealogía conocida y totalmente dicotómica elaborada *ex profeso* por el ser humano (Hillis et al., 1992; Oakley y Cunningham, 2000) es cuando la noción de “exactitud” entraría en juego propiamente. Pero en la mayoría de las reconstrucciones lo que los sistemáticos entienden por exactitud es simplemente esto: dado los datos y la evidencia disponible el soporte cuantitativo de la filogenia es lo más cercano al umbral de confiabilidad probabilística de 0.95 (Golobof et. al, 2003). Esto quiere decir que el árbol es aproximativamente fiable a la hipótesis de filogenia y por consiguiente representa con alto grado de confianza una historia evolutiva: “Dado que nunca podemos tener acceso al 'verdadero árbol de la vida', por definición, no podemos evaluar su exactitud, que es una propiedad absoluta en lugar de relativa” (Bateman et. al, 2006).
- b) *Resolución y robustez*. Cuando se ha obtenido una representación dicotómica de las relaciones filogenéticas entre las especies como en la Figura 3, en vez de una politomía (Figura 4), se considera resuelta la filogenia de un clado y, por tanto, la representación es robusta en el sentido de que obtiene respaldo por los datos. Pero si en un nodo como en la Fig. 4 existen más de dos terminales, uno necesitaría de un método numérico de re-muestreo de datos para solucionar el nodo. Para las cinco terminales de la Fig. 4 tenemos al menos seis posibles soluciones (Fig. 5) pero aún estas técnicas tienen sus limitaciones tal como Soltis et al. (2004, pp. 478–479) han hecho notar: “Con un gran apoyo para el árbol, los investigadores pueden llegar a confiar en topologías incorrectas... ahora está bien reconocido que este método de

remuestreo y otras, como *jackknife*, proporcionan, a lo sumo, una representación de la confianza [pertinente] solamente [a] los datos a la mano; incluso los datos aleatorios pueden producir alto apoyo al *bootstrap*". En suma, cuando los sistemáticos aseveran que sus representaciones de filogenia son robustas y están resueltas, lo que *asumen* es que "un fuerte apoyo estadístico para una topología particular (o, más probablemente, un conjunto de topologías igualmente probables), tiene poco que ver con la propiedad incognoscible de su exactitud" (Bateman et. al, 2006).



- c) *Simplicidad*. La simplicidad que asumen los sistemáticos respecto a sus modelos bayesianos de probabilidades posteriores está en comparación con otro modelo llamado parsimonia. Si de describir gráficamente se trata, la parsimonia lo que hace es una curva que pasa a través de todos y cada uno de los puntos (datos), en lugar de utilizar una línea recta. Esta curva tiene una adecuación perfecta, pero no tiene valor predictivo; cualquier nuevo punto de datos ciertamente caerá fuera de la trayectoria especificada anteriormente, la cual (si la adecuación quiere ser preservada) tendrá que ser modificada cada vez que se añade un nuevo punto (dato). Lo que haría un modelo de probabilidades posteriores para conferir fiabilidad a la inferencia filogenética es que en lugar de buscar un solo árbol óptimo, se muestrean árboles de acuerdo a sus probabilidades posteriores. Una vez que dicha muestra está disponible, las características que son comunes entre los árboles pueden discernirse para una elección.
- d) *Congruencia*. Tal como menciona Bateman et. al. (2006) este término fue empleado originalmente para describir los comportamientos relativos a caracteres comparables (típicamente características morfológicas) cuando se someten simultáneamente a un análisis de parsimonia, que tiene por objeto minimizar la incongruencia entre los caracteres homoplásicos. Pero la incongruencia también se utiliza para describir las

diferencias entre múltiples topologías que describen las relaciones de la misma gama de taxones codificada. En cualquier caso, la congruencia es un criterio numérico asumido como fiable para distinguir homología (sinapomorfía) de la homoplasia (caracteres cuyo origen no es ancestral) y así discriminar filogenias.

Lo que hasta este punto he mencionado es que en la práctica científica de la Sistemática de especies las actividades de clasificación y construcción de modelos (árbol filogenético) para las categorías taxonómicas²⁰ siguen una metodología probabilística, llamada inferencia bayesiana, legitimada como fiable por la comunidad de epistémica debido a algunos supuestos que son asumidos por los taxónomos para la elección de la filogenia adecuada relativa a la hipótesis de evolución.²¹

Los supuestos epistémicos asumidos por los sistemáticos respecto a la fiabilidad de sus modelos cuantitativos (estadísticos y gráficos) suponen una epistemología adoptada implícitamente con el fin de legitimar las filogenias obtenidas. Aunque los métodos de inferencia filogenética deberían estar más relacionados con la actualización de creencias dada cierta evidencia (epistemología bayesiana) me centraré en la abducción como patrón de razonamiento subyacente a la selección de filogenias. Sobre este tema trataré en las secciones siguientes.

2.3 Abducción probabilística y epistemología de la inferencia filogenética.

Sobre la definición de “abducción” citada en Douven (2011) no haré un análisis epistémico puesto que sólo la menciono como parte de un bagaje filosófico a tomar en cuenta. Mi interés está centrado en la definición de “abducción” de Charles Sanders Peirce:

“La abducción es el proceso de formación de hipótesis explicativas. Es la única operación lógica que introduce una nueva idea” (CP,5, p. 172).

la cual ha sido actualizada como el proceso de inferir ciertos hechos y/o leyes e hipótesis que hacen plausibles los enunciados que explican o descubren algún fenómeno (eventualmente nuevo) o la observación; o bien es el proceso de razonamiento en el que se forman y se evalúan hipótesis explicativas (Magnani L. 2006, 2013). Mi interés en estas definiciones de “abducción” se

²⁰ Los árboles filogenéticos siguen un criterio de clado anidado, es decir, de cajas-en-cajas por lo cual constituyen una estructura conformada por categorías (taxones) ordenadas y jerarquizadas según sus relaciones filogenéticas hipotéticas.

²¹ Existe también actualmente un modelo de inferencia filogenética llamado NCPA (Análisis de Clado Anidado) con gran aceptación en un campo de investigación emergente conocido como Filogeografía. El Análisis de Clado Anidado es “es un método basado en la coalescencia en la inferencia estadística filogeográfica que pone a prueba hipótesis sobre la asociación de clados (ramas) de los árboles de haplotipos con la información espacial. Las unidades fundamentales del análisis en NCPA son árboles de haplotipos. La teoría de la coalescencia trata con la historia genealógica de una muestra de regiones homólogas de ADN. En ausencia de datos de árbol genealógico completo, gran parte de esta historia genealógica no es observable. Sin embargo, algunos de los eventos de replicación de ADN que componen esta historia están marcados por mutaciones, lo que hace que una parte de la historia genealógica sea potencialmente observable” (Templeton, 2010).

debe a que el análisis epistémico de la inferencia filogenética, al menos el de Fitzhugh (2005a,b, 2006a, b, 2008a), parece ceñirse a este modelo inferencial abductivo y a esta definición.

Los análisis epistémicos sobre la inferencia filogenética la sitúan en al menos tres *modelos de racionalidad* relativos a procesos inferenciales: verificación-refutación (de Luna, 1995, 2005) abducción (Fitzhugh, 1997, 2006a, 2006b, 2008; Rieppel; 2008; Quinn, 2016 por publicarse) o inferencia bayesiana (Huelsenbeck et.al. , 2001; 2002; Ronquist, 2003, 2004).

En esta sección presento brevemente los modelos de racionalidad²² asociados a la inferencia filogenética los cuales, exceptuando los dos primeros, han sido considerados como los adecuados para enmarcar el razonamiento llevado a cabo en la selección de las filogenias de las especies biológicas. Sin embargo, como argumentaré en el capítulo 4, los modelos de racionalidad como la abducción y la inferencia bayesiana, si bien recuperan los procesos llevados a cabo en la construcción de sistemas de categorías en Sistemática deben su éxito a un factor que raramente es tomado en cuenta en la epistemología en general: que los procesos inferenciales y el conocimiento obtenido mediante estos, sólo adquieren legitimidad en un *contexto epistémico* propio de cada una de las prácticas científicas el cual, de cierto modo, define una normatividad para la *acción* en estas últimas.

En la literatura clásica sobre la epistemología de la inferencia filogenética, existen dos modos de relacionar la evidencia con una hipótesis de filogenia: o bien la evidencia corrobora a la hipótesis o bien la refuta (Platnick y Gaffney 1977, 1978a, 1978b). El modelo “falsacionista” basado en refutaciones (Popper, 1959) fue el más recurrente para justificar la actividad de clasificar especies porque la “objetividad” empírica de las hipótesis reside no en su validación, sino en la preferencia de una que aún no se ha refutado. En este sentido, la actividad científica no es otra cosa que una eliminación sistemática e indefinida de errores (de Luna 1995; 2005).

Las críticas al modelo de racionalidad, basado en refutaciones, aplicado a la inferencia filogenética no se hicieron esperar (Kuhn, 1962, 1970, 1974; Putnam, 1975; Newton-Smith, 1981; Worrall, 1989; Okasha, 2006; Rieppel, 2003, 2004, 2005, 2006; Vogt, 2008) y se afirmó que la inferencia filogenética no seguía ni un modelo de racionalidad de verificación como tampoco de falsación, más bien seguía un criterio *abductivo* para la selección de las filogenias que representan la historia evolutiva de los clados (Fitzhugh 1997, 2006a, 2006b, 2008).

El modelo de racionalidad abductivo²³ ha sido ampliamente aceptado en sistemática como aquel que mejor explica los procesos y patrones epistémicos seguidos en la inferencia filogenética. Esto

²² Sobre qué es un *modelo de racionalidad* no existe una definición exhaustiva, sin embargo, considero que puede ser entendido como un patrón de relaciones inferenciales sostenidas entre un conjunto de suposiciones asumidas llamadas “premisas” y la consecuencia de éstas llamada “conclusión”, el cual sirve como marco epistémico para evaluar los procesos inferenciales que legitiman lo que es considerado como un conocimiento.

²³ En un sentido menos formal la abducción refiere a que nos enfrentamos constantemente con observaciones inesperadas o sorprendentes. A fin de iniciar el proceso de comprensión de estas observaciones, tendríamos que recurrir a alguna explicación tentativa en forma de condiciones causales

se debe a que el modelo abductivo captura (a nivel epistémico) el tipo más frecuente de razonamiento realizado por los seres humanos: la elección de la hipótesis más plausible.

Es posible que el éxito de este modelo de racionalidad en la selección de filogenias se deba a que genera un conocimiento ampliativo, selectivo y *creativo* sobre el mundo comparado con otros modelos como la deducción, cuya conclusión de cierto modo ya estaba contenida en las premisas, o la inducción que sólo permite la acumulación de casos con algún grado de fiabilidad.

El término “abducción” de Peirce (CP) y que sigue Magnani (2006; 2013) refiere a un patrón inferencial generador de hipótesis o *abducción selectiva-creativa* (Peirce 1878, 1931-1935; Hanson 1958; Achinstein 2001; Fann 1970; Reilly 1970; Nickles 1980; Thagard 1988; Josephson y Josephson 1994; Hacking 2001; Magnani 2001; Psillos 2003; Godfrey-Smith 2003; Walton 2004; Fitzhugh 2005a,b, 2006a, b, 2008a).

El modelo de racionalidad *abductiva selectiva-creativa* que es en la que me centraré en esta investigación:

- I) expresa que iniciamos con una suposición, luego observamos o experimentamos y luego inferimos.
- II) Siguiendo la definición de líneas arriba obtenemos que en lo que concierne a la inferencia filogenética ésta parece ceñirse a este esquema (Fitzhugh 2005a,b, 2006a, b, 2008a):

MODELO DE ABDUCCIÓN SELECTIVA-CREATIVA

Suponemos que dada “la condición causal x & el efecto y es el esperado”.

- i) Observación: “ y es el caso”
- ii) Hipótesis: “ x debería ser la causa”.

Para ejemplificar que de hecho existe este modelo de racionalidad en los procesos epistémicos para determinar la filogenia de las Angiospermas según la clasificación APG III (Angiosperm Phylogeny Group), expondré brevemente la inferencia explicativa de la rápida diversificación de las Angiospermas (y de la cual se hablará ampliamente en las siguientes secciones). Siguiendo el esquema de Fitzhugh (2005a,b, 2006a, b, 2008a) se tiene que:

anteriores, que haría que las observaciones parecen una cuestión de rutina con respecto nuestro conocimiento de fondo de experiencias pasadas (Fitzhugh 1997, 2006a, 2006b, 2008).

- i) “Exámenes anteriores de genomas de plantas han demostrado que la poliploidía²⁴ ha sido una característica importante en la historia evolutiva de las plantas (incluidas las angiospermas) y que los eventos de duplicación total del genoma (WGD) han tenido un impacto importante en la estructura del genoma y la evolución de una familia de genes” (Soltis et.al 2013).

Supuesto teórico: “Si hay un evento de poliploidía entonces se espera que la estructura y evolución de una familia de genes origine innovaciones en un clado (como Angiospermas)”

- ii) Observación: Dada la secuenciación de *A. trichopoda* tenemos evidencia de que los genes *36 MAD-box* contribuyeron a desarrollar innovaciones florales que permitieron a las angiospermas la ocupación de varios nichos ecológicos tanto terrestres como acuáticos. (Esta es sólo una de *varias* fuentes de evidencia que son “efecto” del antecedente en i))
- iii) Inferencia: “Una antigua duplicación del genoma hace 160 mya precedió a la diversificación de las Angiospermas” (Soltis et.al. 2013).

Esta forma de caracterizar a la abducción en la sistemática, aun cuando yo acepto que es correcta considero que también es incompleta en su caracterización porque corresponde todavía a un proceso “sentencial” que asume que la inferencia se lleva a cabo sólo a nivel teórico-selectivo-explicativo, es decir, que esta forma de caracterizar el razonamiento abductivo sigue los lineamientos de la epistemología tradicional basada en preguntas *teóricas* “por qué”.

Pero si se sigue lo propuesto por Peirce sobre la abducción (CP, 1931.58. 1.6) es posible obtener un esquema enriquecido en el que en la premisa ii) se añadan elementos contextuales y extra-teóricos relativos a las prácticas científicas. Esta es mi propuesta de razonamiento llamada *abducción contextual-integrativa* la cual expondré en el capítulo 4, pero a continuación desarrollo la importancia de las prácticas científicas en los procesos inferenciales de la ciencia.

3.- Ciencia y filosofía de la ciencia: ¿por qué importan las prácticas científicas en los procesos inferenciales?

En filosofía de la ciencia existe un problema clásico a resolver: el de la *acomodación* entre la evidencia y los modelos o las teorías que explican o predicen fenómenos naturales. La respuesta a la cuestión está basada en el supuesto epistémico de que en la obtención de inferencias inductivas y explicativas en la ciencia están implicadas varias categorizaciones entre las que figuran un tipo de entidades llamadas *clases naturales* que sirven para clasificar objetos y procesos que tienen

²⁴ La poliploidía consiste en el incremento del tamaño del genoma causado por la presencia de tres o más juegos de cromosomas dentro de las células: 3, triploides; 4, tetraploide; 5, pentaploide; 6, hexaploide; etc. (Winchester, 1981; Futuyama, 2005; Ranney, 2006; Thorpe et al., 2007; Hegarty y Hiscock, 2008; Maxime, 2008; Madlung, 2013).

lugar en la naturaleza (Quine, 1970; Putnam, 1975; Kripke, 1980; Chakravaty, 2007; Devitt, 2008, Hawley y Bird, 2011).

Pese a que este ha sido el enfoque clásico para dar respuesta a la interrogante filosófica, en este capítulo sostengo que en la dicotomía conceptual “teoría-mundo” también existe un factor poco considerado hasta ahora en filosofía de la ciencia y que sólo recientemente se ha valorado su rol epistémico: las prácticas científicas (Soler, 2014; Keding, 2016; Martínez et.al. 2016).

Considero que el enfoque reduccionista relativo a la sobre-valoración de las teorías es debido, por un lado, a la omisión deliberada, en la filosofía de la ciencia tradicional (Campbell 1920; Hempel, 1958; Carnap 1967 [1928]), Suppes, 1984; 2002; van Fraassen, 1989; Giere 1988, 2004; Giere, Bickle y Mauldin 2006; Lloyd 1983, 1988, 2013) del papel epistémico que tienen las prácticas científicas en la conformación del conocimiento y, por otro, la falta de investigación de cómo funcionan las diversas categorías científicas en el contexto de esas prácticas.

El punto que quiero argumentar aquí no es que las prácticas no sean importantes para la filosofía de la ciencia tradicional sino que existe una deliberada omisión de los factores extra-teóricos que les lleva a afirmar que la ciencia *como conocimiento* obtiene su legitimidad *sólo* en la relación entre la evidencia (el resultado de las prácticas) y la teoría dejando de lado el componente procedimental, tecnológico y práctico por medio del cual se llega a los resultados epistémicos deseados. En palabras de Marulanda-Rey: “lo que se afirma es que en la Fil de la Ciencia Tradicional ha habido una obsesión por la verdad de las teorías, y por tanto por explicar la relación teoría mundo, y no se ha hecho énfasis en el hecho que nuestro entendimiento de la naturaleza se nutre de la totalidad de la actividad científica”.

El hecho de que las prácticas científicas sean deliberadamente omitidas en la filosofía de la ciencia centrada en teorías, obedece a la presuposición de que para la justificación teórica y la estructura normativa de la ciencia se puede prescindir del papel epistémico que tienen las prácticas debido a que estas no son más que aplicaciones de teorías o proveedoras de la evidencia. Esta aseveración es la conclusión del Argumento de la Irrelevancia de las Prácticas (AIP) desarrollado en Martínez et.al. (2016):

1. La filosofía de la ciencia está interesada en la estructura normativa epistémica que explica la obtención del conocimiento mediante criterios racionales.
2. La estructura normativa de la ciencia es objetivamente formalizable como una relación lógica, entre evidencia y teoría, independiente de las prácticas.
3. Las prácticas científicas tienen componentes subjetivos que no son formalizables, por ende no establecen una relación lógica con la teoría.

Luego

Las prácticas científicas son epistémicamente irrelevantes para legitimar las teorías científicas y para establecer una racionalidad normativa.

Debido a esto último y porque mi interés por las clases naturales está centrado en la función epistémica que ejercen dentro de una práctica específica ejemplificada en la sistemática de especies biológicas, es mi parecer que primero debería legitimar, con base en trabajos filosóficos ya realizados, la importancia de las prácticas científicas en la construcción de una epistemología de las *clases naturales*.

La filosofía de la ciencia tradicional ejemplificada en varias líneas de pensamiento, que ya he mencionado, ha asumido una postura contemplativo-representacional de la ciencia en los supuestos ontológicos y epistémicos que dan cuenta de la generación y construcción del conocimiento así como de las inferencias explicativas y predictivas exitosas, es decir, aquellas que dan cuenta de los fenómenos y entidades naturales. Esto se debe en su enfoque centrado en las teorías como conjuntos de proposiciones y los resultados (evidencia) que legitiman a estas, dejando de lado una dimensión *práctica* es decir las *actividades* que implican hacer ciencia: la construcción de experimentos, conceptos y artefactos, el diseño de modelos y herramientas de cálculo, el desarrollo de heurísticas y algoritmos para la solución de problemas, las bitácoras que “narran” la vida en los laboratorios, las agendas de investigación científica y los consensos alcanzados en las comunidades científicas (Soler, 2014; Keding; 2016; Martínez et.al. 2016).

