



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

**“LA CONFORMACIÓN DEL CONOCIMIENTO
CIENTÍFICO A TRAVÉS DE LAS PRÁCTICAS
CIENTÍFICAS: UN EJEMPLO DE LA ECOLOGÍA.”**

T E S I S
**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA**

P R E S E N T A
FAUSTO ERNESTO CAMPOS REYES

DIRECTOR DE TESIS:
DR. SERGIO FERNANDO MARTÍNEZ MUÑOZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor el Dr. Sergio F Martínez Muñoz por dirigir este trabajo, por su tiempo, paciencia y recomendaciones que fueron fundamentales para la realización de esta tesis.

A cada uno de los profesores del jurado Dr. Alfonso Arroyo Santos, Dr. Bernardo Bolaños Guerra, Dr. Godfrey Guillaumin y Dr. Maximiliano Martínez Bohórquez por sus atinadas observaciones y comentarios, los cuales fueron de suma importancia para el mejoramiento y enriquecimiento de este trabajo.

Al Instituto de Investigaciones Filosóficas por ser el espacio que me ha permitido adentrarme en la Filosofía de la Ciencia, siendo este primer paso sólo el inicio de un proyecto mayor en mi vida.

Al Posgrado en Filosofía de la Ciencia y las personas que lo dirigen por todo su apoyo a lo largo de la maestría y en particular en la realización de este trabajo.

A mi familia por apoyarme siempre en la realización de cada uno de mis proyectos, porque están ahí, por ser el motor que me impulsa día con día.

A mi querida Gabriela por todo el apoyo que me brindo para realizar este trabajo, gracias por ser parte de mi vida en este importante proceso y acompañarme e impulsarme en cada momento.

A cada una de las personas que de una u otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo, gracias.

Fausto E. Campos R.



INTRODUCCIÓN

En las primeras décadas del siglo pasado, la naciente filosofía de la ciencia consideraba que la tarea de la filosofía era develar la naturaleza de la justificación de las proposiciones que la ciencia generaba dejando fuera del análisis los contextos de generación de conocimiento. Las críticas que se generaron a esta escuela en la segunda mitad del siglo xx dejaron en claro que son centrales los contextos de producción del conocimiento para entender mejor la empresa científica. Una propuesta que se ha desarrollado ampliamente en la filosofía de la ciencia en las últimas décadas para dar una respuesta más completa a la forma en que se genera el conocimiento científico es la llamada praxiología de la ciencia o filosofía de las prácticas científicas. La cual tiene como objetivo central hacer un análisis de la forma en que se construye dicho conocimiento a través de las prácticas que conforman la actividad científica.

El presente trabajo tiene como objetivo principal ser una modesta contribución a los estudios filosóficos de la ciencia que parten de ejemplos concretos en disciplinas específicas para dar cuenta de la forma en que se estructura la compleja trama de prácticas científicas que integran a la ciencia. Me parece que analizar las situaciones específicas de la forma en que se desarrolla la actividad científica nos permite entender de una forma más completa la generación del conocimiento científico. Como lo señala Rheinberger (1997a:245) “Tener una mirada cercana a lo que los científicos hacen cuando se ocupan de los objetos de su procedimiento experimental puede dar lugar a una mejor comprensión de la práctica científica en general”. Para mostrar la forma en que la ciencia genera su conocimiento, en el presente trabajo se hace un análisis de las prácticas que integran la actividad científica, particularmente de las prácticas en la ecología de campo.

El trabajo parte en el primer capítulo de algunas críticas que se desarrollaron en la segunda mitad del siglo xx a la filosofía de la ciencia tradicional. Mostrando que no es suficiente analizar la estructura lógica de las proposiciones de la ciencia para dar cuenta de la forma en que se genera el conocimiento científico. Se muestra de forma general, como distintos enfoques han asumido que para proporcionar una respuesta más amplia sobre la ciencia es necesario examinar los procesos históricos y sociales en los que se desarrolla el que-



INTRODUCCIÓN

hacer científico, así como analizar la compleja actividad científica en la conformación del conocimiento.

Al tomar a las prácticas científicas como el centro de análisis, el problema de la normatividad epistémica toma una dimensión más amplia ya que no se centra en la justificación de las proposiciones científicas, sino en los procesos de generación de conocimiento. En el primer capítulo se retoma una de las alternativas que se han desarrollado al modelo clásico de normatividad epistémica. Lo importante en este punto es hacer notar que los procesos epistémico-normativos tienen que ver más con la utilización de los recursos cognitivos que puede emplear un individuo en una situación concreta. Principalmente se muestra que los seres humanos en sus razonamientos utilizan diversos tipos de estructuras normativas (incluidas las reglas de inferencia formal) como heurísticas en la solución de problemas específicos las cuales dependen de factores psicológicos, pragmáticos, socioculturales, etc., en contextos específicos. Asimismo, en la parte final del primer capítulo se plantea un esbozo general de la forma en que debe ampliarse la idea que se ha tenido sobre qué cuenta como conocimiento científico.

En el segundo capítulo se retoma la propuesta de Martínez (2003) para analizar la forma en que se componen las prácticas científicas. A partir del concepto de estructura heurística se examina cómo es que las prácticas que conforman la actividad científica se pueden entender si se asume que éstas están compuestas por estructuras heurísticas propias de cada tradición científica y que éstas estructuras implican una serie de normas implícitas en prácticas. El concepto de estructura heurística permite dar cuenta de la compleja organización de la actividad científica y de cómo se construyen los contextos en los que podemos decir que se genera conocimiento científico. Asimismo, ver la forma en que se presenta una dependencia epistémica respecto a los insumos materiales y tecnológicos, respecto a la capacidad de procesamiento de información de los individuos y de lo que se considera conocimiento por parte de las comunidades epistémicas pertinentes. El concepto de estructura heurística es el centro de la reflexión en este trabajo, ya que, me permitirá dar cuenta de la forma en que se desarrollan las prácticas científicas en la tradición experimental y de cómo se constituye el conocimiento en la ecología de campo.

En el último capítulo se presentan dos ejemplos que muestran la forma en que se desarrollan las prácticas de investigación de campo en ecología. En el primer ejemplo (sobre la evaluación de la termorregulación de los animales ectotermos) se muestra como esta



INTRODUCCIÓN

práctica está conformada por una estructura heurística compleja. Se analizan el conjunto de procedimientos heurísticos que integran a dicha estructura heurística los cuales se materializan en técnicas específicas. Se examina la manera en que este conjunto de técnicas se suman para crean y dar forma al fenómeno de estudio, a saber, la termorregulación de animales ectotermos. El segundo ejemplo (sobre la evaluación de la abundancia) es otra muestra de la forma en que se genera un fenómeno en la ecología de campo. Se analiza la estructura heurística que corresponde al estilo de trabaja que se desarrolla en la investigación de campo en la ecología, el cual responde a una estructura normativa de razonamientos que se han atrincherado históricamente en la comunidad de ecólogos.

A través de los ejemplos se espera mostrar que la investigación en la ecología de campo está integrada por estructuras heurísticas particulares (distintas a otras tradiciones experimentales). Conformadas por una serie de procedimientos heurísticos y que están integradas por un forma particular de razonamientos que responden a un tipo de normas epistémicas (explícitas e implícitas). Además, que el conocimiento en este tipo de tradiciones se genera al implementar ciertas prácticas en contextos particulares que tienen como objetivo principal la creación y estabilización de algún fenómeno.



PRIMER CAPÍTULO

LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA Y LA NORMATIVIDAD EPISTÉMICA

La filosofía de la ciencia en la primera mitad del siglo xx

El avance que se dio en la lógica moderna al inicio del siglo xx impulsó el desarrollo y consolidación de la filosofía analítica, la cual consideraba que la tarea principal de la filosofía era el análisis lógico de las proposiciones de la ciencia. Particularmente en la filosofía de la ciencia, los temas centrales de los trabajos analítico eran principalmente: la relación lógica entre la teoría y la evidencia, la explicación, la verificación, la reducción, etc., como lo afirma Carnap, “la filosofía será remplazada por la lógica de la ciencia, esto es, por el análisis lógico de los conceptos y los enunciados de la ciencia, porque la lógica, no es más que una sintáctica lógica del idioma de la ciencia” (Carnap, 1937:08).

Para la filosofía analítica el problema de la normatividad científica se centraba en las normas epistémicas¹: la fuerza normativa en la producción de los enunciados que son distintivos de la ciencia es producto de usar las reglas de la lógica o la probabilidad. De esta forma la normatividad epistémica de la ciencia se identificaba como la única fuente de normatividad válida, la cual se caracterizaba por ser *a priori*, universal, incorpórea y con un lenguaje privilegiado, el de la lógica. La ciencia es racional porque la justificación epistémica de sus razonamientos y métodos proviene de la construcción de los enunciados de la ciencia a través de las reglas lógicas.

El empleo de la lógica como elemento de validación epistémica fue impulsado desde la filosofía analítica por las dos siguientes razones. Por un lado, “las reglas lógicas se preocupan únicamente de la forma en que se relacionan las proposiciones empíricas y no tiene nada que ver con el contenido de éstas; y, por el otro, la justificación de las proposiciones analíticas no es una cuestión empírica” (Huang, 2008:41). El empleo de la lógica garantiza

¹ Se podría definir de manera muy general a una norma epistémica como aquello que indica cuándo está permitido (o prohibido) sostener una creencia o llevar a cabo una acción desde el punto de vista del conocimiento.



la validez epistémica de los enunciados de la ciencia y no tiene el problema de considerar ninguno de los elementos contextuales, históricos o sociales en la generación de conocimiento científico. Al ser esta normatividad universal y *a priori*, al tomar como única fuente de normatividad epistémica a las reglas universales de la lógica, el problema de la justificación racional de la ciencia sólo se reduce a un empleo adecuado de dichas reglas. Como Señala Huang (2008: 40): “Los filósofos analíticos no se preocuparon mucho por los estudios descriptivos de la ciencia, sino que se dedicaron a elaborar una teoría normativa que pudiera justificar el fundamento epistémico de las prácticas científicas y proporcionar criterios para la racionalidad científica”.

El problema de la racionalidad científica también encontraba una solución al fundamentarse en la aplicación de reglas universales. Para los positivistas lógicos la ciencia es el producto de procesos racionales (diferentes de las creencias metafísicas) porque los resultados del conocimiento científico pueden verificarse empíricamente, de tal forma que el objetivo de la filosofía de la ciencia residía en aclarar la estructura lógica del criterio de verificación (Huang, 2008:41). Su principal preocupación fue encontrar dicho criterio para justificar las proposiciones que genera la ciencia. Para el empirismo lógico había principios universales de aplicación de la racionalidad científica. Aunque ellos no apoyaron el criterio de verificación de los positivistas lógicos, asumían que era posible establecer criterios de confirmación, los cuales son analizables gracias a las reglas universales de la lógica. En suma, aunque estas dos corrientes filosóficas diferían en cuál era el mejor criterio para la evaluación de las proposiciones de la ciencia, concordaban en que la estructura normativa por excelencia implicaba el uso de las reglas de la lógica como estándar absoluto de justificación epistémica.

Algunas críticas a la filosofía analítica

En la segunda mitad del siglo xx, diferentes enfoques en filosofía, historia y sociología cuestionaron el modelo de normatividad epistémica planteado por la filosofía analítica. Estos dan cuenta de que el problema de la compleja normatividad de la ciencia no se restringe sólo a la estructura lógica del lenguaje científico. Desde la filosofía, el sustento de la propuesta de naturalización de la epistemología de la mano de Quine (1962) hace una crítica a la dicotomía entre lo analítico y lo sintético lo cual tiene como consecuencia el rechazo de una epistemología *a priori* y la separación de un proyecto epistemológico independiente de las ciencias empíricas. De acuerdo con Quine, cuando un esquema con-



ceptual se modifica, las reglas metodológicas que aparentemente están aisladas de la experiencia no están exentas de la revisión sobre la corrección de su aplicación, por lo que, es permisible que dejen de ser la base para la generación de conocimiento confiable. Cuando es revisada a la luz de la experiencia, cualquier norma epistémica que especifica las reglas de formación y revisión de las creencias es revocable.