Todas estas *actividades* se consideraron, en lo que llamo la filosofía de la ciencia tradicional, un componente subjetivo que no confería un respaldo epistémico a las teorías como tampoco implicaba una racionalidad que permitiera la generación y la legitimidad de un entendimiento del mundo y sus procesos (Reichenbach, 1938). Esta fue la perspectiva dominante que dio forma y dirigió la investigación a lo largo del s. XX en la filosofía de la ciencia anglosajona y que hoy en día, aunque con atenuantes, sigue vigente (Schickore, 2014).

El dejar de lado las prácticas científicas en la explicación, fundamentación, validez y legitimidad de la *ciencia como conocimiento*²⁵ tuvo importantes consecuencias en la epistemología de las hipótesis, teorías y modelos científicos. Por ejemplo, el desarrollo y la reconstrucción *a priori* de los procesos experimentales y los productos epistémicos que legitiman las inferencias científicas dio lugar a modelos de racionalidad que no se ajustan al razonamiento inferencial llevado a cabo en la ciencia²⁶ o bien la idealización y reificación de los productos y procesos científicos (Soler, 2014).

Es mi parecer que una línea de investigación en filosofía de la ciencia que esté interesada en el valor epistémico de las prácticas científicas y por ende la epistemología de las UEO's situadas en la línea del nuevo experimentalismo puede construirse sobre una base epistémica sólida considerando a las actividades-de-hacer ciencia debido a lo siguiente:

- a) Cada una de las prácticas científicas promueve una manera de acceder a la realidad mediante la formulación y la solución de problemas de la realidad, enmarcadas por un estilo de razonamiento específico. Los estilos de razonamiento pueden ser entendidos

²⁵ El término hace referencia a Pickering (1992).

²⁶ Como ejemplo está el modelo de cobertura de leyes (ND) de Hempel (1948).

como marcos generales que legitiman la ontología científica y gobiernan la manera de hacer ciencia (Hacking, 1985, 2002a, 2002b; Bueno, 2012) como por ejemplo: el estilo probabilístico, matemático, tipológico, lógico etc. Esto le confiere un carácter pluralista a la epistemología en lugar de centrarse en un estilo deductivo tal como ha sido entendido en la filosofía de la ciencia tradicional.

- b) Las transiciones epistémicas, es decir los cambios conceptuales, no sólo son entendidos en referencia a teorías alternativas o rivales porque los modelos y las técnicas experimentales (actividades de la práctica) también contribuyen a gestar y desarrollar los cambios epistémicos en la ciencia. Por ejemplo, en biología la técnica de secuenciación molecular implementó agendas de investigación que tuvieron gran impacto en la adopción de nuevos sistemas de clasificación para Angiospermas basados en marcadores de ADN, desplazando así a los sistemas basados en técnicas de reconocimiento morfológico.
- c) La ontología científica, esto es la representación de las entidades y sus relaciones, no sólo proviene de las teorías sino también de una observación-experimental de las posibles causas de los fenómenos. Este es el caso del paso de un concepto esencialista de especie al concepto darwiniano de especies basado en las historias de ancestría-descendencia de los linajes evolutivos.
- d) La creación de conceptos y objetos epistémicos no sólo es relativo a teorías, también es producto de técnicas e instrumentos que promueven una manera distinta *de leer* el mundo. Este es el caso del uso y manipulación de los microscopios y otros artefactos tecnológicos que promueven modelos que dependen de ellos para su validez epistémica.

En esta sección he presentado mis argumentos en favor del reconocimiento epistémico de las prácticas científicas en un tipo de filosofía de la ciencia interesada en las actividades-de-hacer-ciencia. A continuación presento mi definición de “clase natural” y pretendo sustentarla mediante dos ejemplos tomados de la sistemática de especies biológicas.

3.1 La Inferencia y las prácticas científicas como marco epistémico contextual

4.- Las clases naturales como Unidades Epistémicas Organizativas (UEOs)

En este capítulo sostengo que *una UEO es un tipo de categoría representacional que posee dos propiedades epistémicas. Por un lado posee a) una función heurística en las prácticas científicas, que consiste en su potencial para generar inferencias explicativas y predictivas así como inducir transiciones epistémicas. Por otro, b) tiene una función representacional-aproximativa a los fenómenos y entidades de estudio la cual consiste en unificar los datos interpretados de un dominio particular del mundo natural con el fin de intervenir en este.*

FUNCIÓN HEURÍSTICA. En mi propuesta de clases naturales como UEOs considero que el éxito inferencial de éstas, es logrado por sus *virtudes* epistémicas representacionales: la *aproximación* (Jones, 2005) y la cambio científico al cual he llamado capacidad de “*transición epistémica*”. Una clase natural en tanto UEO permite una representación lo más aproximada posible del fenómeno en cuestión omitiendo datos y homogeneizando las diferencias lo que permite inferencias exitosas. Esta aproximación homogeneizada (abstraída o idealizada) permite evaluar o construir

hipótesis. Cuando estas representaciones fallan en su capacidad aproximativa a los fenómenos naturales dada la actualización de la evidencia disponible es posible corregirlas dando lugar a *transiciones* entre antiguos y nuevos sistemas de clasificación dada cierta práctica científica.

FUNCIÓN REPRESENTACIONAL-APROXIMATIVA DE LAS UEOs. “Aproximación” es un término que adquiere importancia en el contexto de la construcción de modelos o de teorías como-modelos. La forma en cómo hago uso de este término siguiendo a Godfrey-Smith (2007) es que la representación es tomada como *una cuestión de similitud entre las circunstancias que son representadas y las circunstancias que son obtenidas mediante una idealización*, puesto que mi interés se centra en si de hecho una categoría como una UEO logra *capturar* conceptualmente los procesos y entidades de la naturaleza mediante los datos interpretados que unifica.

Las categorías, tal como las considero en este capítulo, no son “las partes más fundamentales del mundo, sino... las partes más fundamentales de nuestra sistematización del mundo” (Westerhoff, 2005, p. 135.) por lo cual son definidas por convención (acuerdo) y en este sentido funcionan como reglas que proporcionan condiciones de proyectabilidad en un ontología particular para determinar las cosas que existen (Peirce, 1931).

La sistematización del mundo, en el contexto de las prácticas científicas, está dada mediante sistemas de clasificación que *representan* los tipos de entidades y sus relaciones. La tabla periódica o los árboles filogenéticos constituyen ejemplos de un sistema de categorías o lo que es igual una lista [completa] de clases (Thomasson, 2013) que permite a los sujetos epistémicos una *aproximación* a la naturaleza con el fin de obtener un entendimiento fiable del mundo.

En los sistemas de clasificación científica existen muchos tipos de categorías y relaciones que hacen posible la obtención de inferencias explicativas y predictivas que tienen un alto grado de fiabilidad epistémica. Por ejemplo, dado el actual sistema de clasificación filogenética basada en caracteres ancestrales compartidos, podemos inferir que en la categoría taxonómica de la Superclase *Tetrápoda*, las relaciones de filogenia entre los linajes Amphibia, Saurópsida y Sinápsida están sustentadas en la posesión homóloga de dos pares de extremidades con estructura similar (Ayala, 2010). Entre esas categorías que hacen posible las inferencias científicas se encuentran las Unidades Epistémicas Organizativas (UEOs) que ordenan entidades y procesos naturales y cuyo rol epistémico exhibe su importancia sólo en el contexto de los sistemas de clasificación propios de cada práctica científica. Al constituirse epistémicamente como las partes más fundamentales de la sistematización del mundo, en el contexto de cada disciplina científica, constituyen uno (de los varios) factores que *logran la acomodación entre los datos obtenidos y las clasificaciones que representan esos datos*.

Por ejemplo, los sistemas de clasificación basados en caracteres morfológicos (Takhjatan 1980; Cronquist 1981, 1988; Thorne, 1992) son representaciones de las relaciones entre los grupos de Angiospermas (Magnoliophyta). En esos sistemas se reconocían a dos grandes grupos: Magnoliópsida y Liliópsida en los cuales se asignaban las plantas con flores:

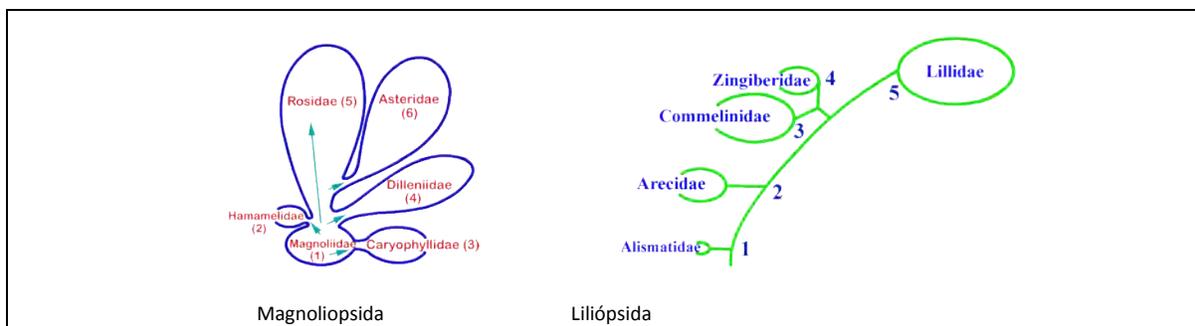


Fig. 1. Sistema de clasificación para Angiospermas *sensu* Cronquist (1981).

Estas representaciones expresaban *relaciones de similitud evolutiva* basadas en datos embriológicos, anatómicos, fitoquímicos y palinológicos. Las Monocotiledóneas (Liliópsida) son consideradas como las plantas más primitivas dentro de las Angiospermas y, dentro de las dicotiledóneas (Magnoliópsida), los grupos con flores poco desarrolladas, con perianto ausente o con corola libre son consideradas como las más primitivas y los grupos con flores gamopétalas como los más avanzados.

Los sistemáticos que construyeron los sistemas de clasificación como los de la Fig. 1, tenían la pretensión de que estos esquemas describieran, lo más cercano posible a cómo evolucionaron las plantas, las relaciones de ancestría y descendencia de tal modo se estableciera una relación de similitud entre las circunstancias representadas (hipótesis de evolución) y las circunstancias obtenidas (sistema representacional). Sin embargo, nuevas metodologías de investigación en la Sistemática, y en específico un grupo taxonómico como *Amborella*,²⁷ hicieron posible la *corrección* de estos sistemas representacionales al mostrar inconsistencias entre los nuevos datos moleculares y las clasificaciones reconocidas, por lo cual fue necesaria una transición epistémica hacia clasificaciones como la actual filogenia para Angiospermas de la Fig. 2 (Judd et al., 2002; APG II, 2003; Soltis et al., 2005; Feild et al., 2000; Doyle y Endress, 2001). En suma, Los esquemas de las Figs. 1 y 2 expresan un conocimiento del mundo muy distinto entre sí. En la Fig. 1 no existen relaciones de filogenia (clados) sostenidos por ancestría-descendencia, son grupos cuya legitimidad está basada en la similitud morfológica. Además carecen de una representación del clado ancestral hipotético. En cambio en la Figura 2, lo que hay es un cladograma que muestra los grupos ancestrales (ANA grade) y los grupos hermanos de estos sostenidos por evidencia molecular. Son concepciones muy distintas y, por ende, las representaciones que expresan ese conocimiento constituyen *transiciones epistémicas*.

²⁷ *Amborella trichopoda* siempre ha estado clasificada en grupos basales (primitivos) en Magnoliidae (Cronquist, 1981). Esta información fue, en mi opinión, un dato importante como trasfondo para las investigaciones moleculares.

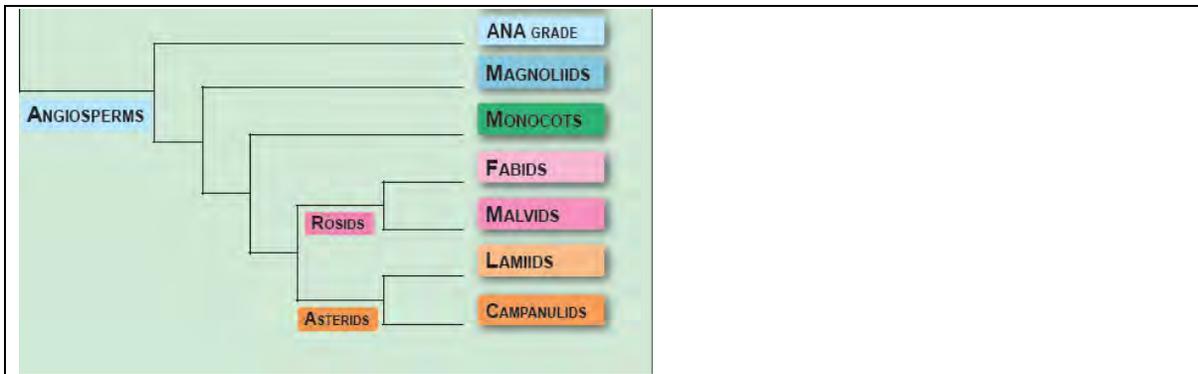


Fig. 2. Filogenia para Angiospermas *sensu* APG (APG III. 2009)

Dado que en las ramas terminales de los árboles filogenéticos están representadas las especies biológicas las cuales considero como Unidades Epistémicas Organizativas, considero que la definición que he ofrecido en este capítulo es acorde con la función *representacional* derivada del proceso metodológico para la construcción y organización de categorías taxonómicas en la sistemática de especies.

5.- Representación y ontología en la Sistemática de especies biológicas

Esta sección tiene por objeto ejemplificar que las clases naturales son UEOs que se actualizan en los sistemas de clasificación taxonómica y satisfacen de hecho en la práctica científica los dos aspectos epistémicos que les atribuí en la definición: capacidad *representacional* para integrar datos interpretados y generación de *transición epistémica*.

5.1 Representación, abstracción e idealización

Las distintas disciplinas científicas tienen como objetivo epistémico la obtención de inferencias exitosas con fines explicativos y predictivos. Para lograr tal fin considero que deben asumir al menos dos supuestos: a) Que es un requisito previo de cualquier explicación científica la representación de los fenómenos a explicar (Sarkar 1998) b) Que las prácticas científicas asumen una ontología y una epistemología que sustenta las representaciones que dan cuenta de las entidades y estados de cosas en el mundo.

Como se mencionó en el capítulo 2, en la epistemología de las prácticas científicas, esto es, la investigación de las condiciones necesarias y suficientes para la construcción del conocimiento en distintas áreas de investigación (Steup, 2014) existen varios estilos de razonamiento²⁸ que son utilizados para representar a sus objetos de estudio y que dependen de los objetivos que se pretendan alcanzar en la práctica científica (Bueno, 2012). Entre esos varios estilos existe uno que ha sido ampliamente usado en las prácticas científicas y que consiste en representar los fenómenos naturales mediante idealizaciones y aproximaciones porque facilitan la explicación,

²⁸ Un estilo de razonamiento es un marco general que rige una determinada manera de investigar el mundo (Hacking, 1985, 2002a, 2002b).

investigación y teorización al hacer uso de la abstracción y la generalización (Love, 2008) para llevar a cabo inferencias exitosas.

El estilo de *razonamiento representacional*, el cual se explicó brevemente en el capítulo 2, que hace uso de las abstracciones e idealizaciones con el fin de representar a sus objetos de estudio es también llamado *pensamiento tipológico* el cual constituye una *estrategia epistémica* que hace uso de la representación y categorización de fenómenos naturales agrupándolos y distinguiéndolos de acuerdo con diferentes características así como ignorando diferentes tipos de variación (Love, 2008). Este estilo de razonamiento está ampliamente ejemplificado en la sistemática de especies biológicas porque esta disciplina hace uso de sistemas de categorías²⁹ llamados *cladogramas* los cuales satisfacen, en su construcción, la estrategia del estilo de razonamiento tipológico.

Algunas tipologías asumen supuestos esencialistas, el estilo de razonamiento representacional del que hace uso la sistemática de especies no tiene compromisos esencialistas por no ser compatibles con los supuestos evolutivos de las especies biológicas.

En la sistemática cladística de especies biológicas existen representaciones hipotéticas de las relaciones filogenética entre clados llamadas *cladogramas*.³⁰ Un clado es un taxón monofilético, es decir una clase que contiene a los descendientes y sólo aquellos de un ancestro común. Los árboles de vida (filogenéticos) son un tipo de cladograma que representa las hipótesis de filogenia entre ancestros y descendientes de un taxón bajo estudio. Por ejemplo, la Figura 3, representa el árbol filogenético para Angiospermas. Mediante este cladograma se organizan e interpretan datos relativos a los procesos evolutivos de entidades como son los *taxones* con el fin de representar sus relaciones filogenéticas.

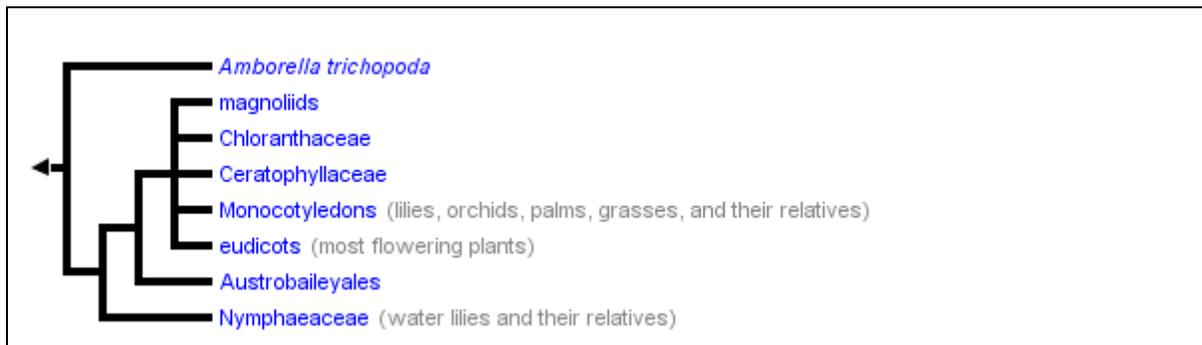


Figura 3. Filogenia para Angiospermas (APG III, 2009)

²⁹ Un sistema de categorías no constituye "las partes más fundamentales del mundo, sino... las partes más fundamentales de *nuestra sistematización del mundo*" (2005, 135). De allí que una categoría como una clase natural sea una construcción conceptual derivada de esa sistematización.

³⁰ Un gráfico que representa las relaciones ancestro – descendiente entre organismos o secuencias de genes. Las secuencias son las puntas del árbol. Las ramas del árbol conectan las puntas a sus secuencias ancestrales (no observables).

Las representaciones, en general, expresan lo que es común a varios sistemas (Nersessian 2005). Por ejemplo, este cladograma expresa lo que todas las clases (taxones) pertenecientes al gran clado de las Angiospermas tienen en común: los caracteres compartidos derivados de un ancestro (sinapomorfias). Por ejemplo: los óvulos que están encerrados dentro de un carpelo, es decir una estructura que está compuesta de un ovario que encierra los óvulos, el estigma una estructura donde la germinación del polen ocurre. O bien que Amborella es el grupo hermano de las demás angiospermas.

Para expresar lo que es común a varios sistemas se requiere de la *abstracción* la cual se puede entender como una omisión de detalles con el fin de representar las partes y procesos más importantes de un sistema, así como la *idealización* que consiste en una simplificación deliberada de algo complicado con el objetivo de hacerlo más tratable (Frigg y Hartmann, 2012; Godfrey-Smith; 2006) al homogeneizar características o patrones relevantes a un sistema (Love, 2009) con fines explicativos y predictivos. Por ejemplo, las Eudicotas (ver Fig. 3) que es un clado fuertemente respaldado por datos moleculares también es apoyado por una sola sinapomorfia morfológica: el polen triaperturado (Fig. 4). En general, los cladogramas son construidos siguiendo criterios de omisión de detalles e idealizaciones: en este ejemplo dado, este tipo de polen es exclusivo de las eudicotas (idealización) y si bien no todas las eudicotas tienen polen triaperturado (con tres surcos llamados *colpi*) debido a los cambios posteriores (abstracción), el polen triaperturado es claramente distinto del uniaperturado (Fig. 5) de las angiospermas basales, las monocotas, y todas las demás plantas con semillas.

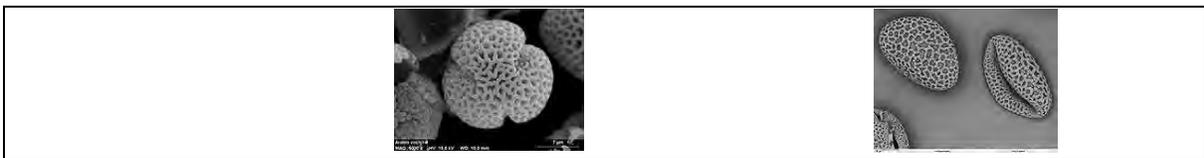


Figura 4. Polen triaperturado

Figura 5. Polen uniaperturado

5.2 Ontología y validez de las representaciones en la práctica científica

Un sistema de categorías de clado anidado (cladograma) como el que es construido por la práctica taxonómica tiene validez (está justificado o sustentado), a mi parecer, por una ontología representacional y un estilo de razonamiento tipológico en el sentido de Amudson (2005) y A. Love (2008).

Una ontología es un dominio específico (en lo biológico, económico, político...) para organizar el conocimiento representado como información relevante (Smith, 2003; Mabee, 2008) o también, como se definió en el Cap. 2, *constituye una representación de las clases de entidades que existen y de las relaciones entre ellas* (Gruber, 1998; Mabee, 2007). En este trabajo sostengo que los sistemas de clasificación de clado anidado como el que es usado para describir las relaciones hipotéticas de filogenia entre clados es válido dada una *ontología representacional*.

Debido a que la práctica taxonómica hace uso de la abstracción e idealización en la construcción de *clases de entidades*, como los taxones, con fines predictivos y explicativos sostengo que la función epistémica que tienen estas clases, en tanto categorías inmersas en sistemas de clasificación, es una heurística “aproximativa” a las entidades y procesos naturales. Es aproximativa porque representa fenómenos tan cerca como sea posible [de cómo se manifiestan en la naturaleza], sabiendo que la representación no es totalmente exacta (Love, 2008).

Es mi parecer que las Unidades Epistémicas Organizativas (UEOs) son un ejemplo de estas herramientas heurísticas que funcionan como un dispositivo epistémico que organiza y unifica datos salientes de estados de cosas en el mundo para la construcción de las inferencias explicativas en las prácticas científicas tal como ha mostrado el caso de las Eudicotas. En lo que sigue, mediante algunos ejemplos pretendo mostrar esta dimensión epistémica de las clases naturales que permite delimitar las alternativas a considerar en la solución a problemas específicos relativos a la sistemática de especies.

5.3 Primer Caso. Forma, evidencia y UEOs como dispositivos heurísticos de asignación y pertenencia taxonómica: el caso de *T. mixteca*.

Los caracteres morfológicos como aquellos relativos a las flores, la disposición de las hojas, la forma del fruto o el número de hojas primarias (cotiledón) en el embrión fueron determinantes para clasificar a las Angiospermas desde la Antigüedad, por ejemplo con Teofrasto (*Historia Plantarum*), hasta muy entrado el siglo XX en los sistemas de Takhtajan (1977), Cronquist (1981, 1988), Thorne (1992).

Actualmente la *asignación y reconocimiento* de ejemplares a especies biológicas ya conocidas se basa en su mayoría en caracteres morfológicos en las Angiospermas, pero la *delimitación* de nuevas especies va más allá de la similitud de formas entre individuos en la Sistemática cladística. El ejemplo que ofrezco a continuación es uno de los varios casos de delimitación de nuevas especies en donde la evidencia morfológica (forma de una estructura) resulta importante para determinar si se ha descubierto una nueva especie.

Con este caso pretendo resaltar dos cosas:

- a) Por un lado el hecho de que la evidencia es relevante a una hipótesis debido en gran parte al papel heurístico que tienen las UEOs al constituirse como categorías que abstraen y representan una multiplicidad de datos interpretados generando así inferencias explicativas y predictivas.
- b) Por otro, mostrar que este es un caso que también ejemplifica la *inferencia abductiva*.

5.3.1 Hipótesis, evidencia y clases naturales en la Sistemática de especies biológicas: un caso de heurística ejemplificado por las categorías científicas

En la práctica de la sistemática de especies biológicas existe una aparente unificación en cuanto a la validez y el reconocimiento de nuevas especies: la evidencia molecular. Pese a que el auge de la técnica de secuenciación molecular es innegable en la comunidad de sistemáticos, la práctica misma de clasificar entidades en especies varía en sus medios para alcanzar sus fines taxonómicos.

Dependiendo en buena medida de las técnicas y artefactos (modelos e instrumentos) (Martínez et al 2016) y el reconocimiento de nuevas especies puede hacerse exitosamente sobre una base morfológica más otras fuentes de evidencia. El éxito depende de que las categorías en juego para la evaluación de una hipótesis estén bien delimitadas mediante la abstracción y la idealización, de modo tal que resulten epistémicamente *representativas* de la clase en cuestión como para guiar la investigación hacia la adopción de la hipótesis más fiable que sea sustentada por la evidencia.

5.5 La construcción y reconocimiento de una nueva especie como categoría taxonómica

Los herbarios son una fuente perenne para el reconocimiento de nuevas especies biológicas. Diversos estudios sostienen que en promedio los ejemplares recolectados que pertenecen a especies novedosas tardan una década en ser reconocidos, tal como sucedió con la especie recién descubierta *Tabernaemontana mixteca* para la región de Tehuacán-Cuicatlán en la mixteca oaxaqueña (Alvarado et.al. 2012). El reconocimiento de *T. mixteca* (Fig. 6) como nueva especie implicó un proceso inferencial en el que estuvieron involucrados a la vez: la construcción de hipótesis, la adopción de supuestos ecológicos, biogeográficos y morfológicos, la validez de la evidencia morfológica y, sobre todo, la función heurística de las UEOs.



Figura 2. Ejemplar tipo de *Tabernaemontana mixtecana* L. O. Alvarado et Juárez-Jaimes.

Figura 6. *Tabernaemontana mixtecana*

El género *Tabernaemontana* incluye sesenta especies americanas conocidas para ese género, de las cuales sólo diez presentan la peculiaridad de tener frutos muricados³¹ (Fig. 7) distribuidas desde Costa Rica hasta Sudamérica (Leeuwenberg, 1994; Morales 2005, 2009). También se cuenta con la evidencia biogeográfica de que el Istmo de Tehuantepec y el complejo de sistemas montañosos del norte y centro de Oaxaca forman una barrera que origina una distribución disjunta entre las especies que crecen en uno u otro lado (Fig. 7).

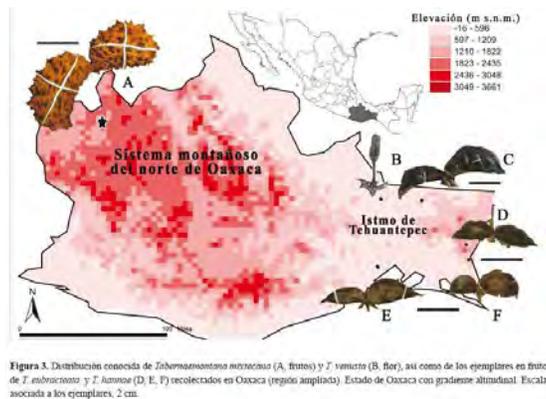


Figura 3. Distribución conocida de *Tabernaemontana mixtecana* (A, frutos) y *T. sumatana* (B, flor), así como de los ejemplares en fruto de *T. embarracato* y *T. jamaense* (D, E, F) recolectados en Oaxaca (según ampliada). Estado de Oaxaca con gradiente altitudinal. Escala asociada a los ejemplares, 2 cm.

Figura 7. Ejemplares de frutos y su distribución geográfica (Alvarado et. al. 2012)

³¹ Muricado (del latín *muricatus*) se aplica a un órgano cubierto por estructuras más o menos cilíndricas, cortas, endurecidas. (*Darwiniana*, T. 26, No. 1/4 (Junio 1985), p. 384)

La interrogante taxonómica es: el ejemplar encontrado en el herbario, cuya procedencia se sabe es de la región de la mixteca oaxaqueña, y que tiene como peculiaridad el poseer frutos muricados como única evidencia morfológica saliente ¿corresponde a una nueva especie del género *Tabernaemontana*? (Alvarado et. al. 2012). Para solucionar el problema de asignación y reconocimiento del ejemplar encontrado, los sistemáticos necesitaron de Unidades Epistémicas Organizativas que tuvieran una función heurística como plataformas conceptualmente estables sobre las cuales contrastar la evidencia *que permitiera inferir abductivamente* cualquiera de las tres hipótesis formuladas para lograr una asignación fiable.

Hipótesis 1: El ejemplar encontrado en el herbario posiblemente pertenezca a *Tabernaemontana heterophylla* debido a que de esta última sabemos, abstrayendo caracteres y asumiendo homogeneidad idealizada, que posee hojas anisófilas y frutos muricados. Ambas características son compartidas por el ejemplar en cuestión.

Relevancia de la evidencia para la hipótesis:

Dado que *T. heterophylla* es una categoría taxonómica bien delimitada puede integrar una gran cantidad de datos implicados en su reconocimiento para decidir asignar o no un nuevo ejemplar. En este caso, además de la morfología relativa a las hojas anisófilas se tiene conocimiento de que *T. heterophylla* tiene una distribución marcadamente suramericana por lo que su ocurrencia en México es poco probable debido a las barreras biogeográficas que limitan la aparición en la mixteca oaxaqueña. Además, la categoría taxonómica *Tabernaemontana* a la cual pertenece *T. heterophylla* también está bien delimitada en cuanto a su ornamentación florística tanto del lado mexicano como del lado suramericano estableciendo diferencias sustanciales entre los ejemplares que crecen en una región y otra (Juárez-Jaimes et. al. 2007). Debido a estas razones, la hipótesis de pertenencia del nuevo ejemplar a *T. heterophylla* no puede ser aceptada.

Hipótesis 2. Existen 11 especies de *Tabernaemontana* en la región en donde fue colectado el ejemplar en cuestión. De todas esas especies se conocen los frutos excepto para *T. venusta* por lo cual es posible que pertenezca a esta clase de especie de la cual no se tiene evidencia de la ornamentación del fruto pero con la cual comparte muchos atributos vegetativos relativos a las hojas (Alvarado et.al. 2012).

Hipótesis 3. Una nueva especie para la región de Tehuacán-Cuicatlán.

Relevancia de la evidencia para la hipótesis: Se tiene conocimiento de la morfología de la especie *venusta* pero también se sabe que su distribución está focalizada en el sureste de Oaxaca a 200 msnm, en la zona de bosque subtropical subcaducifolio (Rzedowski, 1988) en el sistema del Itsmo de Tehuantepec que funciona como una barrera biogeográfica para muchas especies. Por otro, la clase a delimitar se sabe que fue colectada a 1800 msnm en la transición del matorral xerófilo con el bosque sucaducifolio (Alvarado et.al. 2012). Entonces, debido a sus diferencias en el hábitat es poco probable que *T. venusta* y el ejemplar a delimitar sean coespecíficos por lo cual esta hipótesis fue rechazada.

En este caso, las categorías de género (*Tabernaemontana*) y especie (*venusta*) funcionaron también como Unidades Epistémicas Organizativas que integraron varias fuentes de evidencia para evaluar la hipótesis de pertenencia.

Porque las especies consideradas (*T. heterophylla* y *T. venusta*) funcionaron epistémicamente como dispositivos heurísticos representacionales en la evaluación de hipótesis y la generación de inferencias explicativas (por qué es una nueva especie el ejemplar encontrado) y predictivas (qué características tendría un ejemplar para posteriores usos de asignación) entonces se puede decir que estas categorías científicas funcionan como Unidades Epistémicas Organizativas en el contexto de una práctica científica determinada como es la Sistemática.

6.- Segundo caso. Las UEOs y su potencial para la *transición epistémica*: el caso de *Amborella trichopoda*

Las Angiospermas o plantas con flores han alcanzado una rápida diversificación³² en más de 350 mil especies en un tiempo evolutivo relativamente corto (160Ma). Tanto su origen como la rápida dominancia ecológica que mostraron a final del Cretácico han sido desde Darwin (1903) un misterio evolutivo que fue posible resolver debido a todo un conocimiento de fondo sobre los grupos basales³³ o primitivos aún en las clasificaciones morfológicas Takhjatan (1977), Cronquist (1981, 1988), Thorne (1992) y a la secuenciación completa del clado monotípico *Amborella trichopoda* (Figura 8) y su posterior comparación con otras regiones conservadas de genes de otras clases taxonómicas como los linajes de rósidas en eudicotas: la uva (*Vitis vinifera*), el durazno (*Prunus persica*) y el cacao (*Theobroma cacao*) (Amborella Genome Project, 2013).



Figura 8. *Amborella trichopoda*

El que la especie *Amborella trichopoda*, en tanto categoría taxonómica, haya servido como punto de referencia para el análisis comparativo de secuencias genéticas para realizar inferencias explicativas y predictivas sobre el origen y diversificación de todas las angiospermas, sostengo que se debe a esa capacidad representacional de las UEOs (en este caso *A. trichopoda*) en tanto que conlleva en algunos casos, como el que actualmente presento, a la adopción de nuevos sistemas

³² El término técnico para esto es “radiación adaptativa”, una metáfora que hace alusión a varios procesos evolutivos que describen la diversificación hacia distintos nichos ecológicos por especies derivadas de un ancestro común y que hace las veces de herramienta heurística en la investigación filogenética (Olson y Arroyo, 2009).

³³ Existe toda una discusión filosófico-biológica sobre lo que significa el término “basal” en la sistemática cladística. La conclusión a la que se llega es que no existen un sustento epistémico para considerar grupos más basales o “más derivados” que otros debido a la adopción de la cladogénesis (bifurcación de ramas en el árbol filogenético de una especie). (Ver Krell y Cranston, 2004)

de clasificación taxonómica originando así *transiciones epistémicas* que marcan un antes y después en la agenda científica que como ya mencioné, es la *generación y adopción de nuevos marcos epistémicos para entender la realidad natural*.

6.1 De los indicios a las inferencias filogenéticas: el rol epistémico de las Unidades Epistémicas Organizativas.

En esta sección desarrollo ampliamente el argumento que presenté en el Cap. 2 sobre la inferencia abductiva y en concreto la inferencia filogenética.

En los sistemas de clasificación para Angiospermas basados en morfología se reconocía a las plantas consideradas como “primitivas” en el grupo Magnoliide (*sensu* Cronquist, 1981; 1988) debido a que presentaban rasgos ancestrales en la ornamentación de sus flores.³⁴ Una clase como Magnoliide incluía a varias familias entre las que se encontraban las Laurales que, a su vez, incluía a la clase que hoy conocemos como Amborellales, un clado que incluye a una sola especie: *A. trichopoda* (*sensu* APG, I,II, III).

Los grupos considerados como “primitivos”³⁵ en la sistemática de especies biológicas, han tenido desde siempre una gran importancia taxonómica debido a que conservan rasgos del linaje ancestral común (ya extinto) que dio origen a todo el grupo taxonómico que es objeto de estudio. Estos rasgos ancestrales constituyen “marcadores” que exhiben la historia filogenética del grupo y favorecen una reconstrucción de su historia evolutiva.

Debido a este conocimiento de fondo, la secuenciación de *A. trichopoda* no resultó una elección arbitraria ni fue producto de la casualidad porque el grupo Magnoliide, al cual estaba adscrito este linaje, se consideraba como “primitivo” desde el antiguo sistema basado en morfología. Las intuiciones morfológicas de los sistemáticos, más la atribución de rasgos ancestrales conservados para una clase en específico, fueron una heurística que dirigió la investigación hacia la secuenciación del genoma de *A. trichopoda*. El establecimiento de este linaje como el único grupo hermano³⁶ de las demás Angiospermas fue respaldado por varios tipos de evidencia que van desde lo molecular pasando por la paleobotánica y la biología del desarrollo (Soltis et. al. 2008; Burleigh et. al. 2011; Moore et.al. 2011; Soltis et.al. 2011).

El hecho de que *A. trichopoda* fuera reconocido como el taxón hermano de las Angiospermas constituyó un importante acontecimiento epistémico para el estudio de las plantas con flores por dos razones: por un lado originó un cambio estructural en el sistema de clasificación para angiospermas dando lugar a lo que hoy se conoce como la clasificación válida APG (Angiosperm Phylogeny Group) y, por otro, esta clase sirvió como punto de referencia molecular para inferir el

³⁴ El paradigma de flor ancestral eran las flores de magnolia: flores con numerosas partes dispuestas en espirales sobre un receptáculo alargado en lugar de las pequeñas partes dispuestas en diferentes verticilos propias de flores más recientes (Cronquist, 1981; 1988).

³⁵ Actualmente se les conoce como “grupos basales” en donde “basal” se considera como un linaje que fue el primero en evolucionar.

³⁶ El grupo hermano se considera el linaje relativamente más cercano a una unidad taxonómica.

contenido y estructura genética del ancestro común más reciente (MRCA) para las angiospermas. Las inferencias filogenéticas derivadas del análisis molecular de *Amborellaceae* y su comparación con el genoma de otras especies representativas de las eudicotas así como de organismos modelo como *Arabidopsis thaliana* permitieron establecer las causas más probables del origen y rápida diversificación de las Angiospermas (Amborella Genome Project, 2013). En lo que sigue, mostraré cómo la especie *A. trichopoda* funciona como una Unidad Epistémica Organizativa (UEO) que integra y ordena datos moleculares interpretados dando lugar a inferencias explicativas y predictivas que favorecen las *transiciones epistémicas*.

Interrogante filogenética: ¿Cómo se explica el surgimiento y rápida diversificación de las Angiospermas en un tiempo evolutivo relativamente corto?

Hipótesis: “Exámenes anteriores de genomas de plantas han demostrado que la poliploidia³⁷ ha sido una característica importante en la historia evolutiva de las angiospermas y que los eventos de duplicación total del genoma (WGD) ha tenido un impacto importante en la estructura del genoma y la evolución de una familia de genes” (Amborella Genome Project, 2013). Luego entonces, un análisis de genoma de *A. trichopoda* y su consecuente comparación con las regiones conservadas de otras especies puede arrojar evidencia de alguno de estos eventos que los sitúen como posibles causas de la radiación adaptativa de las Angiospermas.

Relevancia de la evidencia para la hipótesis:

Para llevar a cabo el análisis filogenómico y comparativo, los científicos supusieron que la clase *A. trichopoda* es *representativa* del linaje hermano de las Angiospermas porque es el único sobreviviente de un antiguo linaje evolutivo que se remonta hasta el último ancestro común de todas las plantas con flores (Amb. Gen. Proj. 2013).