Uno de los puntos centrales que defendía la filosofía analítica es que hay una brecha epistemológica fundamental entre el contexto de descubrimiento, es decir, los procesos de producción de conocimiento y el contexto de justificación, esto es, la evaluación epistémica de los productos finales de la ciencia: hipótesis o teorías. La filosofía de la ciencia debía preocuparse únicamente por develar la forma en que es posible justificar racionalmente el producto de las prácticas científicas y dejar a la historia, sociología y psicología los estudios de su generación. El giro historicista de la segunda mitad del siglo xx de la mano de Kuhn (1962), y los trabajos de Feyerabend (1975), Hanson (1958) entre otros, dejaron en claro que la evaluación y generación de las teorías en la ciencia no se puede dividir de manera arbitraria en dos contextos que claramente están relacionados. La justificación de las teorías por parte de los científicos está en gran medida determinada por el contexto histórico en el cual están inmersos. La elección de teorías con las cuales trabajan es también producto de un ambiente socio-histórico particular y no parece estar determinado por una metodología estricta. Y aun más importante, si se considera que los únicos principios de racionalidad son los definidos por la filosofía analítica, entonces, la mayoría de las actividades y formas en que los científicos justifican sus teorías no está de acuerdo con estos principios de racionalidad y, por tanto, la empresa científica no es racional. Como lo han mencionado los trabajos históricos, los científicos que proceden de diferentes tradiciones científicas comparten distintos valores epistémicos, reglas metodológicas y presuposiciones teóricas que dependen de contextos específicos y de situaciones históricas particulares. Por lo que la normatividad epistémica no es el único criterio para caracterizar la complejidad de la actividad científica, existen otros elementos tecnológicos, sociales y pragmáticos que determinan la estructura normativa y racional de la ciencia.

La posición de la sociología de la ciencia

La sociología de la ciencia del llamado programa fuerte, que nace a lo largo de la década de los 70's en la universidad de Edimburgo de la mano Barry Barnes y David Bloor como una crítica a la sociología del conocimiento tradicional, sostiene que: "la ciencia es una



actividad de seres humanos que actúan e interactúan y, por tanto, una actividad social. Su conocimiento, sus afirmaciones, sus técnicas han sido creados por seres humanos... por tanto, el conocimiento científico es esencialmente conocimiento social. Como una actividad social, la ciencia es claramente producto de una historia y de un proceso que ocurre en el tiempo y en el espacio y que involucra actos humanos” (Mendelsohn, 1977:3)². De acuerdo con esta posición, al ser la ciencia una actividad estrictamente social, el conocimiento científico está constituido a partir de los elementos sociales de los científicos en un momento histórico determinado, por tanto, no puede haber una suerte de normatividad universal que determine los elementos de juicio de los científicos en principio. Los criterios epistemológicos universales que defendía la filosofía analítica no son suficientes para explicar la posición que toman los científicos en un momento dado, es más, para la sociología del conocimiento científico del programa fuerte hacer un estudio serio de la ciencia implica desligarse de estudios de carácter epistemológico. Asumiendo que el objetivo de la epistemología es la justificación lógica de las proposiciones científicas, como afirma Woolgar (1988), “en principio, no hay nada en la propia lógica que pueda garantizar la aceptación de una proposición o una postura”. Si esto es así, entonces, la normatividad universal que pretendía la filosofía analítica a través del empleo del lenguaje lógico en la construcción de las proposiciones científicas como único elemento de justificación no es sostenible. Como se ha mencionado, hay elementos históricos y sociales sustantivos que conforman la empresa científica y, por lo cual, no es posible separar los contextos de generación del conocimiento de los procesos evaluativos.

La clara negativa de considerar los estudios filosóficos por parte de la sociología de la ciencia es sostenible si se asume la forma en que tradicionalmente se esgrimía el objeto de estudio de la epistemología, el cual no parece decir nada sobre la forma en que se construye la ciencia en su actividad constante.

Cada uno de los puntos arriba, ha revelado que la manera en que se había caracterizado el problema de evaluar la forma en que la ciencia conforma su conocimiento no puede sólo apelar a la justificación de estándares universales, incorpóreos y *a priori*. La discusión ha mostrado con la filosofía de la ciencia de la segunda mitad del siglo xx y la sociología de la ciencia que no hay una distinción tajante entre el contexto de justificación y contexto de

² En este trabajo no se asume la tesis central de este programa, la cual reduce la generación del conocimiento científico a procesos sociales. La referencia a esta posición en sociología de la ciencia sólo es para dar cuenta de la severa crítica al proyecto epistemológico de la filosofía analítica.



descubrimiento. La justificación epistémica del conocimiento está relacionada íntimamente con factores históricos y sociales.

Una alternativa al normativismo lógico.

Los distintos argumentos en contra de una normatividad epistémica basada en un lenguaje lógico universal y *a priori*, han dejado en claro que el problema de la normatividad no se resuelve apelando sólo a criterios que tienen qué ver con la estructura lógica de las proposiciones científicas. Si se pretende dar una respuesta más cercana a los criterios normativos que rigen la actividad científica es necesario hacer una revisión de otros elementos que forman parte de la compleja estructura normativa de la ciencia.

La primera crítica que se hace a la noción de normatividad clásica es que los seres humanos no funcionan en sus indagaciones cotidianas a través de este tipo de principios normativos. Sin embargo, podemos decir que hay algún tipo de marco normativo restringido por las capacidades cognitivas de los individuos; cuyas reglas de razonamiento no son siempre formales y dependen del contexto. Lo cual determina y delimita las acciones de las personas.

Distintos trabajos en psicología cognitiva a partir de la década de los 70's del siglo pasado han dejado en claro que los seres humanos al razonar en ciertas situaciones se desvían sistemáticamente de los principios normativos de razonamiento. Huang (2008) muestra los resultados de los trabajos realizados por Even, Newstead y Byrne (1993) para ver si los razonamientos intuitivos de las personas se ajustan a las reglas de la lógica para el condicional: De acuerdo con los experimentos realizados por estos investigadores, por un lado, hay una menor aceptación del *modus tollens* que del *modus ponens* en los razonamientos expresados con enunciados afirmativos, por otro lado, los sujetos manifiestan una tendencia a aceptar como válidos los argumentos que contienen conclusiones negativas. Estos trabajos han dejado en claro que los juicios de los sujetos no coinciden con las normas de la lógica, ya que la inferencia del *modus tollens* es lógicamente equivalente a la del *modus ponens* (Huang, 2008:47).



Uno de los experimento que más ha causado controversia es el de la elección de las tarjetas desarrollado por Peter Wason (1966)³. Lo que los sujetos deben resolver es lo siguiente: existen cuatro tarjetas, cada una contiene una letra en un lado y un número en el reverso, pero los sujetos sólo pueden ver una de las caras; hay una regla que se aplica a estas cuatro tarjetas que dice que si hay una A en un lado, hay un 4 en el reverso. Ahora bien, el problema es a cuál de las cuatro tarjetas que muestran “A” “M” “4” “7” se le debe dar vuelta para decidir si la regla es verdadera o falsa. De acuerdo con los principios de la lógica, la única posibilidad de que la regla en cuestión sea falsa es que el antecedente sea verdadero y el consecuente sea falso. Esto es, cuando una cara es “A” pero la otra no es “4”, y cuando una cara no es “4” pero la otra es “A”. De esta manera, “A” y “7” son las tarjetas que deben ser giradas. Sin embargo, en una típica versión de este experimento, sólo 5 % de los sujetos resuelven el problema de manera correcta (utilizando los principios de la lógica formal), 33% de ellos escoge “A” y 46 % selecciona “A” y “4” (Wason y Johnson-Laird 1972, p. 182; Stein 1996, p. 82)⁴. Por otra parte, Los trabajos de Tversky y Kahneman (1983) dan cuenta de cómo los seres humanos razonan desviándose de las reglas probabilísticas. Estos investigadores afirman que las personas suelen aplicar reglas heurísticas cuando emiten juicios probabilísticos. Los anteriores ejemplos de investigaciones y muchos otros en psicología cognitiva han mostrado que hay una desviación sistemática en los razonamientos de los seres humanos que se alejan de los principios de la lógica formal, lo cual se explica considerando que de hecho los individuos utilizan distintos elementos en sus razonamientos.

Con base en los ejemplos expuestos y algunos más Huang (2008) plantea tres conclusiones que se extraen sobre la forma en que los humanos razonan:

1. Para ser normativas, las reglas del razonamiento tiene que ser aplicables por seres humanos, cuyas capacidades cognitivas son limitadas.
2. No todas las reglas del razonamiento son formales.
3. La aplicación apropiada de las reglas del razonamiento depende de factores contextuales.

Lo anterior recalca varios aspectos importantes de la forma en que los seres humanos razonan. Primero, la cuestión filosófica de la racionalidad no se reduce sólo al análisis de la

³ Citado por Huang (2008)

⁴ Citados por Huang (2008)



estructura lógica o probabilística de las reglas de inferencia formal. La aplicación apropiada de cualquier regla de inferencia (no necesariamente formal) está determinada por diferentes factores psicológicos, pragmáticos, tecnológicos, socioculturales, etc., en contextos específicos, por lo que las reglas normativas de la lógica no constituyen el único origen de normatividad. Segundo, existen normas contextuales y heurísticas cuya aplicación y validez se evalúa a partir de los escenarios locales de su aplicación. Por lo tanto, es necesario hacer estudios empíricos para dar cuenta de los contextos en los cuales las diferentes normativas se emplean y no apelar a argumentos trascendentales para resolver el problema de la normatividad. Lo anterior puede servir, por ejemplo, para evaluar si una regla inferencial puede o no aplicarse en alguna situación, lo cual no significa que dicha regla sea errónea, sólo que no tienen fuerza normativa en ese contexto específico. De ésta forma, se asume que la mejor manera de dar cuenta del problema de la normatividad es considerar que el origen de la fuerza normativa viene de normas y estándares locales, corporales, muchas veces implícitos y establecidos de manera contextual.

En su trabajo *“Dos acercamientos al origen de la normatividad”*, Huang (2003) llama a este proyecto de normatividad *la imagen suave de la normatividad*. Resalta que en distintas posiciones se ha adoptado un giro importante con respecto a cómo se concibe el problema normativo en la ciencia. Distintos filósofos han argumentado que la aplicación de reglas metodológicas depende de factores en contextos específicos, por lo que no hay una suerte de aplicación universal de dichas reglas. Dentro de estos factores, los procesos cognitivos de los científicos delimitan en determinados contextos la aplicación de las reglas metodológicas. Desde una posición historicista, se ha sostenido que la justificación de la aplicación de determinada regla metodológica es un proceso histórico, en el cual se involucran los valores y objetivos concretos de los científicos en distintas situaciones y épocas. Para la sociología, los agentes sociales (personas, instituciones, condiciones económicas entre otros) afectan el establecimiento y aplicación de las reglas metodológicas en contextos sociales específicos. Además, se ha visto en estudios sobre el experimento y la tecnología que esta última desempeña un papel importante en el establecimiento de las estructuras normativas que dan cuerpo a la actividad experimental. Como lo hace notar Huang (2008:53), “no todas estas investigaciones comparten los mismos presupuestos teóricos ni una imagen contextual única de la racionalidad, sin embargo, desde diferentes perspectivas nos hacen ver que existen diferentes factores contextuales que son muy significativos para especificar la aplicación correcta de los principios normativos del razonamiento científico”.



Siguiendo la propuesta de Hacking (1983) es necesario tomar nuevas líneas de investigación que tengan como punto de partida la *intervención* para explicar la práctica científica. De acuerdo con él, en distintos estudios sobre la experimentación se ha visto que las prácticas científicas son racionales en el sentido de que las normas y estándares que las dirigen están determinados por la interacción entre los datos experimentales, los instrumentos y las presuposiciones teóricas. De la misma forma, Franklin (1990) afirma que es posible dar cuenta de una epistemología de la experimentación que se basa en las reglas experimentales, por medio de las cuales, los científicos distinguen los datos de los artefactos. La idea de que la racionalidad científica no se basa exclusivamente en las reglas abstractas del razonamiento ya fue expuesta por Polanyi (1957), el cual sostiene que mucha de la normatividad de las prácticas científicas es de tipo implícito, para explicarlas es necesario especificar los contextos en los cuales su aplicación es posible.

Cabe mencionar por último que esta imagen suave de la normatividad en la ciencia no asume que las normas desprendibles de la lógica formal no sean de utilidad en ciertos contextos, lo que afirman es que no es la única fuente de normatividad en la ciencia. Lo que sostiene la imagen suave de la normatividad es que “las reglas explícitas solas no son suficientes para establecer la racionalidad científica y que dicha racionalidad también tiene que ver con factores contextuales, incluso normas implícitas, que configuran un contexto específico en el que la aplicación de determinadas reglas explícitas es adecuada” (Huang, 2008:55). De tal forma que un proyecto que pretenda explicar la estructura de la normatividad de la ciencia debe examinar en qué sentido esta normatividad se relaciona con la forma en que se construye la actividad científica y de qué manera se corporiza en prácticas científicas.

La filosofía de las prácticas científicas y el conocimiento.