Los resultados de la secuenciación apoyaron la hipótesis de que el ancestro de todas las Angiospermas, incluyendo *Amborella*, evolucionó a raíz de un evento de duplicación del genoma que ocurrió hace aproximadamente 160 Ma, esto es, “que una antigua duplicación del genoma precedió a la diversificación de las angiospermas” (Ambo. Gen. Proj. 2013). Este evento de duplicación del genoma (WGD) sirvió para explicar la rápida diversificación de las angiospermas porque algunos genes duplicados se perdieron con el tiempo, pero otros tomaron nuevas funciones como es el caso de los genes *36 MAD-box* los cuales contribuyeron a desarrollar innovaciones florales que permitieron a las angiospermas la ocupación de varios nichos ecológicos tanto terrestres como acuáticos. Así también porque en el genoma de *A. trichopoda* no hay evidencia de una reciente duplicación, los investigadores la consideran una clase idónea para ayudar a interpretar cambios genómicos después de la poliploidia en otras angiospermas (Amborella G.P. 2013).

³⁷ La poliploidía consiste en el incremento del tamaño del genoma causado por la presencia de tres o más juegos de cromosomas dentro de las células: 3, triploides; 4, tetraploide; 5, pentaploide; 6, hexaploide; etc. (Winchester, 1981; Futuyama, 2005; Ranney, 2006; Thorpe et al., 2007; Hegarty y Hiscock, 2008; Maxime, 2008).

La secuencia del genoma de *Amborella* también facilitó la reconstrucción del orden genético ancestral en el "núcleo de las eudicotas", un grupo extenso que comprende alrededor del 75% de todas las angiospermas. Este grupo incluye el tomate, las manzanas y las legumbres, así como árboles maderables como robles y chopos. Como *un grupo externo* a las eudicotas, la secuenciación de *Amborella* permitió a los investigadores estimar el orden lineal de genes en un genoma ancestral de eudicotas e inferir los cambios específicos que se han producido en el linaje en más de 120 millones de años de evolución.

6.2 Implicaciones epistémicas para *Amborella trichopoda* como una UEO

El reconocimiento taxonómico de la posición de *Amborella* como un grupo ancestral de todas las angiospermas le privilegió epistémicamente y le dotó de propiedades epistémicas como:

- a) Capacidad representacional (del linaje ancestral ya extinto).
- b) Potencial inferencial abductivo (se pudo establecer el escenario evolutivo más probable para explicar la radicación adaptativa de las angiospermas).
- c) Habilidad organizativa para integrar la evidencia molecular, morfológica, ecológica y biogeográfica (Amborella Genome Project, 2013) así como
- d) El favorecimiento de *transiciones epistémicas*.

Esto último relativo a las transiciones epistémicas se explica de este modo: en secciones previas he asumido que los sistemas de clasificación taxonómica en la sistemática *representan* las relaciones evolutivas entre especies. La representación se da aproximativamente al establecer una relación de similitud (en mayor o menor grado) entre los datos interpretados y las situaciones descritas por el sistema taxonómico. Dado que la relación de similitud no es como un espejo del mundo sino lo suficientemente fiable como para tener éxito en las inferencias explicativas y predictivas hay un sentido en que estos sistemas "fallan" puesto que no son una copia uno-a-uno del mundo.

Cuando afirmo que una clase taxonómica como *A. trichopoda* tuvo un papel central en la *transición* de antiguos a nuevos sistemas de clasificación taxonómica debido a una falla en los sistemas basados en morfología mi aseveración pretende tener sustento en lo siguiente:

1. *Presuposición de adecuación epistémica parcial.* Los sistemáticos que propusieron la secuenciación de *A. trichopoda* tenían un conocimiento de fondo de la *posición taxonómica* que ocupaba esta categoría en el sistema de clasificación válido hasta ese momento y de su relación evolutiva con las Gimnospermas, un grupo dominante en la tierra antes de la radiación adaptativa de las Angiospermas. Las plantas pertenecientes a la categoría *Amborella*, tienen una serie de rasgos considerados como ancestrales (primitivos). Por ejemplo, es dioica, es decir los órganos reproductores masculinos y femeninos están en flores separadas en plantas separadas. Esto era común entre las gimnospermas, una forma dominante en las plantas con semilla precedente a las plantas con flor, pero poco común entre las angiospermas. Esto hacía suponer que sería el único sobreviviente de un antiguo linaje evolutivo ancestral a las plantas con flores, por lo cual resultaba razonable secuenciar

su genoma para obtener información de la historia filogenética no sólo de esta, sino de todo el grupo de estudio.

Los científicos que estaban interesados en obtener información filogenética de la categoría *Amborellaceae* tenían un conocimiento parcial sobre las relaciones evolutivas de este grupo con las demás angiospermas y con las gimnospermas. Dado esto, supusieron que *si* la posición de *Amborella* en los grupos basales era correcta (dados los caracteres morfológicos) eso bastaba para asumir que el sistema de clasificación, si bien no era totalmente correcto al menos podía estar sujeto a actualizaciones dada la nueva evidencia que arrojará la secuenciación molecular de *Amborella* puesto que este era el único grupo viviente de un linaje ancestral ya extinto. Sin esta suposición sobre *Amborella*, la metodología molecular comparativa sólo aportaba una explicación aislada y local sobre una especie en lugar de dar respaldo a una hipótesis filogenética para un clado más inclusivo como Angiospermas.³⁸

2.- *Las categorías como puentes que facilitan transiciones epistémicas.* En este caso que refiere a la explicación de la rápida diversificación de las angiospermas y el establecimiento de su historia filogenética, una categoría como *Amborella* resultó un *puente* tanto ontológico como epistémico para la adopción de un sistema como APG. El puente se establece así: dado que sus rasgos físicos la ligaban con las Gimnospermas se pudo considerar como grupo externo a las angiospermas. Al ser el grupo externo por posición evolutiva, se le consideró como punto de referencia para su comparación con las demás Angiospermas resultando así no tanto un "eslabón perdido" entre gimnospermas y angiospermas y sino más bien un *puente* en un antiguo linaje de plantas con flores que se remonta hace 130 millones de años en el ancestro común más reciente de todas las angiospermas existentes (Atlanta Botanical Garden).

Tomando en cuenta lo anterior, lo que en este capítulo considero que es una *transición epistémica* no sólo refiere a la adopción privilegiada del sistema basado en marcadores moleculares *sensu* APG por sobre sistemas morfológicos como el Takhtajan (1977), Cronquist (1981, 1988) o Thorne (1992). *También incluye la actualización del conocimiento mediante la resolución de problemas epistémicos que involucran la adopción de la mejor explicación, dada la evidencia disponible, como sucedió en el caso de la diversificación de las angiospermas.* En este último caso, la inferencia (abductiva) del escenario evolutivo más probable no hubiera sido posible sin la interpretación de la evidencia a la luz de la secuenciación completa de una clase como *Amborella* que sirve como una herramienta heurística (UEO) en la selección de respuestas fiables para hipótesis evolutivas.

Conclusión. Epistemología de la clasificación en el contexto de las prácticas científicas

En el desarrollo de este capítulo ha sido mi pretensión mostrar que las Unidades Epistémicas Organizativas que no son otra cosa sino las categorías científicas construidas mediante idealización

³⁸ Un estudio extenso sobre explicaciones biológicas que incluyen la adopción de presupuestos de la forma "si fuere el caso que p entonces..." se encuentra en Olson y Arroyo (2015).

y abstracción con fines inferenciales, tienen un valor epistémico que radica en su potencial *representacional* y de *transición epistémica* ejemplificado en su función heurística para seleccionar o discriminar hipótesis y no tanto en las propiedades homeostáticas, esenciales, semánticas, o mecanicistas que tradicionalmente se les ha atribuido en filosofía de la ciencia, en específico la teoría HPC la cual ha sido ampliamente discutida en los Caps. 1 y 2.

Para mostrar que las UEOs satisfacen las propiedades epistémicas de representación y transición he presentado dos casos en los cuales se muestra cómo es que de hecho estas categorías (en este caso las especies biológicas) son construidas y usadas en el núcleo mismo de las prácticas y agendas científicas. Mi propuesta de que las clases naturales sean consideradas como Unidades Epistémicas Organizativas (UEOs) no está enmarcada en la dicotomía teoría-práctica muy usual en filosofía de la ciencia y, que a su vez, nos lleva al pseudo problema de cómo se ajusta el mundo a nuestra conceptualización de este. Mi propuesta sugiere que en la construcción de categorías científicas está implicada una concepción de *teoría como práctica*, una propuesta respaldada por las nuevas epistemologías *del giro* hacia las prácticas científicas (Soler, 2012; Kendig, 2016; Martínez y Huang, 2016) que consideran que cualquier categoría epistémica como “experimento”, “modelo”, “clase”, “especie” etc. sólo puede ser entendida en el contexto en el cual tiene un rol y un uso determinado por las normas, estándares, tradiciones epistémicas y comunidades científicas. La idea general de mi propuesta es que, en el sentido de Hacking (1992), hay una confección artificial entre los datos interpretados y las representaciones de esos datos. No es una relación directa entre el mundo y las representaciones.

CAPÍTULO 4. ABDUCCIÓN CONTEXTUAL-INTEGRATIVA: HACIA UNA EPISTEMOLOGÍA DE LAS UEOs BASADA EN LAS PRÁCTICAS CIENTÍFICAS.

*“¿Por qué no podemos verificar nuestras creencias con la realidad?
No porque no se pueda alcanzar la realidad, como creen los escépticos,
sino porque somos parte de esta.” (Marjorie Grene)*

Introducción

En este capítulo mi principal objetivo es proponer un modelo de razonamiento en el cual se pueda situar la epistemología de las Unidades Epistémicas Organizativas (UEOs). En la sección 1) presento una breve exposición del contexto epistémico que favoreció la adopción de supuestos los probabilísticos y abductivos en la construcción de sistemas de categorías en la Sistemática. En la sección 2) Pretendo dirigir la atención a las consecuencias epistémicas que pudiera tener la consideración de las prácticas científicas en una investigación filosófica de las clases naturales. En la sección 3) hago una exposición del tipo de epistemología implicada en mi definición de las categorías científicas como UEOs.

En la sección 4) presento un modelo de racionalidad al que llamo *abducción contextual-integrativa* que si bien no es una contribución totalmente novedosa en esta tesis de investigación doctoral, ya que está inspirada en la abducción manipulativa propuesta por Magnani (2001, 2004, 2016), me es favorable para sustentar mi definición de las UEOs. Lo que pretendo mostrar es que mi investigación de la sistemática de especies sobre los cambios en los sistemas de clasificación para Angiospermas tuvo como resultado la comprensión de que los modelos probabilísticos para la inferencia filogenética así como los patrones de racionalidad asociados a estos modelos son exitosos debido a que constituyen y generan conocimiento *contextualizado*, es decir, legitimado por la práctica misma en la cual son construidos, es decir, que *en el hacer mismo de la práctica* es en donde se entiende su valor epistémico.

Finalmente presento una sección de Perspectivas sobre las categorías y procesos de clasificación en la cual hago una narrativa de lo que he pretendido obtener a nivel epistémico con esta investigación doctoral y lo que todavía es posible realizar sobre este tema.

1.- Epistemología cuantitativa o cuando el azar resultó determinante para entender el mundo

La construcción de las categorías taxonómicas no siempre estuvo sustentada por una metodología inferencial que asumiera los supuestos *abductivos* y *probabilísticos* mencionados en el Capítulo 3. Es mi parecer que tuvo que suceder un cambio en concepción ontológica y epistémica de la Sistemática para adoptar lo que hoy se considera como los procesos inferenciales fiables para respaldar a las hipótesis filogenéticas.

El paso de una idea simplista y lineal de la naturaleza en general, a una concepción compleja, dinámica y caótica fue el cambio que configuró a las metodologías actuales en sistemática. Este cambio fue el resultado de *transiciones epistémicas* en varias disciplinas científicas como la termodinámica, en el siglo XIX, la genética de poblaciones a principios del siglo XX y la economía y permitió la adopción de un estilo de razonamiento probabilístico en donde las inferencias explicativas y predictivas sólo pueden ser válidamente sustentadas con cierto grado de probabilidad dada la ontología compleja del mundo natural (Hacking, 1991).

El surgimiento hegemónico de un estilo de razonamiento probabilístico, no sólo en la biología sino en las prácticas científicas en general, tiene un trasfondo y una consecuencia epistémica: la naturaleza entendida como un sistema caóticamente ordenado del cual, debido a su complejidad, sólo podemos predecir cuantitativamente el estado más probable dadas ciertas condiciones iniciales.

Dado ese entendimiento del mundo, hoy en día las hipótesis, los datos, los resultados y las inferencias en la sistemática de las especies biológicas son analizados e interpretados mediante modelos probabilísticos para obtener clasificaciones válidas dado la evidencia disponible (tal como mostré en el Capítulo 3). Esto tiene un impacto significativo en cómo consideran los sistemáticos a las especies, es decir, configura un ontología de lo biológico en donde se reconoce, define, *representa* y *sistematiza* cuantitativamente lo que éstas son y qué tipo de relaciones existen entre ellas.

La idea subyacente a la ontología actual de las especies biológicas es sencilla pero de una riqueza epistémica importante: las entidades naturales son sistemas caóticos que espontáneamente resultan ordenados debido a patrones y procesos bioquímicos que catalizan en un resultado posible de los varios en los cuales pudo actualizarse el sistema (Andersen, Uebel et. al. 2013: 167 ss). La especies biológicas, al ser sistemas dinámicos en contacto con otros sistemas establecen intercambios de información que favorecen una configuración final dependiente de una causalidad compleja: una causa puede tener varios efectos y varios efectos pueden tener una causa (Ruiz-Mirazo et. al. 2004: 330; Illari et. al. 2011: 230; Bechtel y Abrahamsen, 2011: 540).

En suma, la ontología de las especies biológicas en la sistemática de hoy en día es una representación conceptualmente estable de sistemas dinámicos (especies) que pretende reconstruir mediante hipótesis fiables las relaciones de parentesco entre el ancestro más reciente y los clados resultantes del proceso de especiación. Dado que los procesos de especiación son únicos y no se dispone de toda la información de estos eventos la hipotetización es necesaria. Además, porque las especies y su entorno cambian continuamente en el tiempo la adopción del razonamiento probabilístico ha sido necesario, más no suficiente, para medir el grado de fiabilidad de tales representaciones filogenéticas.³⁹ La fiabilidad de una filogenia si bien está dada por los modelos probabilísticos, su legitimidad epistémica tiene un sustento en los procesos epistémicos

³⁹ Considero como representaciones filogenéticas al total del sistema de clasificación para grandes clados inclusivos. Los sistemas de clasificación y las categorías que los conforman constituyen representaciones

abductivos que sirven como un marco para decidir lo que es un conocimiento de la simple inferencia accidental y, puesto que considero que los métodos cuantitativos son insuficientes para legitimar el conocimiento del mundo, en las secciones siguientes presentaré un modelo de razonamiento con el que pretendo legitimar la inferencia filogenética.

2. Las UEOs y su relación con el giro hacia las prácticas científicas

Después de una sólida tradición basada en el esencialismo, la semántica y lo teórico centrismo en la investigación filosófica sobre las clases naturales, tal como he mencionado en los capítulos anteriores tal como sucede con la Teoría HPC (Boyd, 1999a), ¿qué implicaciones filosóficas tendría por un lado, el giro hacia las prácticas científicas y por otro la consideración de elementos extra-teóricos en la construcción de un modelo que diera cuenta del éxito heurístico de las inferencias explicativas y predictivas?

El *giro hacia las prácticas* sólo recientemente alcanzó a los estudios sobre las clases naturales enfocándose principalmente en las *actividades de clasificación científica*, incluso en aquellas disciplinas consideradas como no-experimentales como las matemáticas, apartándose así de las investigaciones filosóficas tradicionales centradas en la metafísica de las clases naturales (¿cuál es la naturaleza de estas entidades?) o bien ontológicas (¿existen las clases naturales?) (Kendig, 2016).

Al situar mi propuesta de las categorías científicas como UEOs pretendo recuperar el valor epistémico de estas en el contexto de su construcción y surgimiento tal como menciona Keding (2016) y responder implícitamente a las críticas contra la minimización de la importancia epistémica de las clases naturales y su rol inferencial en la ciencia. Las críticas se basan principalmente en los supuestos metafísicos (esencialistas) o epistémicos *a priori* que las teorías filosóficas asumen sobre estas categorías usadas por los científicos, por ejemplo: que las definiciones abstractas ofrecidas en filosofía *coinciden* con el *uso* de las categorías científicas y los supuestos que se han adoptado en su construcción. Es mi opinión que las críticas (Hacking, 2006) han tenido éxito porque en la filosofía de la ciencia existe un sesgo lógico-semántico que ha impedido re-dimensionar la importancia de *las actividades de categorizar* y cuál es la utilidad epistémica de las clases naturales en esas actividades.

Considero que un estudio filosófico de las UEOs en el contexto de las *actividades-de-clasificación* permitirá la construcción de una epistemología que esté basada en lo que *de hecho hacen* los científicos. Pero los científicos *hacen* muchas actividades epistémicas, por lo cual, toda mi investigación se ha centrado en las *metodologías* de clasificación, categorización y ordenamiento de los objetos de estudio de una disciplina científica como la Sistemática de especies biológicas.

3.- Hacia una epistemología de las UEOs orientada-hacia las prácticas científicas

El giro hacia las prácticas científicas, en un estudio sobre la epistemología de las UEOs, implica re-dimensionar los procesos y supuestos epistémicos implícitos en las actividades de clasificación

llevados a cabo en la ciencia que tienen como finalidad obtener categorías con las cuales mapear y clasificar los contenidos del mundo.

La epistemología de las UEOs, no sólo debería estar interesada en la función y el valor pragmático que tienen estas categorías en la práctica científica, también debería investigar sobre su *naturaleza, fundamentación y construcción* epistémica que justifica su importancia heurística, representacional y organizativa en la obtención de inferencias explicativas y predictivas. Es decir, que en cuanto los fines que guían mi investigación no sólo me interesa re-conceptualizar a las clases naturales como *Unidades Epistémicas Organizativas* debido a su rol heurístico y representacional, sino que considero que también tiene un valor epistémico la investigación por la *fundamentación* de los supuestos implícitos en su construcción lo cual justificaría el por qué funcionan como lo hacen en las prácticas científicas.

En la sección siguiente es mi pretensión exponer cómo se construyen las categorías taxonómicas y la inferencia filogenética pero no en su dimensión cuantitativa que bastante ha sido trabajada por los sistemáticos, sino exponer cuáles son los supuestos epistémicos que adoptan los sistemáticos para justificar la fiabilidad de su metodología de prueba de hipótesis de filogenia y qué modelo de razonamiento, más allá de los modelos probabilísticos, subyace a las inferencias explicativas y predictivas en la práctica científica.

4.- Conocimiento y contexto: abducción contextual-integrativa

Los sistemas de clasificación de los objetos de estudio de las distintas disciplinas científicas son reconstrucciones conceptuales basadas en datos interpretados de las entidades y los estados de cosas en la naturaleza y, por tanto, son en algún modo artificiales. El carácter de *artificio-como-construcción* de estos sistemas es reconocido por los mismos científicos aun cuando tienen la firme pretensión de recuperar con el mayor grado de fiabilidad lo que sucede en la naturaleza. Por ejemplo, los sistemáticos filogenéticos aceptan que muchas veces es necesario realizar ejercicios conceptuales *a priori*⁴⁰ para probar las hipótesis de filogenia, por ejemplo, situémonos nuevamente en el caso de la explicación del origen de las Angiospermas y su rápida diversificación de lo cual se habló en el capítulo anterior.

Dado que la especiación es un evento único en la naturaleza, a los sistemáticos les queda el reto de reconstruir ese evento con la evidencia actual y el registro fósil del que disponen. ¿Cómo lograrlo? Tan solo para un carácter como las flores, de una enorme cantidad usada para la inferencia filogenética, pasa esto: “Si deseamos conocer cómo eran las primeras flores, pero no las han encontrado en el registro fósil (tal descubrimiento es altamente improbable, dada la distribución irregular del registro fósil de las plantas terrestres), tenemos que reconstruir esa flor conceptualmente a partir de los datos de los cuales se dispone hoy en día. Esto se consigue utilizando combinaciones de caracteres que se encuentran en las especies cuya morfología ha sido

⁴⁰ Aquí el término “a priori” denota una actividad imaginativa basada en la evidencia disponible. Y el *a priori* está en relación con una hipótesis de filogenia y no tanto en la percepción experimental del investigador dado que los procesos evolutivos son eventos únicos.

cuidadosamente descrita y cuya relaciones filogenéticas se han inferido rigurosamente” (Bateman et.al. 2006). Saber cómo eran las primeras flores, por ejemplo, resulta indispensable para saber qué caracteres ancestrales son conservados y cuáles han cambiado a lo largo de la historia filogenética del clado de las Angiospermas.

Es mi parecer que este ejercicio de reconstrucción conceptual en la inferencia filogenética, como en este caso de la categoría de “atributo ancestral”, es lo que le confiere el carácter *representacional y organizativo* a las Unidades Epistémicas Organizativas usadas en la ciencia y también justifica describir a los procesos de inferencia en la Sistemática como *abducciones*.⁴¹

4.1. Abducción contextual integrativa

La idea de Peirce sobre la abducción y cuya definición seguiré en lo que sigue de este capítulo, es que este tipo de razonamiento “incluye *todas* las operaciones mediante las cuales las hipótesis y las teorías son construidas” (Magnani et. al.) por lo cual el conocimiento científico obtenido de los procesos inferenciales no se reduce a su aspecto proposicional sino que también incluye lo que he mencionado en el capítulo anterior: las actividades experimentales y prácticas de hacer ciencia. Siguiendo esta idea, pretendo mostrar que las actividades de la sistemática en concreto la construcción de categorías científicas siguen un modelo de racionalidad que he llamado *abducción contextual-integrativa* que tiene inspiración en la abducción manipulativa propuesta por Magnani (2001, 2004, 2016).

En lo que he llamado la “epistemología tradicional” en el capítulo 3, las teorías son entendidas como conjuntos de proposiciones o familias de modelos que constituyen un *conocimiento público*. De esas teorías “públicas” y su contrastación con los resultados de la investigación experimental surgen las transiciones epistémicas y la innovación de conocimientos. Con la epistemología tradicional estoy parcialmente de acuerdo, pero sostengo que le hace falta considerar que la obtención de inferencias explicativas y predictivas proviene no sólo de una contrastación evidencia-teoría sino de un todo de conocimiento tanto público como *tácito*.

Lo que el modelo de abducción manipulativa, que es la inspiración de donde deriva mi propuesta, recupera un tipo de *conocimiento local o tácito*⁴² (Polanyi, 1966; Fleck, 1996) que sólo se adquiere y transmite experimentando, es decir “haciendo las cosas” en la práctica científica y que no es sentencialmente explícito. Este conocimiento, al igual que el sentencial, también es fuente de innovación porque permite la construcción y manipulación de instrumentos y artefactos epistémicos así como técnicas, tecnologías que están *implicados* en un conocimiento de fondo que

⁴¹ Otro ejemplo, pero en la Química, es el proporcionado por Besaude-Vincent (2009) sobre la tabla periódica de los elementos cuyo objetivo, afirma este autor, no es una representación fiel *uno-a-uno* de la realidad sino la conceptualización que hacen los científicos sobre las capacidades relacionales que tienen los elementos para interactuar unos con otros.

⁴² El término “tácito” aquí en el texto es usado como opuesto a “público” puesto que el primero está implícito en las prácticas científicas y no es expresado sentencialmente en las teorías.

es explícito (teorías) y las situaciones experimentales, generando así lo que se llama la *teoría-como-práctica*.

La abducción manipulativa es un modelo de racionalidad que satisface la práctica científica cuando estamos pensando a través del hacer y no sólo, en un sentido pragmático, sobre el hacer (Magnani, 2001). Es mi parecer que este modelo de racionalidad captura las presuposiciones epistémicas descritas para la práctica científica de acuerdo con el Nuevo Experimentalismo⁴³ y la epistemología *orientada-hacia-las prácticas*⁴⁴: la construcción del conocimiento científico va más allá de la función conocida de los experimentos como dispositivos pragmáticos capaces de formar nuevas leyes científicas por medio de los resultados (las respuestas de la naturaleza a la pregunta del investigador), o de simplemente jugar un papel predictivo (en la confirmación y falsación).

El uso de este modelo no me compromete con la afirmación de que el componente “teórico” sobre-dimensionado en la Fil. de la Ciencia Tradicional no tiene que ver en la innovación y creación de conocimiento, lo que pretendo aseverar es que los procesos inferenciales en la ciencia, y en específico la sistemática de especies biológicas, son llevados a cabo en la práctica científica en una dimensión epistémica de *teoría-como-práctica*, sin la dicotomía usual de la epistemología tradicional entre la teoría y la práctica.

El modelo de abducción manipulativa tiene un gran sesgo cognitivo-matemático y debido a esto sólo deseo rescatar la dimensión *creativa* que este modelo recupera sobre los procesos inferenciales llevados a cabo en la práctica científica, por tal razón lo que propongo es un modelo de *abducción contextual-integrativa*. En sentido estricto, este modelo no se captura en una estructura formal pero considero que puede seguir un esquema *extra-lógico* en el que se enuncien componentes extra teóricos como: conocimiento tácito, normatividad contextual, agendas de investigación, acuerdos epistémicos en la comunidad de científicos, artefactos, técnicas, tecnologías y *categorías* que promueven y facilitan la intervención de los científicos en los fenómenos y entidades naturales.

En este esquema que presento pretendo mostrar que las UEOs, en unión con elementos “extra-teóricos”⁴⁵, forman parte de los procesos inferenciales de la ciencia. Este esquema lo ejemplifico mediante el ya trabajado tema de *A. trichopoda*, la cual como he dicho es una UEO que fue parte de los procesos de razonamiento que permitieron una “transición epistémica” en la clasificación de las Angiospermas. Estos procesos son recuperados en un patrón inferencial que he llamado *abducción contextual-integrativa*:

RAZONAMIENTO ABDUCTIVO CONTEXTUAL-INTEGRATIVO:

⁴³ (Hacking 1983, 2009; Shapin y Schaffer 1985; Galison 1987, 1988, 1997; Suárez y Cartwright 2008).

⁴⁴ (Kendig, 2016; Martínez, 2016).

⁴⁵ He llamado “extra-teóricos” a estos elementos porque no se ajustan a lo que en la epistemología tradicional se entiende por “teoría”. Estos elementos en realidad son *teoría-como-práctica*.

- i) Si ocurre de hecho un evento de poliploidia, entonces esto induciría a innovaciones evolutivas en un clado lo cual permite explicar una radiación adaptativa (para Angiospermas).
- ii) [Es el caso que secuenciando a *A. trichopoda* se encontró evidencia de que un evento de duplicación del genoma precedió a la diversificación de las angiospermas, así también a nivel morfológico este clado monotípico presenta todas las innovaciones que definen a una planta con flor pero, al mismo tiempo, también parece haber conservado algunas características de la gimnospermas] + **[elementos extra-teóricos]**.
- iii) Un evento de poliploidía precedió a la diversificación de las angiospermas.

De i)-iii) se justifica la adopción de un nuevo sistema (APG I,II, III) para la clasificación de las Angiospermas.

Elementos “extra-teóricos” que sustentan a ii)

A1) **Son técnicas y no teorías las que re-orientan la investigación.** Fue debido a la puesta en marcha de *técnicas de secuenciación molecular* (como complementarias a técnicas de reconocimiento morfológico), y no necesariamente una teoría, que los sistemáticos pudieron tener conocimiento de que todo el genoma de un organismo puede duplicarse durante una división celular anormal. Cuando este tipo especial de mutación del ADN sucede, se denomina un evento de duplicación del genoma entero o poliploide. La mayoría de los organismos son normalmente diploides, es decir que tienen dos juegos de cromosomas, un conjunto heredado de cada padre. La poliploidía es la condición hereditaria de poseer más de dos juegos completos de cromosomas.

La poliploidía es poco común entre los mamíferos, común entre ciertos grupos de peces y anfibios, y omnipresente entre las plantas con flores. Cuando un evento de duplicación de todo el genoma no tiene como consecuencia la muerte inmediata (por lo general es el caso de los vertebrados superiores) o una posterior extinción, este evento proporciona bloques de construcción adicionales para el cambio evolutivo y puede conferir algunas ventajas sobre el organismo poliploide. La redundancia en el material genético significa que los genes son más libres para diversificar sus funciones con el tiempo. Tener un duplicado de todo el genoma es algo así como conseguir un juego extra de legos: para hacer algo nuevo no es necesario que abras las estructuras que ya se han construido.

A2) **Agendas de investigación.** El Proyecto Genoma de *Amborella* fue uno de los puntos clave en la agenda de investigación para explicar la rápida diversificación de las Angiospermas. Con 7,3 millones de dólares y 5 años de duración fue posible “observar” la evidencia que sustenta la premisa ii) debido al proyecto para secuenciar el genoma de *Amborella trichopoda*. Financiado por el Programa de Investigación del Genoma Vegetal NSF, el Proyecto de Secuenciación del Genoma *Amborella* tuvo como objetivo generar un proyecto de secuencia del genoma de alta calidad para *Amborella trichopoda*, la especie viva que divergió tempranamente en la historia evolutiva. El tener un mapa del genoma de *Amborella* permitió responder preguntas acerca de la evolución de los genes importantes y las familias de genes en las Angiospermas y eso, a su vez,

mejoró la comprensión de cómo las plantas con flores llegaron a dominar los ecosistemas del mundo. El mapa anotado ahora está disponible en la página web del Proyecto del Genoma *Amborella* para su uso por los investigadores en su trabajo en biología vegetal.

A3) De cómo una categoría (y no una teoría) genera un cambio conceptual. En la epistemología tradicional los cambios conceptuales ocurren cuando hay incompatibilidad de teorías o bien cuando hay competición entre ellas ya que son respaldadas por la misma evidencia. En el caso de la Sistemática, las transiciones epistémicas en grandes clados inclusivos como Aves y Angiospermas han conservado los supuestos teóricos evolutivos y cladísticos. Sin embargo, las técnicas de secuenciación molecular y *una categoría taxonómica como Amborella* favorecieron un cambio conceptual en los sistemas de clasificación para Angiospermas. Esto muestra que el teórico-centrismo de la epistemología tradicional muchas veces falla al explicar por qué existe un nuevo entendimiento del mundo debido a la actualización de creencias dada la evidencia disponible porque no siempre son las teorías las promotoras de las transiciones epistémicas.

A4) Habilidades y conocimiento tácito. Los botánicos y otros biólogos pueden pasar muchos años en construir y refinar la estructura de un árbol filogenético. La parte más difícil de fijar en un árbol filogenético son las ramas basales que representan los linajes de plantas que evolucionaron tempranamente. A lo largo de los años de investigación, en cuanto a los linajes de plantas vivas en las Angiospermas había muchos candidatos para el clado basal y nadie sospechaba en serio que *Amborella* podría pertenecer a la rama basal.

En un año sabático en el Instituto Smithsonian, mientras Pamela y Douglas Soltis ejecutaban un análisis de ADN de varias plantas pudieron innovar y generar hipótesis sobre la filogenia de las Angiospermas. En el congelador había un pequeño tubo de ADN de *Amborella trichopoda*, y casi en el último momento lo incluyeron en sus análisis [debido a su conocimiento tácito y las habilidades de reconocimiento morfológico sobre la conservación de sus rasgos ancestrales]. Pruebas posteriores mostraron repetidamente que *Amborella* representaba al grupo basal de la mayoría de las plantas con flores. Yo sostengo, que este “descubrimiento” sobre la posición de este grupo fue posible debido a un conocimiento que “se caracteriza por el hecho de que es específico, personal y contextual, por lo general se caracteriza por el hecho de que se deriva de la experiencia directa, y por lo tanto es difícil obtener y comunicar. No está codificado (formalmente) porque se adquiere a través de una conducta informal y mediante procedimientos aprendidos” (Polanyi, 1966). Es decir, que los investigadores no tenían una “teoría” sentencial sobre los linajes ancestrales para las Angiospermas, lo que poseían era un conocimiento adquirido por la experiencia y trato con sus objetos de estudio en el *hacer-ciencia-práctica* de cada día.

Los elementos “extra-teóricos” que respaldan a la premisa ii) del argumento *abductivo contextual-integrativo* como las técnicas, las categorías, el conocimiento tácito, las habilidades para manipular e interpretar datos e instrumentos pueden ser considerados como *teoría-como-práctica*, es decir, como un conjunto de conocimientos, hechos y alternativas dados en una situación y contexto específico en el que se toman decisiones epistémicas para la resolución de un problema relativo a una práctica científica.

Es mi parecer que en este esquema que recupera el patrón inferencial *abductivo contextual-integrativo* están implicados una serie de elementos epistémicos tanto teóricos (en el sentido epistémico tradicional) como prácticos pero que, a diferencia de otros modelos de razonamiento, no existe una dicotomía entre estos aspectos de la práctica científica y que de hecho la indisolubilidad de ambos promueve una normatividad epistémica que restringe el reconocimiento, construcción y prueba de hipótesis. Esto último es un aspecto importante en una epistemología para las clases naturales porque, como se mencionó al inicio de este capítulo, los estudios sociales sobre la ciencia parecen implicar que el conocimiento y los objetos epistémicos generados en las prácticas científicas son una construcción que es producto de acuerdos y decisiones *arbitrarias* de la comunidad epistémica.

Siguiendo la argumentación de Martínez et. al. (2016) sobre cómo llegamos a conceptualizar el mundo a través de los diferentes elementos epistémicos⁴⁶ que conforman a una práctica científica considero que los estilos de razonamiento (de los que hablé en el capítulo anterior), los sistemas de creencias proposicionales, las teorías enunciativas, los sistemas tecnológicos, las categorías científicas (clases naturales) y las agendas de investigación son un todo que orienta la investigación hacia ciertos fines, modela la forma en cómo se plantean ciertos problemas epistémicos y restringe las posibilidades de solución sobre las inferencias.

⁴⁶ Martínez et al (2016) distinguen al menos cinco recursos importantes de una práctica: 1) Habilidades o capacidades humanas para el aprendizaje, 2) Estructuras cognitivas, 3) Materiales mediadores entre cognición y aprendizaje, 4) Valores y normas epistémicas, 5) Fines de una práctica que constituyen la estructura normativa de esta.

Conclusiones

La investigación filosófica sobre los procesos de clasificación científica y las categorías que son el resultado de éstas actividades de ordenamiento y partición de la realidad natural, han sido de un interés especial en filosofía de la ciencia debido a que la categorización de los objetos y procesos en *clases de entidades* nos permite un conocimiento del mundo obtenido mediante inferencias explicativas y predictivas con el fin de intervenir (manipular, transformar, experimentar y confeccionar) el mundo.

Como he mencionado a lo largo de esta investigación sobre las clases naturales, existe una tradición filosófica en la que se considera que los factores implicados en el vínculo entre la teoría y el mundo son las categorías científicas puesto que constituyen referentes estables a los cuales recurrir en las explicaciones y predicciones ya que muestran un comportamiento ontológico uniforme tal como he mencionado que afirma la Teoría del Cúmulo de Propiedades Homeostáticas (HPC).

Desafortunadamente, la perspectiva teórico centrista sobre el papel que tienen las categorías científicas en las teorías y en los procesos inferenciales de la ciencia ha dejado de lado los aspectos experimentales y extra teóricos como: las comunidades científicas, los recursos económicos y sociales de la ciencia, las agendas de investigación, los materiales y métodos que legitiman las prácticas científicas y el contexto epistémico en donde se lleva a cabo la investigación, los cuales yo sostengo que también configuran y determinan a los procesos inferenciales en la ciencia. Dado que esto es así, una de las conclusiones que derivo es que las inferencias inductivas y explicativas que conforman la ontología científica son contextual-dependientes de prácticas y estilos de razonamiento los cuales están continuamente actualizándose dado la evidencia disponible.

Teniendo presente la importancia de las prácticas científicas y las actividades extra-teóricas, a lo largo de esta tesis he sostenido que algunas categorías científicas como las especies biológicas, son *Unidades Epistémicas Organizativas* que tienen un potencial inferencial que sólo puede ser entendido en el contexto de las prácticas científicas debido a que por un lado, poseen un rol heurístico, organizativo y representacional relativo a sistemas de clasificación y por otro, en conjunción con factores extra-teóricos hacen posible las inferencias explicativas y predictivas en la ciencia. Esta re-conceptualización pretende apartarse de la mayoría de las explicaciones filosóficas tradicionales sobre la relación epistémica entre los sujetos y la realidad natural a la que pertenecen porque mi construcción de una epistemología para las categorías y procesos científicos no fue realizada sin atender a lo que *de hecho se hace* en la ciencia.

La re-conceptualización de clase natural como *Unidad Epistémica Organizativa* que he propuesto, considero que tuvo un resultado epistémico importante que se separa de las definiciones de “clase natural” como la ofrecida por la Teoría del Cúmulo de Propiedades Homeostáticas y la cual he discutido en esta investigación. Este resultado fue que, al tomar en cuenta varios estudios de caso como la identificación y reconocimiento de especies, los procesos bioquímicos y genéticos, la

reconfiguración de sistemas de clasificación para Angiospermas y las actividades de hacer ciencia estos me permitieron construir una definición *deflacionista* de clase natural que fuera consistente con las prácticas científicas además de fundamentar una epistemología de las clases naturales basada en un modelo de razonamiento (patrón de relaciones inferenciales) llamado *abducción contextual-integrativa* que encuentra sustento en elementos extra teóricos que tienen gran incidencia en la elección de hipótesis fiables en la ciencia.

Además, derivado de mi investigación doctoral sobre la epistemología de las clasificaciones y categorías científicas he llegado a la conclusión de que las clasificaciones científicas, y en particular las de la Sistemática, surgen por razones epistémicas y pragmáticas: los usuarios quieren clasificaciones estables, informativas y accesibles que permitan una fácil identificación de sus objetos de estudio y su uso en una práctica científica es la de *transmitir el conocimiento y organizar conceptualmente* la naturaleza. Considero que esta idea es importante en la Filosofía de la Ciencia, no sólo en la línea del giro hacia las prácticas y el Nuevo Experimentalismo, sino en general porque permite una perspectiva distinta de concebir el conocimiento: el conocimiento del mundo *no es algo dado como una copia del mundo* puesto que es *construido* por los sujetos bajo una normatividad también legitimada por una comunidad epistémica.

Dado que el conocimiento de los sujetos epistémicos, en este caso los sistemáticos, no es sólo proposicional ya que estos *construyen* y de-construyen las ontologías sobre las cuales fundamentan sus inferencias explicativas y predictivas de la naturaleza porque éstas son dependientes de teorías, modelos, estilos de razonamiento y prácticas científica queda la cuestión de qué es lo que ellos conocen de la naturaleza mediante lo que consideran hipótesis robustas y, si después de todo, las representaciones hipotéticas son verdaderas de los procesos y especies biológicas al punto de existir un progreso en el conocimiento científico.

Mi respuesta a esta interrogante de carácter filosófico, más que científico, es que nuestro conocimiento de la realidad natural está mediado por las representaciones que no son otra cosa que aproximaciones fiables a los fenómenos. La atribución de *verdad* (en un sentido realista) de las representaciones, como por ejemplo las clasificaciones taxonómicas de las especies, resulta epistémicamente insuficiente para dar una explicación sobre la obtención de las inferencias científicas ya que la conclusión filosófica que se obtiene, luego de una mirada a las prácticas científicas, es que por ahora dada la evidencia disponible y nuestros marcos conceptuales en la ciencia las inferencias obtenidas son la mejor explicación es decir, la más fiable, que se adecua a los datos y no a la naturaleza *per se*.