La filosofía analítica había considerado que lo único importante para el análisis filosófico era la estructura lógica de los productos de la ciencia, es decir, las hipótesis o teorías que emanan del trabajo científico y la elección racional (de acuerdo a los estándares lógicos). Pero como se ha mencionado, la mejor manera de dar una respuesta más amplia a la forma en que la ciencia genera conocimiento es analizar el conjunto de prácticas que la constituyen. En este sentido, una filosofía de las prácticas científicas debe desarrollarse como un análisis filosófico de la dinámica y estructura de la compleja actividad científica. Explo-



rando los distintos estudios empíricos que han proliferado en los últimos tiempos y que han destacado en su reflexión el quehacer científico. Por lo tanto, para la filosofía de las prácticas científicas el problema filosófico central supone el análisis de la generación, estabilización, mantenimiento y diversificación de prácticas científicas en contextos específicos y con una estructura epistémica particular (con normas implícitas o explícitas en prácticas), todo lo cual, conduce necesariamente a reformular la noción de conocimiento que se ha desarrollado tradicionalmente.

La definición clásica de conocimiento dice que es una creencia verdadera justificada (Dancy, 1993:39); según la teoría de la ciencia es un conjunto de creencias resultado de un cierto método que nos lleva de observaciones a teorías. Estas nociones sobre la naturaleza del conocimiento parecían pertinentes para la epistemología tradicional. Sin embargo, para un proyecto epistemológico que tome como centro de su análisis a las prácticas esta definición de lo que cuenta como conocimiento es pobre y deja fuera del análisis filosófico muchos de los contextos prácticos que constituyen a la empresa científica. Como afirma Martínez (2003:22): “La epistemología de la ciencia tiene que dar cuenta de la forma en que crece el conocimiento científico-técnico, esto va a depender de lo que entendamos por conocimiento.” La filosofía de las prácticas científicas ha cambiado la manera en que se había concebido tradicionalmente el conocimiento. Hoy en día, como lo menciona Martínez (2003:22), distintos estudios sobre la ciencia dejan en claro que:

La construcción del conocimiento científico es en gran medida una construcción de situaciones con cierta estabilidad que permiten la generación, el mantenimiento y la diversificación de prácticas. La estabilidad en cuestión es relativa a un conjunto interrelacionado de técnicas, conceptos, patrones de inferencia y explicaciones que permiten la predicción o manipulación confiable de objetos, conceptos y procesos en el ámbito de esas prácticas.

Es a través de analizar éstas prácticas, las cuales se generan en contextos particulares, que podemos entender la construcción de conocimiento como la producción de situaciones en que se generan fenómenos delineados por un conjunto de prácticas. “Los experimentos se dan en un tipo de contexto o situación que muchas prácticas nos ayudan a delimitar... un experimento forma parte de una situación o contexto epistémico en la medida en que prácticas del manejo de instrumentos, prácticas relacionadas con el manejo confiable de modelos matemáticos, métodos de aproximación, etc., confluyen en la determinación de un resultado estable y epistémicamente significativo” (Martínez, 2003:22). Por supuesto,



cada tradición científica y particularmente cada tradición experimental⁵ produce su conocimiento de formas distinta, con diferentes tipos de prácticas en contextos particulares de acuerdo a los fines epistémicos de cada una.

Es a partir de un proyecto epistemológico como el descrito y de esta forma de concebir el conocimiento científico que la filosofía de las prácticas científicas adquiere su propia dimensión de problemas y reformula muchos de los que tradicionalmente se habían desarrollado. Es a partir de la reflexión sobre las distintas y variadas actividades que conforman el trabajo científico que se puede tener una mejor imagen de la dinámica y estructura que sigue la empresa científica en sus múltiples variantes. Para dar una muestra de la forma en que la filosofía de las prácticas científicas puede generar una explicación distinta de la ciencia, en el presente trabajo se analiza la forma en que se constituye el conocimiento científico en la investigación de campo en ecología.

⁵ Esta idea de tradición científica y particularmente la de tradición experimental se desarrollará mejor en el próximo capítulo.



SEGUNDO CAPÍTULO

PRÁCTICAS CIENTÍFICAS, ESTRUCTURAS HEURÍSTICAS Y TRADICIONES CIENTÍFICAS

En el presente capítulo se retoma una propuesta en filosofía de las prácticas científicas que ha desarrollado Sergio Martínez (2003) para ver la forma en que se genera el conocimiento científico a partir de analizar las prácticas que conforman la actividad científica. Particularmente se retoma el concepto de estructura heurística. A partir de este se dará cuenta de la forma en que se estructuran las prácticas científicas y cómo diferentes tipos de prácticas son distintivas de cada tradición científica. Por lo tanto, se analizará qué es una estructura heurística; cómo estas estructuras son constitutivas de las prácticas que se desarrollan en la ciencia y de qué forma cada tradición científica despliega diferentes prácticas que las hace distintivas y particulares. El concepto de estructura heurística me permitirá analizar en el próximo capítulo dos ejemplos de investigación de campo que se desarrollan en la ecología y mostrar que esta práctica se conforma por estructuras heurísticas propias de esta disciplina.

Las estructuras heurísticas

Uno de los objetivos principales de la filosofía de las prácticas científicas es indagar la forma en que se componen y estructuran las prácticas que conforma la compleja y diversa actividad científica, para dar una respuesta filosóficamente interesante a la forma en que se construyen las situaciones generativas de conocimiento científico. Una propuesta que busca develar la naturaleza de estas prácticas y ver cómo a partir de cierta estructura particular se da forma a la producción de conocimiento es la desarrollada por Martínez (2003). Para él, las estructuras heurísticas son estructuras particulares de razonamiento las cuales se articulan en prácticas científicas, que a su vez conforman tradiciones (Martínez, 2003:7).

De acuerdo con Martínez (2003:97) una estructura heurística es: una colección de procedimientos heurísticos, funcionalmente relacionados y organizados de manera jerárquica alrededor de la tarea de resolver un determinado tipo de problema, integrados en una estructura normativa (por lo menos en parte) implícita en un conjunto de prácticas que



tiene coherencia funcional. La organización de los diferentes procedimientos se da a través de las prácticas científicas de las cuales forma parte.

Los procedimientos heurísticos o reglas heurísticas a los que hace referencia la definición tienen dos particularidades que los distinguen de la idea que generalmente se maneja sobre heurística. Primero, los procedimientos heurísticos se distinguen del concepto común de regla heurística empleado en la ciencia y la filosofía –que caracterizan a una heurística como ayuda para la resolución de problemas considerando las limitaciones de memoria y capacidad de computación de los individuos–, porque se trata de una estructura con carga normativa que no puede caracterizarse en términos de algoritmos. Como señala Martínez (2003:24) “Los procedimientos heurísticos se articulan y adquieren su fuerza normativa en la medida en que se articulan en prácticas de muy diversos tipos que promueven valores (con dimensiones epistémicas y no epistémicas)”. Segundo, los procedimientos heurísticos que conforman a esta estructura son un sistema de instrucciones o métodos en contextos particulares para buscar soluciones a un determinado problema. Igual que cualquier heurística estos procedimientos no garantizan una respuesta correcta. A diferencia de un algoritmo, los procedimientos heurísticos están de manera importante constreñidos por los *aspectos materiales* de su ejecución, los algoritmos no dependen para su implementación de aspectos materiales. Cuando aplicamos adecuadamente a un problema un algoritmo nos lleva a respuestas correctas, un procedimiento heurístico no necesariamente. Martínez (2003:94) hace referencia a los procedimientos heurísticos como reglas cuya individualización y/o aplicación dependa de su *implementación material*, y esa implementación genere un sesgo distintivo de la heurística.

De esta forma, las estructuras heurísticas “son el andamiaje sobre el cual se construyen muchos de los contextos en los que podemos generar inferencias confiables (de cierto tipo), tomando en cuenta el horizonte normativo propio de una situación compleja de dependencia epistémica. Dicha dependencia se da con respecto a lo que consideran conocimiento otros agentes, con respecto a los medios materiales (instrumentos, por ejemplo), así como con respecto a las limitaciones de tiempo y capacidad de procesamiento de información que tenemos en una situación dada” (Martínez, 2003:6). La manera en que las estructuras heurísticas se articulan a través de prácticas científicas permite considerar el horizonte normativo propio de una situación de dependencia epistémica que da forma a las estructuras heurísticas. Por lo que es necesario decir algo respecto a la dependencia



epistémica; ya que es por medio de este concepto que las normas implícitas en prácticas científicas pueden verse tanto como una experiencia personal así como un fenómeno social.

Las diferentes tradiciones científicas caracterizan de forma distinta sus fines epistémicos, la objetividad y el progreso. Lo que se considera conocimiento “adecuado” por parte de una comunidad epistémica es justamente los resultados de la implementación de ciertas prácticas científicas de acuerdo a los estándares epistémicos (normas implícitas y explícitas en prácticas) de la tradición científica en la cual se despliegan estas prácticas. Tomando en cuenta que la conformación del conocimiento científico es en gran medida una construcción de situaciones estables dentro de contextos particulares que se estructuran en prácticas científicas. Si el conocimiento es *construido* a través de estas prácticas es considerado *buen* conocimiento. Hay distintos elementos determinantes para que el desarrollo de una práctica científica sea considerada *buen* conocimiento: la utilización de ciertas metodologías (particulares para cada tipo de investigación, que implican una serie de técnicas con cierta estructura funcional) que han sido construidas históricamente a través del trabajo empírico, la autoridad del investigador que las desarrolla (con lo cual se confía en sus habilidades para elaborar prácticas pertinentes), la implementación correcta de los estándares y normas básicos de investigación, la aceptabilidad de dicho trabajo por la comunidad científica, etc.

Los medios materiales y su implementación determinan una situación o un contexto epistémico en la medida en que el manejo de instrumentos, el manejo de modelos estadísticos (matemáticos), métodos de recolección de información, etc., confluyen en la determinación de una serie de resultados estables y epistémicamente significativos. La dependencia epistémica se da (por lo menos en las tradiciones experimentales) respecto de los insumos materiales y tecnológicos con los cuales se crean los fenómenos a estudiar. De alguna forma los medios materiales constriñen y dan estructura a los fenómenos para estabilizarlos y particularizarlos generando un contexto corporizado normativo propio de la actividad científica. Esta estructura normativa generalmente está implícita en las estructuras heurísticas que dan forma a las prácticas experimentales.

Es indiscutible que las limitaciones de tiempo y capacidad de procesamiento de información que tiene un agente en una situación dada son un factor de constreñimiento. Esto



puede ser flexible dependiendo de los tipos de valoraciones que se hagan y los medios materiales y tecnológicos con los que se cuente. En este sentido, las capacidades de procesamiento de información están fuertemente ligadas a los contextos en que se generan y las herramientas tecnológicas que se utilizan.

Las tradiciones científicas

En este apartado se desglosará en qué sentido se entiende lo que es una tradición científica. De manera puntual se especificarán las características de las tradiciones experimentales y cuáles son las particularidades que las distinguen de otras.

Para hablar de las diferentes tradiciones se apela a la tesis que ha desarrollado Martínez en su libro *La geografía de las prácticas científicas*. De acuerdo con él, una tradición científica “es una manera de plantearse problemas, generar explicaciones y en general producir conocimiento a partir de ciertas prácticas distintivas de la tradición. Estas prácticas explotan recursos cognitivos y sociológicos de una manera estable y característica de la tradición en cuestión” (Martínez, 2003:118). Esta noción de tradición científica recalca que históricamente han existido formas de trabajo en la ciencia bien definidas las cuales explotan los recursos epistémicos socialmente disponibles. El objeto de Martínez es hacer ver que las tradiciones científicas tiene una autonomía epistémica significativa que las distingue a cada una⁶. Mi objetivo es más modesto, sólo establecer de forma general en qué sentido estas tradiciones trabajan de forma distinta en la conformación de sus explicaciones y del conocimiento que generan. Sin embargo, en el fondo estoy asumiendo que existe dicha autonomía ya que la manera en que pretendo distinguir las diferentes formas de trabajar de cada tradición es que se asume que hay una diferencia en los recursos epistémicos que emplean.

Sin entrar en los pormenores que hacen distintivas a las tradiciones, sólo haré referencia a grandes rasgos de los elementos principales que las caracterizan. Se pueden dividir principalmente en tres: tradiciones teórico-matemáticas, historicistas y experimentales. Tomando en cuenta que la diferencia principal que existe entre ellas es el uso distinto que históricamente han hecho de los recursos epistémicos.

⁶ No pretendo profundizar en el argumento que desarrolla Martínez respecto de la autonomía ya que sale del objetivo del presente trabajo.



En la tradición teórico-matemática “el razonamiento es, o trata de ser, deductivo (matemático) mediante la estructuración axiomática o en términos de modelos matemáticos que permiten generar inferencias inductivas acerca de lo que se considera que es el caso” (Martínez, 2003: 118). El punto central de esta tradición consiste en la construcción de modelos teóricos lo más simples e informativos a través de reglas de inferencia universal (las cuales son independientes del contenido de los juicios) que permitan una cuantificación teórica para contrastar dichas teorías con los resultados de los experimentos. Lo distintivo de esta tradición es el uso de los razonamientos deductivos en la formulación de sus problemas metodológicos y en el uso de patrones de explicación por leyes (Martínez, 2003: 118-119).