En cuanto a la perspectiva teórico-centrista que he discutido en los caps. 3 y 4 de la investigación doctoral, he llegado a la conclusión de que el problema clásico de la Filosofía de la Ciencia Tradicional sobre la elección de las teorías en competición ha sido sobre-dimensionada. En el caso que presento en el Cap. 3 sobre la elección de los sistemas de clasificación para las Angiospermas no había una elección entre teorías sino entre sistemas de clasificación: por un lado aquella basada en caracteres morfológicos y, por otro, aquella sustentada en los procesos moleculares

para la identificación de las filogenias y que la UEO llamada *A. trichopoda* favoreció la elección de una sobre otra.

Yo sostengo, a modo de conclusión, que la elección entre teorías no es el único modo de entender el cambio científico al cual he llamado transición epistémica. Considero que una mirada a las prácticas científicas nos lleva a considerar a los filósofos de la ciencia implicados en una investigación sobre las clases naturales, que la construcción y refinamiento categorías científicas como las Unidades Epistémicas Organizativas también promueven cambios científicos y nuevas maneras de entender los procesos y entidades naturales porque las UEOs no sólo son accesos epistémicos a la naturaleza, también constituyen herramientas heurísticas que nos permiten construir y probar hipótesis para generar explicaciones y predicciones que dan cuenta del mundo válidamente dado un marco conceptual.

Considerando el punto anterior, no sólo las teorías o los modelos permiten explorar espacios de posibilidad alternativos que para el caso especial de la Sistemática son los escenarios evolutivos sino también las Unidades Epistémicas Organizativas son de gran utilidad epistémica porque con base en los datos interpretados disponibles para cada sistema se hipotetiza, conjetura y actualiza el conocimiento a la luz de nueva evidencia. Lo anterior sustenta mi afirmación de que las UEOs pueden generar transiciones epistémicas que justifican la adopción de nuevas ontologías como ha sido el caso que he presentado sobre el reconocimiento del sistema basado en caracteres moleculares APG III (Angiosperms Phylogeny Group) como clasificación válida para las plantas con flores y el consecuente abandono de sistemas basados en las características morfológicas (hojas, flores, tallo, frutos etc.). En suma, la conclusión a la que llego con este ejemplo es que la elección entre teorías, si bien es importante en epistemología, no es siempre el factor decisivo para reconfigurar, interpretar y cambiar el conocimiento del mundo natural.

La conclusión a nivel general de esta investigación sobre los procesos y las categorías científicas entendidas como UEOs y dirigida principalmente a los filósofos interesados en la epistemología de los procesos de clasificación y categorías científicas, es que la importancia epistémica de estas últimas adquiere su justa dimensión en el contexto de su construcción, legitimación y aplicación: las prácticas científicas. Puesto que el conocimiento tiene también una historia y un contexto que le da origen y lo conforma, es en la génesis y desarrollo así como su ambiente epistémico en donde se debería situar la investigación filosófica por la legitimidad de los procesos explicativos y predictivos de las entidades y procesos naturales.

Perspectivas

A lo largo de esta tesis he estado desarrollando lo que considero que se puede obtener de un estudio filosófico sobre las categorías llamadas UEOs y los procesos de clasificación científicos desde *las actividades-de-hacer-ciencia*. Ahora, finalmente presento lo que considero que se logró con esta investigación y lo que queda por hacer en la filosofía de la ciencia orientada hacia las prácticas científicas.

Uno de los resultados obtenidos en esta tesis que, a mi parecer, es importante de mencionar puesto que tiene un impacto epistémico tanto en los y las sistemáticos y filósofos fue la construcción de una epistemología no-reduccionista que considera que para obtener explicaciones y predicciones de los fenómenos y entidades naturales es necesaria la intervención de múltiples factores implicados en los procesos de razonamiento inferencial tal como mostré en los capítulos 3 y 4 ejemplificados por la inferencia filogenética. Mediante esta ejemplificación mostré que mientras que los sistemáticos consideran que una hipótesis es robusta mediante métodos cuantitativos, un estudio epistémico como el que presento en la sección relativa al modelo *abductivo contextual-integrativo* muestra que las UEOs, el conocimiento teórico, el ejercicio de representación hipotética con las flores ancestrales, el conocimiento de fondo, y el contexto de las comunidades científicas en donde se gesta el conocimiento *determinan, configuran y dirigen* implícita pero puntualmente la inferencia filogenética y, en general, cualquier inferencia científica.

En cuanto a las perspectivas de investigación sobre las categorías científicas, la definición *deflacionista* de “clase natural” que he propuesto en esta tesis deberá ser estudiada en otros contextos de investigación científica con el fin de mostrar su validez epistémica, aunque en principio, la suposición inicial es que al haber sido construida tomando en cuenta a las prácticas científicas el margen de aplicabilidad es mayor comparado con la propuesta de la teoría HPC que se discutió ampliamente al inicio de este trabajo.

Dado que la construcción del conocimiento científico depende de varios factores conceptuales, procedimentales, tecnológicos, económicos y sociales, la respuesta a la pregunta epistémica de cómo son obtenidas y adecuadas (confeccionadas) las representaciones conceptuales a los datos obtenidos del mundo debería tomar en cuenta que las clases naturales no son más que uno de los varios elementos que configuran y determinan el acceso a la realidad natural por lo cual, las futuras investigaciones en filosofía de la ciencia sobre las categorías epistémicas deberían considerar el todo de las actividades de hacer ciencia cuando de explicar se trate el valor y función epistémica que estas tienen en las prácticas científicas.

REFERENCIAS

- Achinstein, P., (2001). *The Book of Evidence*, Oxford, Oxford University Press.
- Adanson, M., *Histoire naturelle du Sénégal*, (Paris: C.-J.-B. Bauche, 1763), xv.
- Ackrill, J. L. (1963). *Aristotle's Categories and De Interpretatione*, Oxford, Clarendon Press.
- Alvarado C. & Juárez-Jiménez V., (2012). *Rev. Mex. Biodiv.* vol.83 no.2, pp. 334-340.
- Amborella Genome Project, (2013), The Amborella Genome and the Evolution of Flowering Plants, *Science* 342.
- Amundson, R., (1998). Typology reconsidered: two doctrines on the history of evolutionary biology. *Biol Philos* 13:153–177.
- Amundson, R., (2001). Adaptation and development: on the lack of common ground, en : Orzack, S. & Sober E (eds), *Adaptationism and optimality*. Cambridge University Press, New York, pp. 303–334.
- Amundson, R., (2005) *The changing role of the embryo in evolutionary thought: structure and synthesis*, Cambridge University Press, New York.
- Andersen, H., Dieks, D., Gonzalez, W.J., Uebel, Th., Wheeler, G. (Eds.), (2013). *New Challenges to Philosophy of Science, The Philosophy of Science in a European Perspective*, Springer Verlag.
- Ankeny, R., (2009). “Model Organisms as Fictions”, In Suárez, M., (ed.), *Fictions in Science, Philosophical Essays on Modelling and Idealisation*, London, Routledge, pp 194–204.
- Angiosperm Phylogeny Group (APG), (1998). An ordinal classification for the families of flowering plants, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 85, pp. 531–553.
- APG II, (2003). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II, *Botanical Journal of the Linnean Society* 141, pp 399–436.
- APG III, (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105–121.
- Aristóteles, *Categorías*, Madrid, Gredos, 10b 19; 10b 21.
- Aristóteles, *Metafísica*, Madrid, Gredos, Z3.
- Arroyo, A., (2011). Causalidad, epistemología y variables subrogadas en la construcción genética del mestizo mexicano, en López C., (Coord.), *Genes & Mestizos, Ensayos sobre genómica y raza hoy*, México, UNAM/Ficticia.
- Ayala, J., & Arp., R. (Eds.), (2010). *Contemporary Debates in Philosophy of Biology*, UK, Wiley-Blackwell.
- Bailer-Jones, C.,(2002). Modelling Data: Analogies in Neural Networks, Simulated Annealing and Genetic Algorithms, en Magnani, L., & Nersessian, (Eds.), *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values*, London, Springer, pp.147–165.
- Bateman, R., Hilton, J., & Rudall, P., (2006), Morphological and molecular phylogenetic context of the angiosperms: contrasting the ‘top-down’ and ‘bottom-up’ approaches used to infer the likely characteristics of the first flowers, *Journal of Experimental Botany*, Volume 57, Issue 13, pp. 3471-3503.

- Batterman, W. y Rice, C., (2014), Minimal Model Explanations, *Philosophy of Science*, 81 (3), pp. 349-376.
- Baum, D., (2008). Reading a phylogenetic tree: The meaning of monophyletic Groups, *Nature Education* 1(1), p. 190ss.
- Bird A. y Tobin E. (2015) en Kendig Catherine (ed.), (2016), *Natural Kinds and Classification in Scientific Practice*, NY, Routledge.
- Bechtel, W. & Richardson C., (2010). *Discovering Complexity: Decomposition and Localization as Strategies in Scientific Research*, Second Edition, Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Bechtel, W. & Abrahamsen, A., (2012). Thinking dynamically about biological mechanisms: Networks of coupled oscillators, *Foundations of Science*, Vol. 18, Iss. 4, pp. 707-723.
- Bickford D., Lohman, D., Sodhi, N., Meier, R., Winker, K., Ingram, K., Das, I., (2007). Cryptic species as a window on diversity and conservation, *Trends in Ecology and Evolution*, 22(3), pp. 148-55.
- Ben-Menahem, Y., (1990). The inference to the best explanation. *Erkenntnis* 33: 319–344.
- Besaude-Vincent B., (2009), The chemists' style of thinking, *Ber. Wissenschaftsge Wiss*, Vol, 32(4), pp. 365-78.
- Blaxter, L., (2004). The promise of a DNA taxonomy, *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.B.*, Vol. 359, pp. 669–679.
- Blaxter, L., Mann, J., Chapman, T., Thomas, F., Whitton, C., Floyd, R., Abebe E. (2005). Defining operational taxonomic units using DNA barcode data, *Phil. Trans. Roy. Soc. B.*; Vol. 360, pp. 1935–1943.
- Bloor, D., [1976] (1993). *Knowledge and Social Imagery (Second Edition)*, *Philosophy of Science*, Vol. 60, No. 1, pp. 158-170.
- Boyd, R. (1990). Realism, approximate truth, and philosophical method, en Savage, C. (Ed.), *Scientific theories*, Minneapolis, MN, University of Minnesota Press, pp. 355–391.
- Boyd, R., (1991). Realism, anti-foundationalism and the enthusiasm for natural kinds, *Philosophical Studies*, 61, pp. 127–148.
- Boyd, R., (1999a). Kinds, complexity and multiple realization, *Philosophical Studies*, 95, pp. 67–98.
- Boyd, R., (1999b). Homeostasis, species, and higher taxa, en: Wilson, A., (Ed.), *Species: New interdisciplinary essays*, Cambridge, MA, MIT Press, pp. 141–185.
- Boyd, R.,(2000). Kinds as the “workmanship of men”: Realism, constructivism, and Natural kinds, en Nida-Ruümelin J. (Ed.), *Rationalität, Realismus, Revision: Proceedings of the Third International Congress, Gesellschaft für Analytische Philosophie*, Berlin, De Gruyter, (pp. 52–89).
- Bridgman P., (1959). *The way things are*, Harvad University Press, p. 3.
- Brigandt, I. & Assis L., (2009). “Homology: homeostatic property cluster kinds in systematics and evolution”, *Evolutionary Biology*, 36, pp. 248–255.
- Broad, C., (1925). *The Mind and Its Place in Nature*, London, Routledge & Kegan Paul.

- Bueno O., (2012). Styles of reasoning: A pluralist view, *Studies in History and Philosophy of Science*, 43, pp. 657–665.
- Buffon, G., (1753). *Histoire naturelle générale et particulière, avec la description du cabinet du roi*, Vol. IV, *Histoire générale des animaux*, Paris, Imprimerie Royale, 355b.
- Buller, J., (2005). *Adapting Minds: Evolutionary Psychology and the Persistent Quest for Human Nature*, Cambridge, M.A, MIT Press, p. 564.
- Burleigh, G. Bansal, S., Eulenstein, O., Hartmann, S., Wehe, A., Vision, J. , (2011), Genome-scale phylogenetics: Inferring the plant tree of life from 18,896 gene trees, *Syst. Biol.*, 60, pp. 117–125.
- Campbell, N., (1920). *Physics: The Elements*, Cambridge, New York, Cambridge University Press, Reprinted as Foundations of Science.
- Cannon, W., (1929). Organization for physiological homeostasis, *Physiol. Rev.*, 9(3), pp 399-431.
- Carnap, R., (1967) [1928]. *The Logical Structure of the World*, translated by R.A. George, Berkeley, CA, University of California Press. Original: *Der logische Aufbau der Welt*, Leipzig: Felix Meiner.
- Cartwright, N. (1995), en Shomar T. and M. Suárez, (Eds.), “The Tool-box of Science”, *Herfel* , pp. 137–150.
- _____, (1999). *The dappled world: A study of the boundaries of science*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Carrol, S. (2005), Evolution at Two Levels: On Genes and Form, *PLoS Biology*, Vol. 3, Iss. 7, e245.
- Cowan, S., Chase, W., Kress, J., Savolainen V., (2006). 300,000 species to identify: problems, progress, and prospects in DNA barcoding of land plants, *Taxon* 55, pp. 611–616.
- Craver, C., (2001b). Structures of Scientific Theories, en Machamer, P. & Silberstein, M. (Eds), *Guide to the Philosophy of Science*, Blackwell, Oxford, pp. 55–79.
- Craver, C. (2009). Mechanisms and natural kinds, *Philosophical Psychology* 22: 575-594.
- Contessa, G., (2007). Scientific Representation, Interpretation and Surrogative Reasoning, *Philosophy of Science* 74(1): 48–68.
- Crombie, A. C. (1994). *Styles of scientific thinking in the European tradition*, (3 volumes), London, Duckworth.
- Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*, New York, Columbia University Press.
- Cronquist, A. (1988). *The evolution and classification of flowering plants*, 2nd ed. New York Botanical Garden, Bronx, New York, USA.
- Collins, H., (1974). The TEA Set: Tacit Knowledge and Scientific Networks, *Science Studies* Vol. 4, pp. 165-186.
- Chakravarty, A. (2007). *A metaphysic for scientific realism: Knowing the unobservable*, Cambridge, MA, Cambridge University Press.

- Chase W., Douglas E. Soltis, Richard G. Olmstead, David Morgan, Donald H. Les, Brent D. Mishler, Melvin R. Duvall, Robert A. Price, Harold G. Hills, Yin-Long Qiu, Kathleen A. Kron, Jeffrey H. Rettig, Elena Conti, Jeffrey D. Palmer, James R. Manhart, Kenneth J. Sytsma, Helen J. Michaels, W. John Kress, Kenneth G. Karol, W. Dennis Clark, Mikael Hedren, Brandon S. Gaut, Robert K. Jansen, Ki-Joong Kim, Charles F. Wimpee, James F. Smith, Glenn R. Furnier, Steven H. Strauss, Qui-Yun Xiang, Gregory M. Plunkett, Pamela S. Soltis, Susan M. Swensen, Stephen E. Williams, Paul A. Gadek, Christopher J. Quinn, Luis E. Eguiarte, Edward Golenberg, Gerald H. Learn, Jr., Sean W. Graham, Spencer C. H. Barrett, Selvadurai Dayanandan and Victor A. Albert. (1993). Phylogenetics of seed plants: an analysis of nucleotide sequences from the plastid gene *rbcl*, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 80, pp. 528-580.
- Darwin C., (1979). *The Origin of Species*, New York, Random House.
- Dayrat, B. (2005). Towards integrative taxonomy, *Biological Journal of the Linnean Society*, 85, 407–415.
- DeLanda, M. (2002). *Intensive Science & Virtual Philosophy*, London, Continuum.
- Diéguez, A. (2013), “Life as a Homeostatic Property Cluster”, *Biological Theory*, Volume 7, Issue 2.
- De Donato, X., & Arroyo-Santos, A., (2012). The Structure of Idealization in Biological Theories: The Case of the Wright-Fisher Model, *Journal for General Philosophy of Science* , Zeitschrift für Allgemeine Wissenschafts theorie, 43 (1):11-2.
- De Luna, E., (1995). Bases filosóficas de los análisis cladísticos para la investigación taxonómica, *Acta Botánica Mexicana*, 33, pp. 63-79.
- De Luna, E., Guerrero, A. & Chew-Taracena,T., (2005). Sistemática Biológica: avances y direcciones en la teoría y los métodos de la reconstrucción filogenética, *Hidrobiológica*, 15(3, pp. 351-370.
- de Queiroz, K.,(1998). The general lineage concept of species, species criteria, and the process of speciation: A conceptual unification and terminological recommendations. Pages 57–75, en Howard, D. J. & Berlocher, S. H, (Eds.), *Endless forms: Species and speciation*, New York, Oxford University Press.
- de Queiroz K., (2007). Species Concepts and Species Delimitation, *Systematic Biology*, Volume 56, Issue 6, pp. 879-886.
- Devitt, M., (2008). Resurrecting Biological Essentialism, *Philosophy of Science*, 75, pp. 344–382.
- Dilthey, W., (1989), en Makkreel,R. & Rodi, F. (Eds.), *Introduction to the Human Sciences: Selected Works*, vol. I, Princeton, Princeton University Press.
- Donoghue, J., & Doyle, A., (1989). Phylogenetic studies of seed plants and Angiosperms based on morphological characters, en Bremer, K. & Jörnvall H., (Eds.), *The hierarchy of life: molecules and morphology*, *Phylogenetic studies*, Amsterdam, The Netherlands, Elsevier Science Publishers, pp. 181-193.
- Douven I., (2002). Testing Inference To The Best Explanation, *Synthese*, Volume 130, Issue 3, pp 355-377.

- Doyle, J. & Endress, P., (2000). Morphological phylogenetic analysis of basal angiosperms: Comparison and combination with molecular data, *Int. J. Pl. Sci.*, 161, pp S121-S153.
- Edwards, S., (2009). Is a new and general theory of molecular systematics emerging? *Evolution*, 63, 1–19.
- Ebach, M., & Holdrege, C., (2005). DNA barcoding is no substitute for taxonomy, *Nature*, 434, p. 697 ss.
- Enns L., Kanaoka M., Torii K., Comai L., Okada K., Cleland R., (2005), Two callose synthases, GSL1 and GSL5, play an essential and redundant role in plant and pollen development and in fertility, *Plant Mol Biol*, Vol, Iss3, pp. 333-49.
- Ereshefsky, M. & Matthen M., (2005). Taxonomy, Polymorphism, and History: An Introduction to Population Structure», *Philosophy of Science*, 72, (1), pp. 1-21.
- Ereshefsky, M., (2010). What's Wrong with the New Biological Essentialism, *Philosophy of Science*, Vol. 77, No. 5, pp. 74-685.
- Ereshefsky, M., & Reydon, T.,(2015). Scientific kinds, *Philosophical Studies*, No. 172, pp. 969–986
- Ereshefsky, M., "Species", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2016 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/sum2016/entries/species/>.
- Fann K.T., (1970), Peirce's Theory of Abduction, Martinus Nijhoff, The Hague, Holland.
- Farris, J. S. (1999). Likelihood and inconsistency, *Cladistics*, Vol. 15, pp. 199–204.
- Feigl, H. (1970). The “orthodox” view of theories: Remarks in defense as well as critique. In
- Radner and Winokur (1970), pages 3–16.
- Feild, T. S., M. A. Zweiniecki, T. Brodribb, T. Jaffre, M. J. Donoghue, and N. M. Holbrook. (2000). Structure and function of tracheary elements in *Amborella trichopoda*. *International Journal of Plant Sciences*, Vol.161, pp. 705-712.
- Felsenstein, J. (1973) . Maximum likelihood and minimum-steps methods for estimating evolutionary trees from data on discrete characters, *Systematic Zoology*, Vol. 22, pp. 240 – 249.
- Felsenstein, J. (1978). Cases in which parsimony or compatibility methods will be positively misleading, *Syst. Zool.*, Vol. 27, pp. 401–410.
- Felsenstein, J., (1988). Phylogenies from molecular sequences: Inference and reliability, *Annual Review of Genetics*, Vol. 22, pp. 521-565.
- Fitzhugh, K., (2005a). The inferential basis of species hypotheses: the solution to defining the term ‘species’, *Marine Ecology*, Vol. 26, pp. 155–165.
- Fitzhugh, K., (2005b). Les bases philosophiques de l'inférence phylogénétique: une vue d'ensemble, *Biosystema*, Vol. 24, pp. 83–105.
- Fitzhugh, K., (2006a). The abduction of phylogenetic hypotheses, *Zootaxa*, Vol. 1145, pp. 110- 14.
- Fitzhugh, K., (2006b). The ‘requirement of total evidence’ and its role in phylogenetic systematics, *Biology & Philosophy*, 21, pp. 309–351.

- Fitzhugh, K., (2006c). The philosophical basis of character coding for the inference of phylogenetic hypotheses, *Zoologica Scripta*, Vol. 35, pp. 261–286.
- Fitzhugh, K. (2008a). Fact, theory, test and evolution, *Zoologica Scripta*, Vol. 37, pp. 109–113.
- Fitzhugh, K. (2008b). Abductive inference: implications for ‘Linnean’ and ‘phylogenetic’ approaches for representing biological systematization, *Evolutionary Biology*, Vol.35, pp. 52–82.
- Fitzhugh, K. (2008c). Clarifying the role of character loss in phylogenetic inference, *Zoologica Scripta*, Vol. 37, pp. 561–569.
- Fleck Ludwik, (1996). Some Specific Features of the Medical Way of Thinking , Cognition and Fact, *Boston Studies in the Philosophy of Science*, Volume 87, pp 39-46.
- Foucault, M. (1994). *The order of things*, New York, Vintage Books. (Translation of Les mots et les choses, Paris, Gallimard, 1966).
- Fouquet A., Gilles A., Vences M., Marty C., Blanc M., Gemmell N.J., (2007) Underestimation of species richness in neotropical frogs revealed by mtDNA analyses, *PLoS One*; Vol, 2(10):e1109.
- Fuentes, A. 2011: *Biological anthropology: concepts and connections*, McGraw- Hill, NY.
- Futuyma, D.J. (2005). *Evolution*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Frigg, R., (2006). Scientific Representation and the Semantic View of Theories, *Theoria*, Vol. 55, pp. 37–53.
- Frigg, R. and S. Hartmann, (2012), “Models in Science”, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2012 Edition), E. N. Zalta (ed.)
- Funk, D.J. & Omland, K.E. (2003). Species-Level Paraphyly and Polyphyly: Frequency, Causes, and Consequences, with Insights from Animal Mitochondrial DNA, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*; Vol. 34, pp. 397-423.
- French, S. and Ladyman, J., (2011). “In Defence of Ontic Structural Realism,” in A. Bokulich and P. Bokulich (eds.), pp. 25–42.
- Galison, P., (1987). *How Experiments End*, Chicago, University of Chicago Press.
- _____, (1988). History, Philosophy, and the Central Metaphor, *Science in Context*, Vol.2, (1), pp. 197–212.
- _____,(1997). *Image and logic: A material culture of microphysics*, Chicago, University of Chicago Press.
- Ghiselin, M., (1974). “A Radical Solution to the Species Problem”, *Systematic Zoology*, Vol. 23, pp. 536–544.
- Giere, R., (1988). *Explaining Science: A Cognitive Approach*, Chicago, University of Chicago Press.
- —, 2004, How Models Are Used to Represent Reality, *Philosophy of Science*, 71 (5), pp. 742–752.
- Giere, R., B. Bickle, & R. Mauldin, (2006), *Understanding Scientific Reasoning*, Belmont, CA, Thomson/Wadsworth, 5th edition.
- Glennan, S., (1996). Mechanisms and the Nature of Causation, *Erkenntnis*, 44, pp. 49-71.

- Glennan, S., (1997), "Capacities, Universality and Singularity", *Philosophy of Science*, 64, pp. 605–626.
- Godfrey-Smith, P., (2003). *Theory and Reality: An Introduction to the Philosophy of Science*, Chicago, University of Chicago Press.
- —, (2006). The Strategy of Model-Based Science, *Biology and Philosophy*, Vol. 21 (5), pp. 725–740.
- —, (2007). Information in Biology, in D. Hull and M. Ruse (Eds.), *The Cambridge Companion to the Philosophy of Biology*, Cambridge University Press, pp. 103–119.
- Goloboff P. A., James S. Farris, Mari Källersjö, Bengt Oxelman, Martín J. Ramírez, Claudia A. Szumik, (2003a). Improvements to resampling measures of group support. *Cladistics*, Vol. 19, pp. 324–332.
- Goloboff, P. A., J. S. Farris, and K. Nixon. (2003b). *TNT: Tree analysis using New Technology. Version 1.0, version Beta test v. 0.2*. Program and documentation available at <http://www.zmuc.dk/public/phylogeny/TNT/>
- González, L. A. 2009. Geografía, lingüística, arqueología e historia de la Mixteca alta antes de la conquista española, *Anuario de Historia*, Vol.1, pp. 45–66.
- Gu, K., Chen J., Kharinotov V., (2003). *Stability of Time-Delay Systems*, Boston-Basel-Berlin, Birkhäuser.
- Griffiths, P., (1999). Squaring the Circle: Natural Kinds with Historical Essences, en Wilson, R., (Ed.), *Species: New Interdisciplinary Studies*, Cambridge, MIT Press.
- Gruber, T., (1998). A translation approach to portable ontologies, *Knowledge Acquisition*, Vol. 5, 199–220.
- Hacking, I., (1983). *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- —, (2002). *Historical Ontology*, Cambridge, MA, Harvard University Press.
- —, (2007a), On Not Being a Pragmatist: Eight Reasons and a Cause, en Misak C., (Ed.), *New Pragmatists*, New York, Oxford University Press, pp. 32–49.
- —, (2007b), Natural Kinds: Rosy Dawn, Scholastic Twilight, *Royal Institute of Philosophy Supplements*, 61, 203–240.
- —, (2009), *Scientific Reason*, Taipei, National Taiwan University Press.
- —, (2012), Introduction, en Kuhn T.S., *The Structure of Scientific Revolutions*, 50th Anniversary ed. (4th ed.), Chicago: University of Chicago Press, pp. vii–xxxvii.
- —, (2014), *Why Is There Philosophy of Mathematics At All?* Cambridge, Cambridge University Press.
- Harman, G. (1965). The inference to the best explanation. *The Philosophical Review*, Vol. 4, pp. 88–95.
- Hawley K., y Bird A., (2011), What are natural kinds?, *Philosophical Perspectives*, Volume 25, Issue 1, pages 205–221.
- Hackett S. J., Kimball R.T., Reddy S., Bowie R., Braun, M., Edward L., Chojnowski J. L., Cox W. Andrew, Kin-Lan Han, Harshman, John, Huddleston Christopher J., Marks Ben D, Miglia Kathleen J., Moore William S., Sheldon Frederick H., Steadman David W., Witt Christopher

- C. Tamaki Yuri, (2008a). Phylogenomic Study of Birds Reveals Their Evolutionary History, *Science*, 320, 1763ss.
- Hanson, N.R.(1958). *Patterns of Discovery: An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*. Cambridge University Press, New York.
 - Hebert, P., Cywinska A., Ball S., & deWaard, J. R., (2003c). Biological identifications through DNA barcodes, *Proc. R. Soc. Lond.*, 270, pp. 313–321.
 - Hebert, P., Penton E., Burns J., Janzen D., & Hallwachs W., (2004a). Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astrapes fulgerator*, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, Vol. 101, pp. 14812–14817.
 - Hebert, P., Stoeckle M., Zemplak T., & Francis C., (2004b). Identification of birds through DNA barcodes, *PLoS Biology*, Vol. 2, pp. 1657– 1663.g
 - Hennig, W., (1960). *Elementos de una sistemática filogenética*. Buenos Aires, EUDEBA.
 - Hogg, I. D., and P. D. N. Hebert. 2004. Biological identifications of springtails (Hexapoda: Collembola) from the Canadian arctic using mitochondrial DNA barcodes. *Can. J. Zool.* 82:749–754.
 - Hegarty M.J. y Hiscock S.J.,(2008), Genomic clues to the evolutionary success of polyploid plants, *Current Biology*, May 20; Vol. 18(10), pp. 435-44.
 - Hempel, C., (1958). The Theoretician's Dilemma, en H. Feigl, M. Scriven, and G. Maxwell (Eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* (Volume 2), Minneapolis, University of Minnesota Press, pp. 37–98.
 - Hempel, C., (1970). On the 'Standard Conception' of Scientific Theories, en M. Radner and S. Winokur (Eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, (Volume 4), Minneapolis, University of Minnesota Press, pp. 142–163.
 - Kornblith, H., (1993). *Inductive Inference and Its Natural Ground: An Essay in Naturalistic Epistemology*, Massachusetts, MIT Press.
 - Hillis, D. M., J. J. Bull, et al. (1992). Experimental phylogenetics: Generation of a known phylogeny, *Science*, Vol. 255, pp. 589-592.
 - Hoot, S. B.; Magallón S., y Crane P. R. (1999). Phylogeny of basal eudicots based on three molecular data sets: atpB, rbcL , and 18S nuclear ribosomal DNA sequences, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Vol. 86, pp. 1 – 32 .
 - Huang D. et al., (2008). Slow Mitochondrial COI Sequence Evolution at the Base of the Metazoan Tree and Its Implications for DNA Barcoding, *J. Mol Evo*, Vol. 66, pp. 167–174.
 - Hueber, D. et.al. (2008), Shaping segments: Hox gene function in the genomic age, *BioEssays*, Vol. 30, pp. 965–979.
 - Huelsenbeck, J. P., F. Ronquist, R. Nielsen, and J. P. Bollback. (2001). Bayesian inference of phylogeny and its impact on evolutionary biology, *Science*, Vol 294. Pp. 2310–2314.
 - Hull, D. (1965). The effect of essentialism on taxonomy: two thousand years of stasis, *British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 15, pp. 314-326.
 - Hull D. (1978). A matter of individuality, *Philosophy of Science*, Vol. 45, pp. 335-360.

- Illari, P. and Williamson, J., (2012). 2012, What is a Mechanism?: Thinking about Mechanisms Across the Sciences, *European Journal for Philosophy of Science*, Vol. 2, pp. 119–135.
- Ishihata M. & Sato T., (2011). Bayesian inference for statistical abduction using Markov chain Monte Carlo, *JMLR: Workshop and Conference Proceedings*, No. 20; pp. 81-96.
- James W., *Pragmatism: A New Name for Some Old Ways of Thinking* (New York: Longman Green 1907), 69.
- Jones, M., (2005), "Idealization and Abstraction: A Framework," in M. Jones and N. Cartwright (eds.) *Idealization XII: Correcting the Model – Idealization and Abstraction in the Sciences* (Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities, Volume 86), Amsterdam: Rodopi, pp. 173–217. (Same individual as Thomson-Jones 2012.)
- Jones, M., (2010), "Missing Systems and Face Value Practice", *Synthese*, 172, pp. 283–99.
- Josephson, J. R. and Josephson, S. G. (eds.), (1994). *Abductive Inference*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Judd, W. S., et. al. (2002). *Plant systematics: a phylogenetic approach*, Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts, USA.
- Khalidi, M., (2013). *Natural categories and Human kinds*, New York, Cambridge University Press.
- Kendig C., (2016), *Natural Kinds and Classification in Scientific Practice*, London, Routledge.
- Krell F.T. y Cranston P.S., (2004), Which side of the tree is more basal?, *Systematic Entomology*, Volume 29, Issue 3, pages 279–281.
- Knopka, B. & Benzer S., (1971). Clock mutants of *Drosophila melanogaster*, *Proceedings of the National Academy of Science (USA)*, 89. (9), pp. 2112-6.
- Kress, J., Wurdack, K., Zimmer, E., Weig, L., & Janzen, D., (2005). Use of DNA barcodes to identify flowering plants, *Proc Natl Acad Sci*, Vol.102, No. 23, pp. 8369–8374
- Kripke, S. (1980), *Naming and Necessity*, Harvard University Press.
- Kauffman, S., (1993), *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*, USA, Oxford University Press.
- Knorr, K. D. (1977). Producing and Reproducing Knowledge: Descriptive or Constructive? Toward a Model of Research Production, *Social Science Information*, Vol. 16, pp. 669-96.
- Knorr-Cetina, K. D. (1982b). 'The Constructivist Programme in Sociology of Science: Retreats or Advances?', *Social Studies of Science*, Vol,12 (2), pp. 320-4.
- Laland, K., Sterelny, K., Odling-Smee, J., Hoppitt, W., Uller, T., (2011). Cause and Effect in Biology Revisited: Is Mayr's Proximate- Ultimate Dichotomy Still Useful?, *Science*, 334, pp. 1512-1516.
- Lakatos, I. (1978). The methodology of scientific research programmes, *Philosophical Papers*, vol. 1. Cambridge, Cambridge University Press.
- Larget, B. and Simon, D.L. (1999). "Markov Chain Monte Carlo Algorithms for the Bayesian Analysis of Phylogenetic Trees," *Mol. Biol. Evol.*, 16(6), 750-759.
- Laporte, J., (2004). *Natural Kinds and Conceptual Change*, Cambridge University Press.

- Latour, B. & Woolgar S., (1986) [1979]. *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*, Princeton, Princeton University Press.
- Leeuwenberg, A. J. M. (1994). A revision of *Tabernaemontana*, *The New World species and Stemmadenia*. Wageningen Agricultural University, Royal Botanic Gardens, Kew. vol. 2, 450pp.
- Levy, Arnon, (2012), "Models, Fictions, and Realism: Two Packages", *Philosophy of Science*, 79(5): 738–48.
- Lewis G., & Randall M., (1961), en Pitzer K., & Brewer L., *Thermodynamics and the Free Energy of Chemical Substances*, UC, McGraw Hill.
- Linneus K., *Philosophia Botanica* (Stockholm: G. Kiesewetter, 1751), 100.
- Lindberg David & Westman Robert, (Eds.), (1990). *Reappraisals of the Scientific Revolution*, Cambridge, UK, and New York, Cambridge University Press.
- Lloyd, E., (1983). The Nature of Darwin's Support for the Theory of Natural Selection, *Philosophy of Science*, 50 (1, pp. 112–129.
- —, 1994 [1988], *The Structure and Confirmation of Evolutionary Theory*, Princeton, Princeton University Press.
- —, (2013), Structure of Evolutionary Theory, en W. Durham (Ed.), *International Encyclopedia of Social and Behavioral Sciences*, , 2nd edition, Amsterdam, Elsevier.
- Kuhn, T., (1962) *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, University of Chicago Press.
- _____, (1970), "Postscript—1969", in *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, University of Chicago Press: 174–210.
- _____, (1974), 'Second Thoughts on Paradigms', in Kuhn T., *The Essential Tension*, Chicago, Univ. of Chicago Press.
- —, 2000 [1983], "Rationality and Theory Choice", in in Kuhn 2000, 208–215.
- Lipton, P., (1991). *Inference to the Best Explanation*, London: Routledge.
- _____, (1993). "Is the Best Good Enough?" *Proceedings of the Aristotelian Society*, 93: 89–104.
- _____, (2001). "Kant on Wheels", *London Review of Books*, 23: 30–31.
- _____, (2004). *Inference to the Best Explanation*, (2nd ed.), London, Routledge.
- Loghman, I. *et.al.* (2002). The *Drosophila* Hox gene Deformed sculpts head morphology via direct regulation of the apoptosis activator reaper, *Cell* 110:457–466.
- Lorenzano, P., (2013). The Semantic Conception and the Structuralist View of Theories: A Critique of Suppe's Criticisms, *Studies in History and Philosophy of Science (Part A)*, 44, pp. 600–607.
- Love, A., (2009). Typology Reconfigured: From the Metaphysics of Essentialism to the Epistemology of Representation, *Acta Biotheoretica*, No. 57, pp. 51-75.
- Lowe, E. J. (2006). *The Four-Category Ontology: A Metaphysical Foundation for Natural Science*, Oxford, Clarendon Press.
- Mabee, P., Ashburner, M., Cron, Q., Gkoutos, G., Haendel, M., Segerdell, E., Mungall, C., Westerfield, M., (2007). Phenotype ontologies: the bridge between genomics and evolution, *Trends in Ecol. Evol.* Vol.30 No.10. 345-50.

- Machamer, P., Darden, L., & Craver, C., [MDC],(2000) “Thinking about Mechanisms”, *Philosophy of Science*, 67:1–25.
- Magnani, L. (2001). *Abduction, Reason, and Science: Processes of Discovery and Explanation*. Kluwer Academic, New York.
- _____, (2009). *Abductive Cognition: The Epistemological and Eco-Cognitive Dimensions of Hypothetical Reasoning*, Springer Publishing Company.
- _____,(2006) (ed.), *Model-Based Reasoning in Science and Engineering. Cognitive Science, Epistemology, Logic*, London, College Publications,.
- _____,(Ed.) (2013). *Model-Based Reasoning in Science and Technology. Theoretical and Cognitive Issues*, Series “Sapere”, Heidelberg/Berlin, Springer.
- Martínez, S. (2010). La navaja de Ockham y la heterogeneidad de las representaciones: hacia una ontología de lo abstracto, *Azafea Revista de Filosofía*, Vol. 12. Pp. 97-118.
- Martínez S., y Huang X. (2016). *Hacia una filosofía de la ciencia centrada en prácticas*, México, Bonilla Artiga Ed. IIF-UNAM.
- Mayden, R., (1992). *Systematics, historical ecology, and North American freshwater fishes*. Stanford, California, Stanford University Press.
- Mayden, R. L. (1997), “A hierarchy of species concepts: the denouement in the saga of the species problem”, in M. F. Claridge, H. A. Dawah and M. R. Wilson (eds.), *Species: The units of diversity*, London: Chapman and Hall, 381-423.
- Mayr, E., (1959). Darwin and the evolutionary theory in Biology, en Meggers, B., (Ed.), *Evolution and Anthropology: A Centennial Appraisal*, Washington DC, The Anthropological Society of Washington, pp. 1-10.
- Mayr, E. (1963). *Animal Species and Evolution*, Harvard University Press.
- Mayo, D.G., (1994). The New Experimentalism, Topical Hypotheses, and Learning from Error, *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, Vol. 1994, Volume One: Contributed Papers (1994), pp. 270-279 Published by: The University of Chicago Press on behalf of the Philosophy of Science Association.
- Maxime, V. (2008) The physiology of triploid fish: Current knowledge and comparisons with diploid fish. *Fish and Fisheries*. Vol. 9. 67-78
- McGrew, T., (2003). “Confirmation, Heuristics, and Explanatory Reasoning,” *British Journal for the Philosophy of Science*, 54: 553–567.
- Meyer, C. & Paulay G., (2005). DNA Barcoding: Error Rates Based on Comprehensive Sampling, *PLoS Biol*, Vol. 3, No. 12e, pp. 422 ss.
- Mill,J.S., *System of Logic, Ratiocinative and Inductive. Being a Connected View of the Principles of Evidence and the Methods of Scientific Investigation* (London: Longman, 1st edition 1843). J.Robson (ed.), *Collected Works of John Stuart Mill* (Toronto: University of Toronto Press, 28 vols. 1965-83).
- Mohawk, J.A. et.al. 2012, Central and peripheral circadian clocks in mammals. *Annu. Rev. Neurosci.* 35.