Las tradiciones históricas tienen como objeto explicar y entender en principio procesos (que a su vez conforman “estados” temporalmente ordenados). El concepto de estado en esta tradición depende de la caracterización específica de los tipos de procesos que a la tradición le interesa explicar. No voy a ahondar más en este punto. Martínez (2003) desarrolla un argumento a partir de una serie de ejemplos en la biología donde hace ver que hay distintas formas válidas de explicar los procesos evolutivos que se desprenden de cada una de las tradiciones. Sin embargo, son diferentes. Argumenta que la forma en que se generan las explicaciones en términos de *origen* en las tradiciones históricas y en términos de *leyes* en la tradición teórica deja en claro la autonomía de las tradiciones con lo cual no se pueden reducir una a otra. Además que ambos tipos de explicaciones son importantes en la ciencia ya que desempeñan un papel importante en los distintos contextos científicos.

La tradición experimental es de interés primordial ya que justamente este trabajo quiere hacer ver que las prácticas de investigación de campo en ecología pueden verse como un tipo particular de tradición experimental. Para Martínez (2003) la finalidad epistemológica principal de las tradiciones experimentales es la “construcción” y estabilización de fenómenos. Discutiré más adelante que estoy de acuerdo en lo general con esta afirmación, sin embargo, no me parece muy adecuada la connotación que queda implícita al usar los términos de “construcción y/o producción”.



Uno de los primeros filósofos que enfatiza la importancia en la filosofía de la ciencia del concepto de fenómeno es Ian Hacking (1983). Para Hacking el fenómeno es un elemento principal de una historiografía de las tradiciones experimentales. Los fenómenos tienen una estabilidad propia independiente de las teorías alternativas que pueden describirlos. A través de ejemplos como el de Michelson y Morley⁷ en la física muestra que las tradiciones experimentales tienen una dinámica independiente de las tradiciones teóricas, que la creación de fenómenos es algo que perdura porque se manipula para la generación de otros fenómenos como el efecto fotoeléctrico o el rayo láser. Como lo menciona, “la física del futuro puede dejar de creer en la existencia de los electrones, pero el efecto fotoeléctrico está aquí para quedarse” (Hacking, 1996). Para Hacking la estabilización de los fenómenos es producto de su *manipulabilidad*⁸, sin embargo, esto no es tan claro en sentido estricto para otras disciplinas como la ecología de campo, la paleontología o la geología donde la manipulabilidad es, cuando mucho, indirecta (Martínez, 2003:123). No obstante, los límites de lo que cuenta como fenómeno no son del todo claros por lo que es posible caracterizar otro tipo de fenómenos que no se distinguen sólo por su manipulabilidad. Martínez en su libro *La geografía de las prácticas científicas* (2003:123) en una nota a pie de página recalca otro elemento que me parece importante señalar respecto de la estabilización de los fenómenos:

Un aspecto importante del concepto de estabilización de fenómenos es que involucra siempre la *localización* de un mecanismo. Esta localización consiste en la identificación-construcción de un patrón de relación causa-efecto que permite explicar el fenómeno en términos de sus partes, y sugerir fenómenos adicionales que vayan delineando un nivel de organización. Un nivel de organización es un complejo de fenómenos con interacciones más fuertes entre sí que con sistemas que consideramos fuera del nivel de organización.

⁷ El experimento de Michelson y Morley que cita Hacking en su libro es el desarrollado por estos investigadores en 1887. El experimento tiene el objetivo de medir el movimiento de la Tierra relativo al éter, independientemente de cualquier teoría. Hacking discute la interpretación de Lakatos, donde este último afirma que Michelson pretendía probar las teorías contradictorias de Fresnel y Stokes acerca de la influencia del movimiento de la Tierra en el éter. Hacking afirma que las motivaciones de los trabajos de Michelson (el experimentador) no pretendían refutar o probar alguna teoría en particular, sólo “ver” el fenómeno del éter. (Hacking, 1996)

⁸ En su libro del 1983, Hacking hace referencia en la mayoría de los ejemplos a los fenómenos que se crean en la Física, por lo que, me parece que la idea de que los fenómenos se distinguen por su manipulabilidad está en resonancia con dicha disciplina. Lo que no quiere decir que así sea para otras disciplinas, como la ecología de campo.



Otro aspecto que distingue a los fenómenos en la tradición experimental aparte del hecho de ser autónomos con respecto a las teorías que los pueden describir, es que estos son “construcciones” y/o “producciones”⁹, “Decir que un fenómeno es una construcción o una producción quiere decir, en primer lugar, que no puede explicarse meramente como resultado de la determinación de las condiciones iniciales apropiadas para la generación de regularidades que constituyen ejemplificaciones de leyes universales de la naturaleza” (Martínez, 2003:123). Me parece que la idea de que un fenómeno es construido y/o producido le da una connotación de manufactura a los fenómenos y, como lo afirma Martínez, hace más explícito el aspecto económico de su producción. Sin embargo, considero que al decir que un fenómeno es producido implícitamente pareciera dejar fuera de los elementos que los constituyen a los constreñimientos materiales del mundo, los cuales son elementos centrales en la creación de fenómenos. Decir que “un fenómeno es producido” da un peso central a los procesos de manufactura y todo lo que ello implica en la generación de fenómenos dejando de lado otros elementos por fuera de los aspectos sociales que confluyen en la creación de cualquier fenómeno. Con lo anterior no pretendo mostrar que la posición de Martínez es un tipo de constructivismo, él mismo prefiere usar el término “producción” para evitar las connotaciones y ambigüedades asociadas con el término “construcción” utilizado ampliamente en la sociología de la ciencia. Sólo me parece que el término “producción” como lo utiliza Martínez no considera los aspectos materiales del mundo en la generación de cualquier fenómeno.

Los fenómenos que son creados lo son porque emergen al confluir un conjunto de prácticas que se suman para generarlos, las cuales incluyen en su conjunto prácticas de manejo de instrumentos, prácticas de medición, de observación, prácticas de modelaje, etc., y su manufactura, además de los constreñimientos materiales del mundo exterior en contextos particulares que sirven para generar el fenómeno. Por lo tanto, me parece más acertado decir que los fenómenos se crean, no que se producen (sin por ello menospreciar los aspectos sociales y de manufactura en su generación). En este sentido, considero acertada la observación de Hacking respecto de la creación de fenómenos, en su libro *Scientific Reason* (2009) afirma que el estilo de laboratorio que cristalizó en el siglo xvii se caracteri-

⁹ Martínez prefiere el término “producción” para evitar la connotación del concepto de “construcción” que es asociado con la sociología de la ciencia donde se ve a la construcción sólo en términos sociales, además, según él, el concepto de “producción” denota un aspecto económico de la generación de fenómenos que cree importante recalcar.



za por la *construcción* de aparatos para *crear* fenómenos o, mejor dicho, para *purificarlos* y/o *darnos cuenta* de ellos. Asumiendo lo dicho por Hacking diríamos que lo que se *construye* son aparatos, instrumentos tecnológicos sin los cuales no podríamos crear dichos fenómenos. En este sentido espero que quede claro que lo que se *construye* son aparatos, tecnología, lo que se *crea* a partir de estos aparatos y tecnología son fenómenos. Otro punto importante a resaltar es que aún con dichos aparatos y toda la tecnología que se utilice hay factores externos (materiales) propios del objeto de estudio de cualquier actividad científica que constriñen la creación de los fenómenos.

Para ejemplificar la creación de fenómenos en el tercer capítulo se describen dos prácticas de investigación en ecología donde se crean los fenómenos de termorregulación y la densidad de población en una comunidad. Otros ejemplos de creación de fenómenos son la determinación del DNA satélite¹⁰, la secuenciación de aminoácidos¹¹, la determinación de la actividad de forrajeo en reptiles, la creación de refracción negativa a través de la construcción de metamateriales¹² con propiedades ópticas especiales (Pendry and Smih, 2004; Veselago, 1968) y los ejemplo siguen.

Los fenómenos también se *atrincheran*, es decir, se incorporan en la producción de otros fenómenos. De acuerdo con Rheinberger (1997b), hay dos tipos de objetos distinguibles, pero inseparables con los cuales se desarrolla la actividad científica: los objetos técnicos y los objetos epistémicos. Los primeros son los productos inmóviles de la primera actividad epistémica, son las condiciones experimentales a través de las cuales se construyen los nuevos fenómenos a estudiar; los segundos son los objetos cuya opacidad (o desconocimiento) los hace interesantes elementos de investigación, son entidades materiales o procesos que constituyen el objeto de investigación que están en una frontera difusa entre lo que se conoce y se acepta como establecido y lo que no. “Las condiciones técnicas deter-

¹⁰ Suárez (2008) desarrolla este ejemplo de manera más detallada. Muestra el atrincheramiento de esta técnica en la nascente disciplina de la evolución molecular.

¹¹ Martínez (1997) habla de la estructura heurística que está de fondo en la producción de este fenómeno en la biología molecular.

¹² Los metamateriales son materiales contruidos artificialmente cuya estructura está diseñada para que sus propiedades electromagnéticas sean superiores a la de los materiales conocidos de tal forma que puedan generar refracción negativa (Pendry and Smih, 2004; Veselago, 1968).



minan el ámbito de las posibles representaciones de un objeto epistémico¹³: y objetos epistémicos suficientemente estabilizados llegan a formar parte del repertorio técnico de un arreglo experimental” (Rheinberger, 1997b). En este sentido, cabe recalcar que la incorporación de los fenómenos tiene lugar en la aplicación de tecnologías, así como en los modelos teóricos a los que da lugar.

En las tradiciones experimentales cada vez se utilizan con mayor frecuencia modelos matemáticos y simulaciones en computadora, los cuales se emplean como herramientas para identificar regularidades que a su vez se utilizan para la producción y estabilización de fenómenos, a diferencia las tradiciones teóricas que generan estos modelos como parte de la generación de una estructura teórica (Martínez, 2003:124).

Las tradiciones experimentales se distinguen por la creación y estabilización de fenómenos, lo que a su vez produce estándares y normas ligadas a la actividad experimental. Estos dos objetivos se constituyen mutuamente; del primero de ellos se siguen criterios de selección de técnicas experimentales que permitan la creación y estabilización de un determinado fenómeno según los fines de cada comunidad alrededor del o los programas que promueva alguna tradición experimental. Del segundo se desprende la caracterización del mecanismo de seguimiento de los ambientes donde se construyen los experimentos. En este sentido cabría caracterizar al experimento como “cualquier actividad dirigida a la producción de efectos técnicos o fenómenos que pueden describirse como parte de una búsqueda de predicción o control en un determinado ambiente” (Martínez, 2003:153). La referencia a un ambiente en esta definición tiene como objeto hacer ver que la predicción y el control dependen de mecanismos causales que se pueden aislar de manera relativa en un contexto y que no pueden ser caracterizados fácilmente por *leyes* de la naturaleza. Las técnicas experimentales por su parte se pueden caracterizar como procedimientos heurísticos que tienen siempre un referente material concreto, la base material de la técnica, que es parte del proceso causal que culmina en la creación de fenómenos (Martínez, 1997).

¹³ Cuando Rheinberger habla de *objeto epistémico* se refiere a entidades materiales o procesos que constituyen el objeto de investigación, son la cosa a definir.



Un punto que me interesa resaltar aquí es que la defensa que hace Martínez de la autonomía de las tradiciones científicas tiene como uno de sus objetivos principales mostrar que ésta se da a nivel de las comunidades con fines y normas de razonamiento articuladas socialmente (en particular normas de dependencia epistémica), cuya evolución constituye tradiciones (Martínez, 2003:127). Cualquier estudio que pretenda dar cuenta de la ciencia no puede evitar el problema de la normatividad. Me parece evidente que la ciencia con toda su diversidad de disciplinas, métodos y formas de concebir el conocimiento, es una actividad altamente regulada, en cualquiera de sus dimensiones hay siempre aspectos normativos que la determina, de diferentes tipos, incluyendo normas epistémicas. Si como se ha presentado en este trabajo, las estructuras heurísticas implican un marco normativo propio de cada contexto en los cuales se generan distintas prácticas científicas, será importante ver cómo se origina esta normatividad epistémica en dichas estructuras.

La generación de estándares y normas en las tradiciones experimentales son compartidos hasta cierto punto por una comunidad¹⁴. Estos estándares y normas se articulan en prácticas, los cuales terminan muchas veces siendo parte de desarrollos tecnológicos. Al formar parte de la creación de fenómenos y dar cabida a su estabilización en determinadas prácticas, adquieren un papel central en los procesos de producción de conocimiento. Cabe señalar que hay una diferencia entre estándares y normas, la cual no es tajante sólo de grado; los primeros predominantemente se corporizan en dispositivos tecnológicos, mientras que las segundas lo hacen generalmente en relaciones sociales específicas. Martínez (2003) nos da el ejemplo de un semáforo como un medio material que permite el despliegue de normas para la conducción de vehículos y de un metro como un estándar de medida que depende de lo que socialmente se ha determinado que sería la forma de medir de forma normal la longitud.

Es importante resaltar que muchos de los estándares y normas epistémicas están implícitos en las prácticas científicas de acuerdo con los fines epistémicos de cada comunidad. El que algunas normas estén implícitas hace referencia a un cierto 'saber cómo' (sugerido

¹⁴ Como afirma Martínez (2003:141) "Dentro de las comunidades de científicos se dan directrices o imperativos propios de cada comunidad que forman parte de alguna tradición, precisamente por el hecho de mantener con *continuidad histórica* ciertos estándares (que pueden ir cambiando lentamente) en relación con la consecución de sus fines epistémicos".



por Brandom, 1994)¹⁵ el cual refiere el poseer una habilidad que permita distinguir entre “formas correctas e incorrectas de hacer las cosas” (King, 2008). El ‘saber cómo’ atañe a un tipo de acciones normadas, de tal forma que subyacen de este tipo particular de saber una acción que corresponde a ciertas normas explícitas, pero, más importante a normas implícitas dentro de ciertas habilidades o destrezas que se adquieren con la práctica, con la repetición constante de la acción que permite la apropiación de la habilidad. En este sentido, el ‘saber cómo’ no se puede reducir a un ‘saber qué’ explícito. En la ciencia se gesta una relación estrecha entre prácticas epistémicas y los estándares epistémicos implícitos en dichas prácticas epistémicas. Como lo señala King (2008) en relación a lo que define como una “institución epistémica” las cuales son “complejos socialmente estructurados constituidos en parte por estándares epistémicos (explícitos e implícitos) y cuyas instancias se manifiestan en las acciones pertinentes de un agente o grupo de agentes epistémicos orientados a un fin epistémico”.

En las tradiciones experimentales se despliegan una serie de estándares explícitos vinculados generalmente con la implementación de ciertos instrumentos o técnicas (como la de medición). Sin embargo, el otro lado de la moneda normativa está relacionado con ciertas normas implícitas en las prácticas que subyacen en las habilidades o destrezas en la implementación de ciertas técnicas o en la manipulación de ciertos aparatos. No es suficiente con leer el instructivo de un instrumento o conocer las reglas de una determinada técnica; es necesario adquirir cierta destreza por medio del aprendizaje a través de la observación de la ejecución por parte de un experto y/o el enfrentarse directamente con la práctica para obtener cierta habilidad que de otra forma no sería posible.

Para dar cuenta de la manera en que las estructuras heurísticas dan forma a la producción de ciertas prácticas científicas que constituyen distintas tradiciones, en el siguiente capítulo se verá el modo en que la investigación de campo en ecología se constituye como un tipo de práctica experimental, cómo se crean los fenómenos a estudiar en esta disciplina a partir de la integración de distintos procedimientos heurísticos que dan forma y estructura a la práctica de investigación de campo.

¹⁵ Citado por King (2008)



TERCER CAPITULO

UN EJEMPLO DE PRÁCTICA CIENTÍFICA, LA ECOLOGÍA DE CAMPO

Ejemplos de prácticas experimentales en la investigación de campo en ecología

En el presente apartado se desarrollarán algunos ejemplos de prácticas de investigación de campo empleadas por la ecología. Las cuales permitirán dar cuenta de las estructuras heurísticas que conforman a las distintas prácticas que integran a la investigación en la ecología de campo. El primer ejemplo es la descripción de un protocolo de investigación en ecología para evaluar la actividad termorregulativa¹⁶ de organismos ectotermos¹⁷. Al analizar las distintas técnicas que integran al protocolo se verá que está confirmado por una estructura heurística propia de la investigación en ecología. Se observará que las técnicas están relacionadas de una forma compleja y que su implementación depende de los insumos materiales y tecnológicos con los que se cuente, además de la habilidad de los investigadores para reconocer los factores que dan forma a la termorregulación de los organismos ectotermos. Se observará que el protocolo implica en su primera etapa la implementación de algún tipo particular de técnica para medir la abundancia de la población de estudio. Esto dará paso al segundo ejemplo, el cual describe la forma que se puede evaluar la abundancia de cualquier población de animales o plantas. Lo que conlleva a la implementación de diferentes técnicas, es decir, la evaluación de la abundancia también está conformada por una compleja estructura heurística, el segundo ejemplo muestra la forma el que se implementan distintas técnicas para conocer la cantidad de organismos en un área determinada.

¹⁶ La termorregulación se puede definir como la regulación de la temperatura corporal que un organismo efectúa la cual comprende adaptaciones fisiológicas y/o de comportamiento para alterar la cantidad de calor corporal y de esa forma, mantener tan cercana como sea posible la temperatura corporal al punto óptimo dentro de los estreñimientos fisiológicos dados de los organismos y los estreñimientos físicos de su medio ambiente (Jorgensen, 2008).

¹⁷ Los ectotermos son organismos que requieren de una fuente externa de energía para regular su temperatura y llevar a cabo todos sus procesos metabólicos. (Allaby, 1998)



Técnica para la evaluación de la termorregulación¹⁸ en organismos ectotérmicos¹⁹

Para evaluar la termorregulación de organismos ectotérmicos es necesario obtener tres clases de datos: la temperatura corporal T_b , una temperatura operativa nula T_0 y una temperatura de selección T_{set} . Estos tres datos se obtienen a partir de implementar un conjunto de distintas técnicas. La temperatura corporal T_b , se puede obtener a partir de dos técnicas diferentes: por radiotelemetría o se toma la temperatura directamente a los individuos. Ambas técnicas han mostrado ser equivalentes (en un sentido estadístico) y adecuadas para conocer la temperatura corporal de animales ectotérmicos. La temperatura operativa nula T_0 se puede obtener por dos medios: a través de un análisis micrometeorológico de sitios usados (los espacios donde regulan su temperatura) por los organismos ectotermos y los datos anatómicos en la solución de ecuaciones biofísicas complejas o, midiendo la T_0 directamente en los sitios donde habitan los organismos ectotérmicos. Lo anterior se consigue utilizando modelos de metal hueco o plástico de los animales a estudiar que se colocan en los microhábitats²⁰ donde se ha observado que los ectotermos realizan sus actividades²¹. Para tener una muestra representativa de las T_0 es necesario seleccionar una muestra aleatoria de microsítios dentro del hábitat del animal. Si se considera que cada hábitat es térmicamente complejo y que son múltiples los microsítios de actividad de los ectotermos, la cantidad de modelos que se empleen será amplia. Los modelos deben ser colocados en los hábitats con considerable sensibilidad a la historia natural de los organismos. Para evaluar la temperatura de selección T_{set} , dentro de un laboratorio en condiciones controladas se implementa un instrumento donde se generen un gradiente térmico para ver la preferencia de los organismos a una determinada temperatura, a través de dicho gradiente y con una muestra adecuada de organismos se puede estimar la preferencia de temperatura.

¹⁸ La evaluación de la termorregulación de distintos organismos generalmente se emplean en estudios ecológicos más amplios, para ver la relación de esta con otros factores ambientales que determinan la ecología de cada organismo y/o determinar como el medio ambiente influye en la conducta y/o procesos fisiológicos de los animales termorreguladores.

¹⁹ Esta técnica es extraída del trabajo de Hertz P. E., *et al.* (1993)

²⁰ El microhábitat es el espacio donde se encuentra con mayor frecuencia un organismo en un hábitat particular.

²¹ El uso de modelos (objetos que simulen a los animales en forma, color, tamaño, etc.) es con el objetivo de registrar la temperatura de dichos modelos como si fuera al de los organismos de estudio cuando no tienen ninguna actividad de regulación de su temperatura.

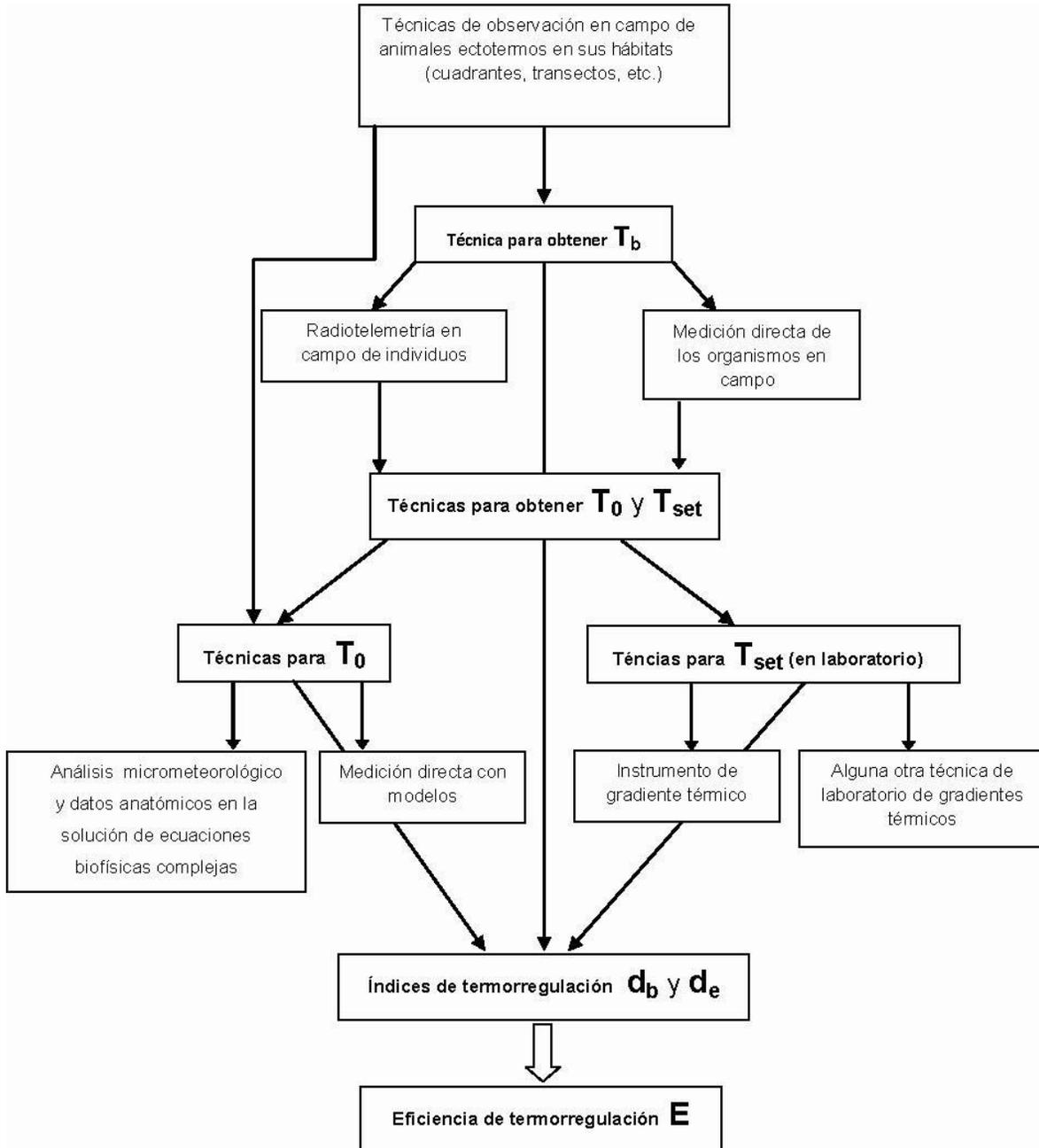


Una vez que se tiene la información de las T_b , T_{set} y T_0 , se obtienen los índices de precisión en la termorregulación d_b y d_e . La d_b es una medida de la desviación individual con respecto a T_b y es la diferencia en el número absoluto entre la T_b y T_{set} ; el d_b es el grado en que los ectotermos experimentan T_b fuera del rango, donde valores altos de d_b implican una falta en la regulación de la temperatura, mientras que valores bajos (cercanos a cero) implican alta precisión por parte del organismo. El índice d_e (calidad térmica del hábitat) es la desviación en número absoluto entre la T_0 y la T_{set} , resulta un indicador cuantitativo del promedio térmico de un hábitat desde la perspectiva de los organismos, valores altos indican baja calidad térmica del hábitat y valores iguales o cercanos a cero son térmicamente ideales. Posteriormente, con los resultados promediados de d_b y d_e se calcula la eficiencia de la termorregulación (E), con la siguiente ecuación: $E = 1 - (d_b / d_e)$, en donde, una E igual o cercana a cero, se refiere a organismos que no están termorregulando, y que se están comportando como termoconformistas. En cambio una E cercana a uno se refiere a organismos que son activamente termorreguladores.