- Morales, J. F. (2005), Estudios en las Apocynaceae neotropicales XIX: La familia Apocynaceae s. str. (Apocynoideae, Rauvolfioideae) de Costa Rica, *Darwiniana*, Vol. 43, pp. 90–191.
- Morales, J. F. (2009). Stemmadenia–Tabernaemontana, en G. Davidse, M. Sousa S., S. Knapp y F. Chiang (Eds.), *Flora Mesoamericana*, vol. 4, parte 1, Instituto de Biología, UNAM/ Missouri Botanical Garden/ The Natural History Museum (London). México, D. F. p. 695–700.
- Moore M. J. et al., (2011). Phylogenetic analysis of the plastid inverted repeat for 244 species: Insights into deeper-level angiosperm relationships from a long, slowly evolving sequence region, *Int. J. Plant Sci.* Vol. 172, pp. 541–558.
- Morgan M. & Morrison M. (1999). *Models as Mediators. Perspectives on Natural and Social Science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Morgan, M., 2012, *The World in the Model: How Economists Work and Think*, New York: Cambridge University Press.
- Moulines, C., 1976, "Approximate Application of Empirical Theories: A General Explication," *Erkenntnis*, 10 (2): 201–227.
- —, 2002, "Introduction: Structuralism as a Program for Modelling Theoretical Science," *Synthese*, 130 (1): 1–11.
- Moura, D.J. Harris, Cunha M.R, Rogers A.D., (2007). DNA barcoding reveals cryptic diversity in marine hydroids (Cnidaria, Hydrozoa) from coastal and deep-sea environments, *Zool. Scr.*, Vol. 37, Iss.1, pp. 93–108.
- Nersessian NJ (2005) Abstraction via generic modeling in concept formation in science. In: Jones MR, Cartwright N (eds), *Idealization XII: correcting the model. Idealization and abstraction in the sciences* (Poznan studies in the philosophy of the sciences and the humanities, vol. 86). Rodopi, Amsterdam, pp 117–143
- Nickles Thomas, (1980) Scientific Discovery and the Future of Philosophy of Science, en Thomas Nickles, (Ed.), *Boston Studies in The Philosophy of Science*, Dordrecht, Reidel.
- Newton-Smith W.H., (1981), *The Rationality of Science*, Routledge & Kegan Paul.
- Oakley T.H. & Cunningham C.W., (2000). Independent contrasts succeed where ancestor reconstruction fails in a known bacteriophage phylogeny, *Evolution*, Vol 54(2), pp. 397-405.
- Olson M.E. & Arroyo Santos A., (2009), Thinking in continua: beyond the "adaptive radiation" metaphor, *Bioessays*, Vol. 12, pp. 1337-46.
- Olson, M. E., & A. Arroyo-Santos A., (2015). How to study adaptation (and why to do it that way), *Quarterly Review of Biology*, Vol. 90, pp. 167-191.
- Okasha, S., (2002). Darwinian Metaphysics: Species and the Question of Essentialism, *Synthese*, No. 131, pp. 191-213,
- Padial, J.M., Miralles A., De la Riva I., Vences M., (2010). The integrative future of taxonomy, *Frontiers in Zoology*, Vol. 7, pp. 1–14.
- Paz, A., Gonzalez M., Crawford A.J., (2012). Códigos de barras de Vida: Introducción y perspectiva, *Acta Biológica Colombiana*, Vol. 16, No. 3, pp. 161-176.

- Pearce, A.,(2004). Vav1 and vav3 have critical but redundant roles in mediating platelet activation by collagen, *Biol Chem* 279 Vol. 52, pp. 55-62.
- Pearl, J. (2001). Bayesianism and causality, or, why I am only a half-bayesian, en *Foundations of Bayesianism*, Kluwer Academic Publisher, Vol 24.
- Peirce, C.S. (1878). Illustrations of the logic of science. Sixth paper. Deduction, induction, and hypothesis, *Popular Science Monthly* 13: 470–482.
- Peirce, C.S. (1931-1935). *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, Volumes 1–6. En Hartshorne, C., Weiss, P. & Burks, A., (Eds.), Harvard University Press, Cambridge.
- Peirce, C.S. (1958). *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, Volumes 7–8. En Burks, A., (Ed.), Cambridge, Harvard University Press.
- Pickering Andrew, (Ed.), (1992). *Science as Practice and Culture*, Chicago University of Chicago Press.
- Platnick, N.I. & Gaffney, E.S. (1977). Systematics: A Popperian Perspective, *Systematic Zoology*, Vol. 26, pp. 360-365.
- Platnick, N.I. & Gaffney, E.S. (1978a). Evolutionary Biology: A Popperian Perspective, *Systematic Zoology*, Vol 27, pp. 137-141.
- Platnick, N.I. & Gaffney, E.S. (1978b). Systematics and the Popperian Paradigm, *Systematic Zoology*, Vol 27, pp. 381-388.
- Polanyi M., (1966). *The Tacit Dimension*, NY, Doubleday, Garden City.
- Popper K., (1959). *La lógica de la investigación científica*. Traducido por Víctor Sánchez de Zavala (1ª edición, 1962). Madrid, Editorial Tecnos.
- Popper, K. R. (1963). Science: Conjectures and refutations, *Conjectures and refutations*, London, Routledge and Kegan Paul, pp. 33–65.
- Preus A.P. (1971) en W. K. C. Guthrie, *A History of Greek Philosophy*, Vol. III. *Studi III* : 291-221.
- Psillos S., (2001). Is Structural Realism Possible?, *Philosophy of Science*, Vol.68, pp.13-24.
- Psillos S., (2003). *Causation and Explanation*, Dublin, Acumen and Montreal, McGill-Queen's University Press.
- Putnam H., (1975). The Meaning of “Meaning” en *Mind, Language and Reality: Philosophical Papers*, Vol. 2 (Cambridge: Cambridge University Press 1975), pp. 198, 235.
- Quine W.O., (1969). Natural Kinds, *Ontological Relativity and Other Essays*, New York, Columbia University Press, 114-138, on p. 118.
- Quinn A. , (forthcoming) Phylogenetic inference to the best explanation and the bad lot argument, *Synthese*, pp. 1-15
- Ranney, G.T., (2006), Polyploidy: From Evolution to New Plant Development, Combined Proceedings International Plant Propagators’ Society, Volume 56, 2006, 137-142.
- Reichenbach, H., (1938), *Experience and Prediction: An Analysis of the Foundations and the Structure of Knowledge*, Chicago: University of Chicago Press.
- Reilly, Francis E. (1970), *Charles Peirce’s Theory of Scientific Method*, New York, Fordham University Press.

- Rheinberger, H.J. (1997). *Toward a History of Epistemic Things: Synthesizing Proteins in the Test Tube*, Stanford University Press.
- Rickert H., (1923). Die Methode der Philosophie und das Umittelbare, Eine Problemstellung, *Logos XII*, pp. 235-280.
- Rickert, H., (1926). *Kulturwissenschaft und Naturwissenschaft*, Tübingen, J. C. B. Mohr.
- Rieppel, O., (2003). Popper and systematic, *Systematic Biology*, 52, pp. 259–271.
- Rieppel, O., (2004). What happens when the language of science threatens to break down in systematics: a Popperian perspective, en Williams, D. & Forey, P., (Eds.), *Milestones in Systematics*, Boca Raton, CRC Press, pp 57–100.
- Rieppel, O., (2005). The philosophy of total evidence and its relevance for phylogenetic inference. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 45(8), pp. 77-89.
- Rieppel, O.; Rieppel, M. & Rieppel, L. (2006). Logic in Systematics, *Journal for Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 44, pp. 186-192.
- Rieppel, O., (2008), Origins, taxa, names and meanings, *Cladistics*, Volume 24, Issue 4, pp. 598–610.
- Rieppel, O., (2013). Biological Individuals and Natural Kinds, *Biological Theory*, Vol 7, No.2, pp. 162-169.
- Rokas, A. & Carroll S., (2005). More genes or more taxa? The relative contribution of gene number and taxon number to phylogenetic accuracy, *Mol Biol Evol.* Vol. 5, pp. 1337-44.
- Ronquist F., Huelsenback J.P., 2003 MrBayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models, *Bioinformatics*. Aug 12;19(12):1572-4.
- Ronquist F.,(2004). Bayesian inference of character evolution, *Trends Ecol Evol.* Vol. 19(9):475-81.
- Rubinoff, D., Cameron, S., Will K., (2006). A genomic perspective on the shortcomings of mitochondrial DNA for ‘barcoding’ identification, *Journal of Heredity*, Vol. 97, pp. 581–594.
- Ruiz-Mirazo K, Juli Peretó y Álvaro Moreno, (2004). A Universal Definition of life: Autonomy and Open-ended Evolution, *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, Vol. 34, pp. 323–346.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*, México, Editorial Limusa.
- Salmon, W., (1984). *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*, Princeton University Press.
- Samuels, R., & Ferreira, M. (2010). Why don't concepts constitute a natural kind? *Behavioral and Brain Sciences*, 33, pp. 222–223.
- Sarkar, S., (1998). *Genetics and reductionism*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Savolainen, V., Chase M., Hoot B., Morton C., Soltis D., Bayer C., Fay M., de Bruijn Sullivan S., and Yin-long Qiu,(2000a), Phylogenetics of flowering plants based upon a combined analysis of plastid atpB and rbcL gene sequences, *Syst. Biol.*, 49, pp.306–362.
- _____V. et.al., 2000b. Phylogeny of the eudicots: A nearly complete familial analysis based on rbcL gene sequences. *Kew Bull.* Vol. 55, pp. 257–309.
- Searle, J. (1958). Proper Names, *Mind*, Vol 67, pp. 166-173.

- Schickore, Jutta, "Scientific Discovery", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2014 Edition), Edward N. Zalta (ed.),
- Shapin, S. and S. Schaffer, (1985), *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*, Princeton: Princeton University Press.
- Shearer T., van Oppen M., Romano, S., Wörheide G., Slow mitochondrial DNA sequence evolution in the Anthozoa (Cnidaria), *Molecular Ecology*, Volume 11, Issue 12, pp. 2475–2487.
- Simpson, G., (1961). *Principles of animal taxonomy*. New York, Columbia University Press.
- Soler Léna, Sjoerd Zwart, Michael Lynch, Vincent Israel-Jost; (2014). *Science After the Practice Turn in the Philosophy, History, and Social Studies of Science*, Vol. 14, Routledge Studies in the Philosophy of Science Routledge.
- Smith, B., & Mark, D., (2001). Geographical Categories: An Ontological Investigation. Study of naïve subjects' conceptualizations of the geographical realm, *International Journal of Geographic Information Science*, Vol.15, Iss7.
- Smith, B. & Bittner, T., (2003). en Duckham, M., Goodchild, M., & Worboys, M., (Eds.), *A Theory of Granular Partitions, Foundations of Geographic Information Science*. London, Taylor & Francis.
- Soltis, D. E., et.al. (1997). Angiosperm phylogeny inferred from 18S ribosomal DNA sequences, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Vol. 84, pp. 1-49.
- Soltis, D. E., et.al. (1998). Inferring complex phylogenies using parsimony: an empirical approach using three large DNA data sets for angiosperms, *Systematic Biology*, Vol. 47, pp. 32-42.
- Soltis, D. E., et.al. (2000). Angiosperm phylogeny inferred from 18S rDNA, rbcL, and atpB sequences, *Botanical Journal of the Linnean Society*, Vol, 133, pp. 381-461.
- Soltis, D. E., et.al. (2003). Gunnerales are sister to other core eudicots: implications for the evolution of pentamery, *American Journal of Botany*, Vol. 90, pp. 461-470.
- Soltis D. et.al. (2011) Angiosperm Phylogeny: 17 genes, 640 taxa, *American Journal of Botany*, Vol 98(4), pp. 704–730.
- Stegmüller, W., (1976). *The Structure and Dynamics of Theories*, New York, Springer.
- Steup, Matthias, (Spring 2014 Edition)"Epistemology", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.).
- Studtmann P., (2007), Aristotle, Science and the Plenitude of Being, *Apeiron*, Vol. 40 Iss. 3, pp. 245 – 266.
- Suárez .M, (2004), "An Inferential Conception of Scientific Representation", *Philosophy of Science*, 71(5): 767–779. doi:10.1086/421415
- _____, (2015), "Deflationary Representation, Inference, and Practice", *Studies in History and Philosophy of Science*, 49: 36–47
- Suárez, M. and N. Cartwright, (2008), "Theories: Tools versus Models," *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, Vol. 39 (1), pp. 62–81.
- Shapin, S. and S. Schaffer, (1985), *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*, Princeton, Princeton University Press.

- Suppes, P. (1984). *Probabilistic metaphysics*, Oxford, Blackwell.
- Suppes, P. (2002). *Representation and invariance of scientific structures*, Stanford, CSLI Publications.
- Taberlet P, Coissac E, Pompanon F, Gielly L, Miquel C, Valentini A, Vermet T, Corthier G, Brochmann C, Willerslev E., (2007). Power and limitations of the chloroplast trnL (UAA) intron for plant DNA barcoding, *Nucl Acids Res*, 35: e14.
- Takhtajan, A. (1980). Outline of the classification of flowering plants (Magnoliophyta). *Botanical Review*, Vol 46, pp. 225-359.
- Thagard, P., (1998). Explaining Disease: Causes, Correlations, and Mechanisms , *Minds and Machines*, 8: 61–78.
- _____, (2000). *How Scientists Explain Disease*, Princeton, NJ, Princeton University Press.
- Thomasson Amie L., (2013). Norms and Necessity, *The Southern Journal of Philosophy*, Volume 51, Issue 2, pp. 143–160.
- Tautz, D., Arctander, P., Minelli A., Thomas R., Vogler A., (2003). A plea for DNA taxonomy, *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 18, pp. 70–74.
- Templeton A., (2010). Coalescent-Based, Maximum Likelihood Inference in Phylogeography, *Mol Ecol.*, Vol. 19(3), pp. 431–446.
- Teofrasto, (1988). *De Historia Plantarum*, Historia de las plantas, Madrid, Editorial Gredos.
- Thorne R.F. (1992). Classification and geography of the flowering plants, *Botanical Review* Vol. 58. Pp. 225–348.
- Thorpe P.H., et al., (2007), More is not always better: the genetic constraints of polyploidy, *TRENDS in Genetics*, Vol. 23 No.6.
- Toon, Adam, 2010, “Models as Make-Believe”, en Frigg, Roman and Matthew C. Hunter (eds.), 2010, *Beyond Mimesis and Convention: Representation in Art and Science*, Berlin and New York: Springer, pp. 71–96.
- Toon A., (2011). Playing with molecules, *Studies in History and Philosophy of Science*, Vol. 42, pp. 580-589.
- Tyson, J., Chen K., & Novak B., (2001), Network dynamics and cell physiology, *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, Vol. 2, pp. 908-916.
- van Fraassen, B. C. (1989). *Laws and symmetry*. Oxford, Clarendon Press.
- _____, (1970), On the Extension of Beth’s Semantics of Physical Theories, *Philosophy of Science*, 37 (3), pp. 325–339.
- Venn J., (1866). *The Logic of Chance: An Essay on the Foundations and Province of the Theory of Probability, with Especial Reference to its Application to Moral and Social Science* London, Macmillan.
- Vogt, L. (2008). The unfalsifiability of cladograms and its consequences, *Cladistics*, Vol 24, pp. 62-73.
- Walton, D. (2004). *Abductive Reasoning*. The University of Alabama Press, Tuscaloosa.
- Weisberg, M., (2013). *Simulation and Similarity: Using Models to Understand the World*, New York, Oxford University Press.

- Winchester, A.M. (1981). *Genética*. (3er edición), México, Compañía Editorial Continental.
- Wimsatt, S., (1974). Reductive Explanation: A Functional Account, *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, Vol. 1974, pp. 671-710.
- Wessels, L., (1976), Laws and Meaning Postulates in van Fraassen's View of Theories, in *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association 1974*: 215–234.
- Westerhoff, Jan (2002). Defining 'Ontological Category', *Proceedings of the Aristotelian Society*, Vol 102(3), pp. 337–343.
- — (2004). "The Construction of Ontological Categories", *Australasian Journal of Philosophy*, 84(4): 599–620.
- — (2005). *Ontological Categories: Their Nature and Significance*, Oxford: Clarendon.
- Wheeler, Q., (2004). Taxonomic triage and the poverty of phylogeny, *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, No. 359, 571–583.
- Whewell; W.,(1847). *The Philosophy of the Inductive Sciences, Founded upon Their History* London, Parker, Vol. I. 468.
- Wilson, R., Barker, M., & Brigandt I., (2007). When Traditional Essentialism Fails: Biological Natural Kinds, *Philosophical Topics* 35, pp. 189–215.
- Will W., y Rubinoff D., (2004). Myth of the molecule: DNA barcodes for species cannot replace morphology for identification and classification, *Cladistics*, No. 20, 47–55.
- Will, K. W., Mishler B. D., & Wheeler Q. D. (2005). The perils of DNA barcoding and the need for integrative taxonomy, *Syst. Biol.* 54, pp. 844– 851.
- Wilkins, J., & Ebach, M., (2014). *The nature of classification, Kinds and Relationships in Natural Science*, UK, Palgrave McMillan.
- Winther R.G. (2006) Parts and theories in compositional biology, *Biol Philos*, Vol. 21, pp. 471–499.
- Winther, R. G., (Spring 2016 Edition), "The Structure of Scientific Theories", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* Edward N. Zalta (ed.).
- Worrall, J. (1989). Why both Popper and Watkins fail to solve the problem of induction. In: D'Agostino, F. & Jarvie, I.C. (Eds.), *Freedom and Rationality: Essays in Honor of John Watkins*, Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, p. 257-296.
- Wörheide G., (2006). Low variation in partial cytochrome oxidase subunit I (COI) mitochondrial sequences in the coralline demosponge *Astrosclera willeyana* across the Indo-Pacific, *Mar Biol*; Vol. 148, pp. 907-12.
- Yang, Z., and B. Rannala, (1997). Bayesian phylogenetic inference using DNA sequences: a Markov Chain Monte Carlo method, *Mol. Biol. Evol.* Vol 14, pp. 717–724.
- Yao Hui, Jingyuan Song, Chang Liu, Kun Luo, Jianping Han, Ying Li, Xiaohui Pang, Hongxi Xu, Yingjie Zhu, Peigen Xiao, Shilin Chen. (2010), Use of ITS2 Region as the Universal DNA Barcode for Plants and Animals, *PLoS One*, Vol. 5(10),e 13102.
- Yeates D, Seago A, Nelson L, Cameron S, Joseph L, Trueman J., (2011) Integrative taxonomy, or iterative taxonomy?, *Syst. Entomol.* Vol. 36, pp. 209–217.

- Zammito, J.H., (2011). History/Philosophy/Science: Some Lessons for Philosophy of History, *History and Theory*, Vol. 50, pp. 390-413.