La técnica para evaluar la termorregulación en organismos ectotérmicos está compuesta por una estructura heurística, conformada a su vez por una serie de procedimientos heurísticos (las distintas subtécnicas) organizados en una secuencia funcional (Ver **esquema A**). Para analizar cómo se despliega ésta práctica de investigación y la forma en que los procedimientos heurísticos componen una estructura organizada, después del esquema, se desarrolla una descripción más detallada de las distintas subtécnicas para ver que sus relaciones no es arbitraria. La implementación de cada una de ellas es precedida por una o unas anteriores generando una estructura funcional ordenada en el desarrollo de la práctica, una estructura heurística.



Evaluación de la termorregulación (ectotérmos)



Esquema A. Protocolo de investigación de campo para conocer la actividad termorregulativa de los organismos ectotermos en campo.



En lo que sigue se hace una descripción lo más detallada posible de la técnica para la evaluación de la termorregulación de los ectotermos, la cual me permitirá analizar los elementos centrales que conforman a esta actividad científica. En el siguiente apartado se hace el análisis respectivo.

Técnica	Descripción
<p>Técnica 1. Observación de la actividad de ectotermos en campos</p>	<p>Se eligen determinadas áreas (con las características que convenga al trabajo experimental) donde se observará la conducta termorregulativa de los organismos a estudiar</p> <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Subtécnica de muestreo. Para realizar un adecuado análisis de la actividad de los ectotermos se pueden emplear diferentes técnicas de muestreo, las cuales tienen como objetivo general hacer una observación homogénea de la mayor cantidad de organismos en el área seleccionada²² <p>Ejemplo: técnica de cuadrantes</p> <p>El área de estudio se divide en secciones (cuadrantes) pertinentes para cada tipo de investigación, de tal forma que al recorrer cada sección se asegure que hay un buen muestreo en el área seleccionada.</p> <p>El uso de una u otra técnica de muestreo está sujeto al tipo de organismo que se estudia, por lo que, hay distintas técnicas que se pueden emplear.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Subtécnica para observar la actividad de termorregulación de los organismos. <p>Para conocer la actividad de termorregulación es necesario realizar las observaciones pertinentes. A través de la práctica de observar a los ectotermos (dentro de sus hábitats) y la habilidad que se adquiere es que se puede reconocer su actividad termorregulativa.</p> <p>La observación puede realizarse de distintos modos, de forma directa o a través de algún aparato que aumente la visibilidad (como binocula-</p>

²² Generalmente se implementan técnicas para medir la abundancia en animales, las cuales resultan muy adecuadas ya que permiten tener una muestra representativa de una población.



Técnica	Descripción
	<p>res), siguiendo al organismo hasta perderlo de vista o ubicándose en sitios durante algún tiempo y observar la actividad de los organismos que ahí se localicen.</p>
<p>Técnica 2. Obtención de la temperatura corporal T_b</p>	<p>Previamente: Reconocer los hábitos y conductas de los organismos de estudio; ya que la termorregulación necesariamente implica un activo proceso regulatorio que involucra el comportamiento y/o ajustes fisiológicos para mantener la temperatura del cuerpo tan cercana como sea posible a un punto óptimo²³.</p> <p>Procedimiento Estas técnicas tienen como objetivo obtener una muestra representativa de la temperatura corporal de los organismos ectotermos justamente en el momento de estar termoregulando.</p> <p>Subtécnicas para obtener T_b.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Radiotelemetría a una muestra pequeña de individuos. Consiste en colocar un aparato a los animales y por medio de un receptor a cierta distancia se conoce la temperatura corporal del organismo. 2. Muestreo directo de temperatura. Se toma la temperatura corporal a una muestra aleatoria mayor de individuos directamente. Se captura a los organismos en campo cuando estos están termoregulando, en diferentes periodos para que la muestra de temperaturas sea representativa de la actividad termorregulatoria. La medición se realiza con los instrumentos adecuados (generalmente termómetros de campo) que nos den la temperatura corporal de los ectotermos²⁴ <p>Para emplear cualquiera de estas dos posibles técnicas es necesario tomar la temperatura de los organismos en el momento de su actividad de termorregulación</p>

²³ Este punto óptimo es definido de manera independiente de acuerdo con los resultados de la Temperatura nula T_0 de un modelo con una actividad conformista de termorregulación, por supuesto que este punto óptimo se obtiene al final del desarrollo de la técnica, no se puede saber antes.

²⁴ La eficiencia para obtener la T_b de ambas técnicas ha sido ampliamente evaluada en diferentes trabajos de campo y se ha comprobado sus méritos particulares (Avery, 1982; Peterson, 1987).



Técnica	Descripción
<p>Obtención de la temperatura nula T_0</p>	<p>Previamente: Es necesario un amplio conocimiento de la actividad termorregulativa de los organismos en campo, para en virtud de ello, saber donde medir T_0. De hecho, <i>idealmente</i> deberían medirse las distribuciones de T_b y T_0 simultáneamente en los sitios de estudio, sino, al menos un número mínimo de ellas deberían ser medidas en condiciones ambientales similares.</p> <p>Procedimiento</p> <p>Para evaluar si los ectotermos están termorregulando activamente es necesario tener información sobre la distribución de las temperaturas corporales de organismos que no termorregulen, esto es, animales control. La T_0 es el producto de la interacción entre los factores morfológicos y biofísicos que influyen en la T_b de los ectotermos. Representan la temperatura en equilibrio de un objeto inanimado (es decir, una falta de control fisiológico) que se aproxima al animal de estudio en tamaño, forma y color. Por tanto, la distribución aleatoria de T_0 en un hábitat describe la distribución nula de T_b esperada en un animal que no termorregula (la distribución de la T_0, debería por definición, abarcar la distribución de T_b, sin embargo, para evitar posibles errores de muestreo esto no es posible).</p> <p>Subtécnicas²⁵ para obtener T_0.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Por medio del uso de datos micrometeorológicos y anatómicos en la solución de ecuaciones biofísicas complejas. 2. Medición directamente con modelos “físicos”. Los modelos huecos de metal o plástico generalmente proveen de estimaciones correctas de la T_0 para pequeños ectotermos que tienen limitada capacidad fisiológica para controlar las tasas de intercambio de calor y equilibrio de T_b (Bakken, 1992). <p>La distribución de T_0 puede ser medida con una selección aleatoria de microsítios dentro de los cuales habita el animal o con varias muestras de mapeos aleatorios del medio ambiente térmico. Sin embargo, muchos hábitats son complejos térmicamente</p>

²⁵ Ambas técnicas han sido evaluadas como adecuadas para conocer la T_0 de organismos ectotermicos (Huey, 1991; Bakken, 1992).



Técnica	Descripción
	<p>y cada micrositio provee un rango de potenciales T_0 dependiendo del tamaño, color, postura y orientación de los animales, por lo que, un gran número de modelos podrían ser requeridos para una muestra adecuada del hábitat y los modelos deberían ser ubicados en los hábitats con considerable sensibilidad a la historia natural de los organismos.</p> <p>Delimitar el tiempo de actividad y hábitat de los animales es difícil, especialmente porque el tiempo de actividad y el hábitat seleccionado son frecuentemente influenciados por consideraciones termorregulatorias. Consecuentemente, si la T_0 sólo es medida en los hábitats actualmente usados sería posible determinar la extensión de la termorregulación del hábitat, sin embargo, habría resultados distintos si no se eligen adecuadamente los hábitats correctos, por ello, es necesario un apropiado conocimiento de la actividad termorregulativa de los organismos en campo, para saber donde medir $T_0$²⁶.</p>
<p>Obtención de la temperatura de selección T_{set}</p>	<p>Previamente: Conocer el rango de T_b que los organismos presentan en campo.</p> <p>Procedimiento</p> <p>Central para cualquier evaluación de la regulación térmica es la identificación del objetivo T_b al que el animal pretende llegar o temperatura de selección (T_{set}). La diferencia entre el campo y el punto de ajuste de T_b indica que tan adecuadamente los ectotermos logran T_b dentro de un rango designado. En general este punto de selección de temperatura es mejor estimado como “preferencia” o selección de la temperatura corporal en experimentos de laboratorio, en un medio ambiente que es independiente de los costos ecológicos y de los constreñimientos que pueden influir en la regulación térmica en campo. Una evaluación de la regulación térmica bajo condiciones naturales requiere de criterios que son independientes de T_b en campo.</p>

²⁶ Idealmente deberían medirse las distribuciones de T_b y T_0 simultáneamente en los sitios de estudio, sino, al menos un número mínimo de ellas deberían ser medidas en condiciones ambientales similares.



Técnica	Descripción
	<p>Subtécnicas para medir T_{set}.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Para conocer la T_{set} de los animales ectotermos se genera en el laboratorio un gradiente térmico²⁷ dentro de una caja seccionada cerrada o por medio de complejos escenarios térmicos. <p>Cualquier de estas técnicas es un medio ambiente apropiado para medir T_{set} siempre que las condiciones de laboratorio dupliquen la iluminación de los hábitats naturales. Debido a que algunos ectotermos parecen regular la temperatura por arriba o por debajo del punto de ajuste más que alrededor de un T_b, debería determinarse idealmente este punto directamente. De forma alternativa podría estimarse el punto de ajuste midiendo por ejemplo el 50% o 68% de todos los T_b's seleccionados en el laboratorio. Por lo tanto, para conocer el T_{set} de los ectotermos es necesario conocer con anticipación el rango de T_b que los organismos presentan en campo para saber qué tipo de gradiente emplear.</p>

1. Estructura heurística

La técnica para evaluar la termorregulación comprende una serie de etapas ordenadas jerárquicamente en una secuencia funcional. Primero es necesario hacer observaciones en campo de los hábitos y comportamiento de los animales a estudiar para reconocer la actividad de termorregulación que desarrollan en los microhábitats donde viven y saber su comportamiento termorregulativo. Por ejemplo, muchos reptiles regulan su temperatura corporal a través de ajustes en su comportamiento tales como moverse entre sol y som-

²⁷ Por supuesto que esta técnica de gradientes tiene sus inconvenientes, pero parecen ser la mejor forma de conocer el T_{set} de manera más precisa. El principal problema es que un ambiente de laboratorio es, de hecho, artificial y puede potencialmente causar comportamientos poco naturales en los animales. Sin embargo, los puntos de ajuste no necesitan ser fijos, por muy distintas razones, pueden variar con la temporada, el sexo, la edad, estado fisiológico y el medio ambiente hídrico. Por lo tanto, la referencia a un rango de temperatura determinada será a menudo inapropiada, particularmente si el rango de variación del punto de ajuste es sustancial. Para evitar los sesgos inherentes producto de las condiciones de artificialidad de esta medición, es necesario ajustar de acuerdo con los objetivos de investigación y las condiciones ambientales en que ha sido observado (en un contexto específico) que habita el organismo.



bras. Para hacer dichas observaciones es necesario implementar técnicas que permitan identificar la mayor cantidad de organismos posibles en una zona determinada. Las mejores técnicas para este fin son las empleadas en estudios sobre la abundancia de una población.

Después de conocer el número de organismos y sus hábitos termorregulativos se realiza la medición de la T_b . Es necesario saber previamente T_b en campo de los ectotermos y las observaciones de los hábitos de regulación térmica para reconocer los microhábitats de los organismos y qué cantidad de modelos se colocaran para tener una muestra representativa de la T_0 . Si no se realizara una observación previa del comportamiento termorregulativo y de los hábitats preferentes de la actividad de los animales, no se podría realizar el muestreo de T_0 que fuese representativo de los T_b 's particulares del ectotermo que se estudia. Asimismo, tener una muestra representativa de las T_b 's es necesario para conocer qué gradiente de temperatura se usará en el instrumento para medir la T_{set} y evitar los sesgos inherentes a la artificialidad de la medición. Sin esta información, el gradiente podría no ser representativo de la actividad termorregulativa del animal. Cuando se obtienen los parámetros mencionados, a través de modelos matemáticos simples se obtiene el índice E que determina la eficiencia de termorregulación de un organismo ectotermico en su hábitat, lo cual, constituye en suma el fin epistémico de esta práctica científica.

El **esquema A** describe, por tanto, la estructura heurística que conforma esta práctica científica. Cada fase representa un procedimiento heurístico, el cual se materializa en subtécnica o conjunto de estas (para evaluar la T_0 hay una heurística de fondo en cómo elegir los micrositios; para conocer T_{set} la heurística esta en el tipo de gradiente que se tiene que implementar; la medición de T_b en campo implica una heurística que está en el fondo del muestreo, la forma de realizarlo, la habilidad del investigador en reconocer los sitios adecuados para medir la T_b ; etc.) Cada subtécnica es, por supuesto, una técnica en si misma. Además, cada subtécnica puede intercambiarse por alguna otra que se considere epistémicamente adecuada, es decir, que cumpla con los mismos fines de conocimiento. En el ejemplo cada subtécnica tenía al menos otra técnica alternativa (radiotelemetría a una muestra pequeña de individuos o muestreo directo de temperatura; micrometeorología y anatomía en la solución de ecuaciones biofísicas complejas o medición directamente con modelos "físicos"; etc.). La posibilidad de tener técnicas alternativas eventualmente conlleva a la implementación de diferentes recursos materiales, conceptuales, y patrones de inferencia que dan estructura y estabilidad a cada técnica en cuestión y cuyo fin epistémi-



co es moldeado por la forma en que se desarrolle cada una de ellas. Además, responde a la diversificación (uso de materiales, conceptos y tecnologías diferentes) de la primera técnica que se ha desarrollado. De esta forma, la posibilidad de ser intercambiables es que pueden cumplir con el mismo fin epistémico para el cual fueron diseñadas por la comunidad epistémica pertinente en el devenir histórico de la disciplina.

2. Constreñimientos materiales

Los constreñimientos materiales son centrales en la conformación de cada técnica. Generan diferencias significativas respecto de su implementación y sesgos propios de cada procedimiento heurístico. Me parece que el punto queda claro en las diferentes técnicas que se desarrollan en la evaluación de la termorregulación. Para evaluar la T_0 se pueden implementar dos posibles técnicas: 1) radiotelemetría a una muestra pequeña de individuos o 2) muestreo directo de temperatura. Cada una de estas posibles técnicas emplea recursos materiales muy diferentes e implica procedimientos distintos. Para la primera técnica se necesita contar con aparatos (tecnología) que se colocan a los organismos para medir la temperatura corporal a distancia en tanto desarrollan su actividad diaria, en virtud de la precisión de esta información y de que no se perturba la actividad termorregulativa de los individuos no es necesario hacer un muestreo muy amplio. Para la segunda técnica es necesario manipular a los organismos, lo cual implica desarrollar alguna técnica de captura (según el organismo de estudio) y contar con los instrumentos de medición adecuados. En este caso, tomar la T_b directamente perturba la actividad termorregulativa de los organismos y, obviamente, no se toma un registro constante de la T_b , por lo que es necesario hacer un muestreo mucho más amplio para tener una muestra representativa de los T_b 's de los organismos en campo. Esto es lo mismo para cada técnica que se implemente. Parece quedar claro que los aspectos materiales de cada técnica delimitan y constriñen de forma particular la implementación de cada procedimientos heurísticas dándoles forma y estructura, así mismo, generan sesgos propios inherentes a los aspectos materiales que conforma a cada técnica.

3. Creación de fenómenos en la ecología de campo

Es pertinente recalcar varios aspectos importantes de este ejemplo. Primero, el objetivo de la implementación de este protocolo de investigación es evaluar la actividad termorregulativa de ciertos organismos, lo cual implica, como lo desarrollaré más adelante, la crea-



ción y estabilización de un fenómeno. Segundo, la termorregulación no se manifiesta de tal forma que la podamos apreciar a simple vista; no es algo dado a los sentidos simplemente. Es posible observar en los sitios de muestreo a los organismos de estudio y ver su actividad y conducta relacionadas con su termorregulación. Por supuesto que al referirme a “observar” me estoy refiriendo a una habilidad particular, en este caso de identificación, la que se adquiere a través de la práctica de investigación, es una capacidad que se consigue por medio del aprendizaje y el adiestramiento. Como la habilidad de ver en un mapa una formación geológica, una topografía particular, patrones de vegetación, etc., los cuales no depende necesariamente de teorías sino de habilidades adquiridas por medio de las prácticas constantes. Para este ejemplo, la observación de la actividad y conducta termorregulativa no significa poder evaluar la termorregulación en sentido estricto. Tercero, el fin epistémico de este protocolo es la evaluación de la actividad termorregulativa de organismos ectotermos, la forma de realizar dicho fin es generar un fenómeno a estudiar y la forma de producirlo es a través del conjunto de técnicas que se implementan de formas complejas para darle cuerpo, para configurar el fenómeno, es decir, la única manera de definir el fenómeno de estudio es por medio del conjunto de técnicas inmersas en este protocolo, de otra forma no sería posible.

Por medio de las diferentes técnicas se da forma al fenómeno de estudio: *la termorregulación de organismos ectotermos*, el cual se genera en condiciones particulares y en un contexto específico. La termorregulación es un fenómeno que se *crea* y *emerge* en la implementación del conjunto amplio y diverso de prácticas que se incluyen en este protocolo. Es a través de la confluencia de esta estructura funcional de técnicas que conforman estas prácticas que el fenómeno de la termorregulación toma forma, lo cual no significa que no se presente en la naturaleza de manera independiente, sólo quiere decir que si los seres humanos pretendemos conocerlo (como dice Hacking *purificarlo* y/o *darnos cuenta* de él) es necesario crearlo por medio de un conjunto de técnicas que dan forma a la estructura heurística que conforma a ésta práctica de investigación. Sólo por medio de la implementación de este protocolo (y la estructura heurística que lo conforma) es que podemos conocer la actividad termorregulativa y es justamente por ello que se constituye como un fenómeno de estudio. Utilizando la terminología de Rheinberger, el *objeto epistémico* es *la termorregulación de organismos ectotermos*, los objetos técnicos, es decir, las condiciones experimentales a través de las cuales se generan los nuevos fenómenos, en este caso, las distintas subtécnicas que conforman la investigación son los objetos



técnicos a través de los cuales se crea el fenómeno, integrados por una base material y tecnológica.

Hay dos elementos centrales en la creación de fenómenos que son fundamentales para entender la dinámica de la investigación científica. Por un lado, como se ha mencionado, los fenómenos se generan al confluir un conjunto de procedimientos heurísticos que toman cuerpo en técnicas específicas. Por otro lado, el mundo material exterior constriñe la creación de los fenómenos. En este sentido, me parece que es importante dejar claro que el conocimiento se produce al confluir dos cosas, por un lado están los aspectos sociales: insumos materiales (técnicas, tecnologías), conceptuales, las habilidades de los investigadores para generar conocimiento, proceso de negociación sobre que cuenta como conocimiento, etc. Por el otro lado, está el mundo material exterior.

Hay varios ejemplos en la evaluación de la termorregulación de los organismos ectotermos que se ha mencionado arriba de cómo son centrales en la generación de fenómenos los constreñimientos del mundo material exterior, por ejemplo:

Idealmente deberían medirse las distribuciones de T_b y T_0 simultáneamente en los sitios de estudio, sino, al menos un número mínimo de ellas deberían ser medidas en condiciones ambientales similares. Sin embargo, esto no es del todo posible. Muchos hábitats son complejos térmicamente y cada microsítio provee un rango de potenciales T_0 dependiendo del tamaño, color, postura y orientación de los animales que se estudian, además, delimitar el tiempo de actividad y hábitat de los animales es difícil, especialmente porque el tiempo de actividad y el hábitat seleccionado son frecuentemente influenciados por consideraciones termorregulatorias.

Me parece que esta parte del protocolo y otros más dejan claro el hecho de que la creación de fenómenos no depende sólo del conjunto de técnicas que se empleen para que emerja y la habilidad de los investigadores para hacerlo, además, y de manera importante, el mundo exterior juega un papel central en la forma en que conocemos al mundo. Como apunta Rheinberger²⁸:

La epistemicidad es un modo en el cual los seres humanos entran en una relación particular con el mundo material que los rodea. Esta relación es precisamente de una clase en la cual los actos ostensivos, o *la cons-*

²⁸ Cabe destacar que Rheinberger pretende determinar el poder epistémico de los objetos materiales -en contraste a las ideas y conceptos- como los principales motores que conducen la adquisición de conocimiento.



trucción de los hechos está delegada en parte al mundo material en sí mismo. Una relación epistémica es, de ésta forma, una relación entre dos clases de objetos, objetos técnicos y objetos epistémicos (como se ha mencionado arriba)... La epistemicidad es así profundamente social en el sentido de una actitud hacia el mundo que lleva a la deposición de conocimiento en un formulario que otros pueden utilizar, pero al mismo tiempo, es una relación social muy especial que lo hace distinto de otros modos de relacionarnos al mundo que nos rodea (Rheinberger,2005: las cursivas son mías).

Parece importante destacar en la tónica de lo expuesto por Rheinberger que el conocimiento no sólo emerge como el producto de relaciones sociales respecto de los objetos de conocimiento, sino que también es el fruto del mundo material en sí mismo. De alguna forma (en cada contexto) el mundo material que nos rodea constriñe la generación del conocimiento científico.

4. Tradición científica

El fin epistémico de la tradición experimental es la creación y estabilización de fenómenos. La ecología de campo es un claro ejemplo de una disciplina que usa como uno de sus recursos principales la tradición experimental. En el centro de la actividad de investigación de la ecología de campo está la creación de fenómenos y su estabilización por medio del conjunto de técnicas que permiten generarlos.

La ecología de campo tiene semejanzas y diferencias importantes respecto de otras disciplinas que utilizan la experimentación como la física experimental o la biología molecular (por mencionar algunas). La forma más clara de mostrar la diferencia entre este tipo particular de estructura heurística y las que se generan en trabajos experimentales en laboratorio, sería hacer una comparación entre la forma en que se hace el trabajo experimental en ecología y en otras áreas de la biología como la biología molecular o genética. Por supuesto que esta comparación requiere un trabajo extenso, sin embargo, sólo se mencionarán a grandes rasgos las diferencias más conspicuas. Para hacer esta comparación, retomo los ejemplos desarrollados por Suárez (2008) y Martínez (1997).

Suárez (2008) muestra a través de un estudio de caso, la historia de la determinación en los años 70's del DNA satélite y la dinámica del atrincheramiento de técnicas en la nascente disciplina de la evolución molecular. A través de este ejemplo la autora señala cómo un fenómeno (la hibridación del DNA) emerge en la dinámica de sistemas experimentales por medio de los componentes conceptuales, tecnológicos y materiales para formar parte del



repertorio básico de las técnicas fundamentales de la evolución molecular. El ejemplo del DNA satelital muestra cómo un fenómeno al ser manipulado y gracias a los desarrollos tecnológicos, materiales y conceptuales se convierte en una técnica básica para la generación de otros fenómenos. Lo más destacado para este trabajo del ejemplo es que muestra cómo la generación de la técnica de hibridación es producto de la *manipulabilidad* del fenómeno que se estudia, la cual es posible principalmente por los insumos materiales y tecnológicos que se había desarrollado en ese momento. Como lo menciona Suárez (2008): el surgimiento de la técnica de hibridación es posible gracias al avance de técnicas más rápidas y económicas de secuenciación de proteínas (desarrolladas en los primeros años del siglo xx) y la observación por primera vez en 1960 del fenómeno de reasociación en la molécula de DNA después de su desnaturalización (la observación de este fenómeno condujo inmediatamente a su aplicación en numerosos problemas experimentales).

Martínez (1997) muestra que la técnica de secuenciación de aminoácidos es un ejemplo de estructura heurística que conforma a las prácticas de investigación en la biología molecular. La técnica de secuenciación de aminoácidos está conformada por una serie de subtécnicas ordenadas en una secuencia funcionalmente organizada. Para secuenciar una proteína, primero se separan las cadenas polipeptídicas de las cuales está formada (primera técnica), después se procede a determinar la secuencia de aminoácidos de cada una de estas cadenas (segunda técnica). Los pasos centrales de la técnica más utilizada consisten en cortar muestras de cada una de esas cadenas utilizando diferentes enzimas (tercera técnica). Cada tipo de enzima corta una cadena solamente en el punto en el que se encuentran ciertos aminoácidos (por ejemplo, la enzima tripsina sólo corta donde hay un aminoácido del tipo de la tirosina o la arginina). Estos fragmentos se separan y se determina su composición y su secuencia (última técnica). El procedimiento se repite utilizando otras enzimas que cortan en puntos distintos de la cadena. El ciclo se repite con las cuatro o cinco enzimas que suelen utilizarse para ello. Una comparación de los diferentes fragmentos permite establecer el orden de la secuencia total. Como lo afirma Martínez (1997), hay un orden en la secuencia de enzimas que debe seguirse para hacer a la técnica más eficiente. El ejemplo muestra una estructura heurística conformada por distintos procedimientos heurísticos (cada una de las subtécnicas utilizadas) ordenados de forma secuencial generando una jerarquía funcional de técnicas.

Con la ayuda de estos dos ejemplos me gustaría llegar a las siguientes dos conclusiones respecto de las prácticas de investigación de la ecología de campo.



Un punto que distingue a la física experimental y a la biología molecular (y en general a muchas disciplinas que desarrollan su trabajo de investigación en laboratorios) es que han construido los medios, de acuerdo a sus fines de conocimiento, para crear los fenómenos que estudian con instrumentos artificiales y en condiciones de máximo control, lo cual ha permitido una amplia manipulabilidad de los mismos. Los ejemplos clásicos de la física como el efecto fotoeléctrico o el rayo láser; los de la biología molecular como el DNA satélite o la secuenciación de aminoácidos son algunos. Por otra parte, la finalidad de la investigación ecológica tiene como objetivo principal estudiar las interacciones entre organismos, y entre organismos y todos los aspectos, vivos y no vivos, de su entorno (Allaby, 1985), por lo que hay una diferencia epistemológica importante respecto de las prácticas experimentales de las disciplinas mencionadas.

En la ecología no se han construido o no pueden construirse los medios para crear los fenómenos que estudia de la forma en que se hace en un laboratorio por los fines de conocimiento que tiene. Para estudiar las interacciones de los organismos y las de estos con su entorno es necesario hacer los trabajos experimentales en los lugares donde habita el organismo u organismos de estudio, las condiciones de artificialidad del laboratorio no permitirían dar cuenta de los procesos complejos que se dan en el medio natural, por que justamente en el fondo de estas investigaciones el entorno es un elemento central de la creación de fenómenos y no se puede eliminar o generar de manera artificial. De esta forma, en la ecología de campo los fenómenos no se distinguen por ser manipulables de la forma que lo son los creados en laboratorios. Un componente fundamental en la creación de cualquier fenómeno en la ecología de campo son los componentes ambientales. A diferencia de otras disciplinas experimentales, en esta disciplina distintos elementos externos (los organismos, los procesos ecológicos, los hábitats, el ambiente, etc.) son elementos imprescindibles en la conformación del fenómeno de estudio. Por tanto, los fenómenos que se constituyen en esta disciplina están constreñidos por elementos fuera del alcance de la manipulación de los investigadores y de la artificialidad de los laboratorios. En el caso de la ecología de campo, los fenómenos no sólo emergen a partir del conjunto de prácticas que confluyen para generarlos, también, de factores externos (el medio natural). Podría decirse que el mundo en un sentido importante constriñe la creación de estos fenómenos.



En la ecología de campo las técnicas mantienen una relación jerárquica funcional en su implementación. No obstante, a diferencia de las prácticas de investigación en laboratorios donde las técnicas dependen profundamente de aspectos materiales y tecnológicos así como de la completa implementación de cada técnica precedente, en la ecología, las técnicas mantienen una relación funcional más débil. El ejemplo de la termorregulación es una muestra clara de que la implementación en cada paso de las técnicas depende de haber ejecutado la precedente, sin embargo, es posible realizar técnicas en conjunto y/o algunas primero que otras sin con ello afectar los resultados de la investigación y la creación del fenómeno. Por lo tanto, el sentido en el que se puede decir que hay una relación jerárquica funcional entre las diferentes técnicas es más débil.

5. Normas implícitas en prácticas

Los aspectos normativos son centrales en cualquier actividad científica. En lo particular las normas epistémicas juegan un rol importante en la generación de conocimiento científico en la tradición experimental. Para el ejemplo que se ha desarrollado hay dos grandes estructuras de normas epistémicas. Los estándares y normas que se desprenden de la implementación de este protocolo y las normas implícitas de la práctica de investigación de campo para conocer la termorregulación de los organismos ectotermos.

Cada una de las técnicas que integran al protocolo implica una serie de estándares y normas que deben seguirse para efectuar adecuadamente la investigación. Por ejemplo, para registrar la T_b o T_0 de los organismos hay una serie de normas diseñadas dentro del entorno social de la comunidad de ecólogos. En general la norma es realizar la cuantificación de T_b por medio del muestreo directo de temperatura y/o radiotelemetría. Lo que implica utilizar ciertos estándares de medición (emplear un termómetro con ciertas características que registre la temperatura en grado Celsius, capturar a los organismos en cierto momento y/o colocar el aparato receptor, etc.). Para el caso de T_0 : hacer un muestreo representativo de las temperaturas a lo largo de un tiempo específico en que el organismo está termorregulando (lo cual implica ya un compromiso normativo) de acuerdo a lo estipulado por la técnica, esto es, utilizan modelos huecos con ciertas características y medir (una vez más el estándar de medir) la temperatura del modelo, etc. Cada técnica del protocolo implica un conjunto amplio y variado de normas y estándares explícitos.



Por otro lado, están las normas implícitas en la práctica de evaluar la actividad termorregulativa de cualquier tipo de animal ectotermo. Este tipo de normatividad se relaciona con la habilidad de los investigadores para hacer la evaluación, es un cierto tipo de ‘saber cómo’ que se adquiere sólo a través de la práctica. No es suficiente ‘saber qué’ se tiene que hacer un muestreo representativo de la comunidad de estudio, ‘saber qué’ se debe medir por medio de un termómetro la T_b de los individuos en campo o ‘saber qué’ se tiene que hacer un muestreo representativo de las T_0 s por medio de modelos en los sitios donde termorregulan los organismos de estudio. Además es necesario tener el conocimiento práctico, la destreza o habilidad para realizar cada una de las técnicas. Hay una suerte de normatividad implícita en el ‘saber cómo’ (el cual atañe a un tipo de acción normada) que subyace en la realización de ciertas prácticas el cual no se reduce a la normatividad explícita del protocolo (un ‘saber qué’). Esto hace referencia a poseer una habilidad que permita distinguir entre “formas correctas e incorrectas de hacer las cosas” (King, 2008). De esta forma, la normatividad implícita en prácticas hace referencia a un tipo de conocimiento (habilidad) que se manifiesta directamente en su aplicación práctica.

La normatividad epistémica (normas explícitas e implícitas) de las tradiciones experimentales como la ecología de campo, responde a directrices propias de comunidades particulares (en este caso la comunidad de ecólogos) que se han atrincherado históricamente en la práctica de investigación de esta comunidad. La pertinencia de las acciones y prácticas de un agente o grupo de agentes epistémicos orientados a un fin epistémico, responde a los estándares y normas de una comunidad en particular en un momento histórico específico.

Otro ejemplo en la ecología de campo

Por medio de otro ejemplo se muestra como algunas de las subtécnicas que se han implementado están conformadas a su vez por complejas estructuras heurísticas. En particular haré referencia a la primera subtécnica que fue la punta de lanza para la implementación de este protocolo, esto es, la técnica para observar la actividad de los organismos ectotermos, en la cual, generalmente se implementan técnicas para conocer la abundancia de una población en un área determinada. Así como la técnica para evaluar la termorregulación de organismos ectotermos está conformada por subtécnicas con estructuras heurísticas complejas, la técnica para evaluar la actividad de termorregulación es empleada en otras investigaciones donde la termorregulación es sólo una parte de un sistema



más grande y complejo. Podría decir que son implementadas a su vez para dar forma y estructura a otros fenómenos en estudios ecológicos.

Evaluación de la abundancia

“La pregunta por ¿Cuántos hay? o lo que es lo mismo la abundancia de cualquier población es una pregunta central en muchos estudios ecológicos que permite el desarrollo de otras investigaciones en las cuales saber la abundancia de una población es importante. Por ejemplo, si se desea conocer el impacto de la depredación de los leones sobre una población de cebras o cuantos parásitos viven en las copas de una población de plantas, etc. Conocer la cantidad de organismos que viven en un área determinada es importante para estas y muchas otras investigaciones en ecología. Eventualmente la estimación de la abundancia depende del tipo de estudio a realizar, si es a una especie en particular o a una comunidad (que hace por supuesto más compleja la estimación), de los objetivos de investigación: no siempre es necesario conocer la cantidad de organismos de una población, además, la estimación de la abundancia no es un fin en sí mismo, generalmente está relacionado con otro tipo de preguntas ecológicas. La abundancia puede ser mediada de dos formas, como *Densidad Absoluta* que es el número de organismos por unidad de área o volumen o la *Densidad Relativa* que es la densidad de una población relativa a otra. Esta estimación usualmente se obtiene con algún índice biológico que es correlacionado con densidades absolutas, la densidad relativa puede ser adecuada para resolver muchos problemas ecológicos, cuando es propicio debería usarse siempre ya que es más fácil y económica de emplearse que la densidad absoluta” (Krebs, 1999:17).

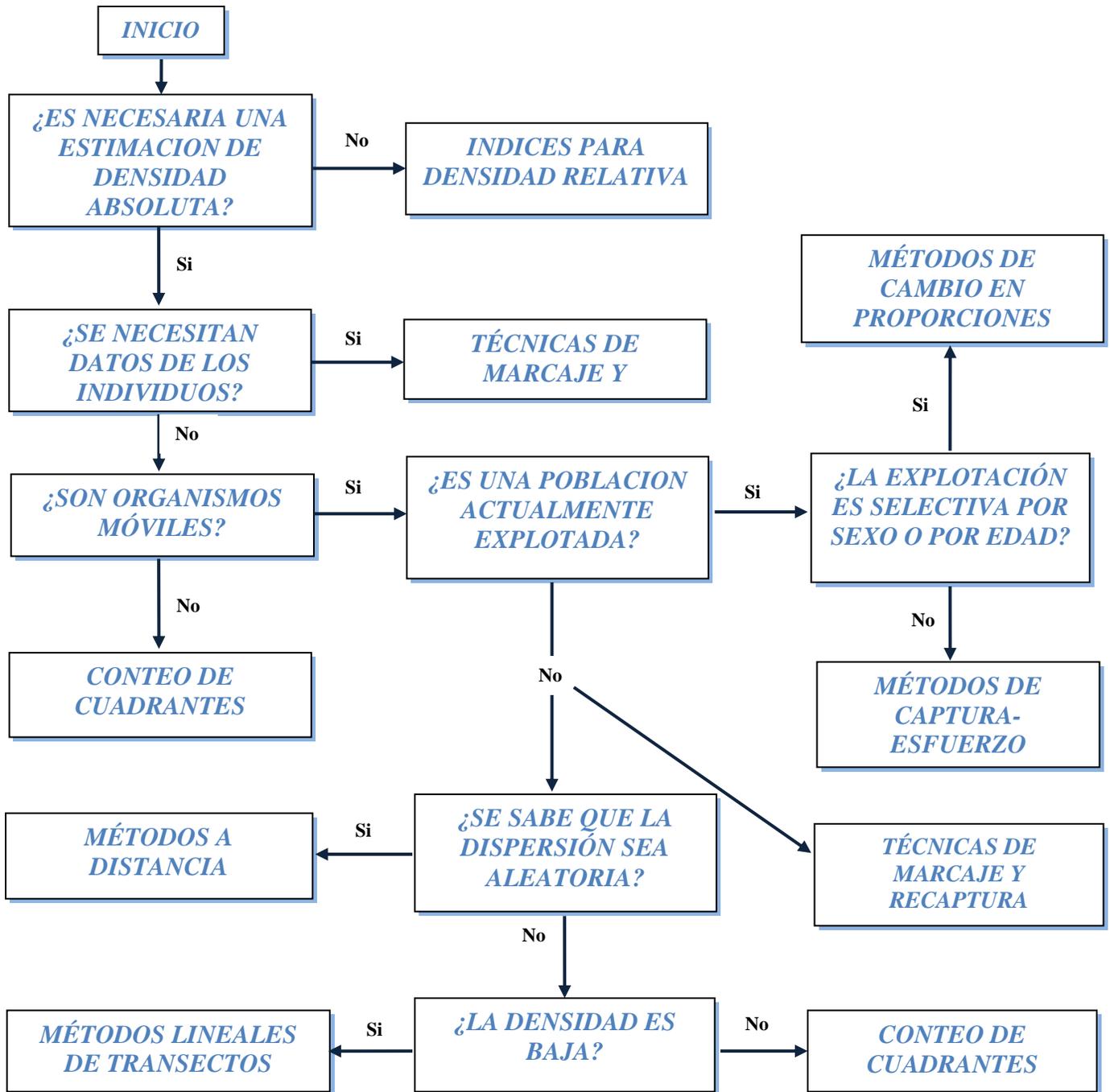
Para estimar la densidad absoluta es recomendable seguir una serie de pasos delineados en el **esquema B**. Hay muchos factores de distintos tipo –ecológicos, económicos y estadísticos– que determinan la implementación de algún tipo de técnica para estimar el tamaño de una población. Como se verá más adelante, la implementación de cualquiera de éstas posibles técnicas corresponde a una estrategia heurística que puede seguirse, la realización de uno u otro posible camino depende de los objetivos (fines epistémicos), la población de estudio y de los recursos técnicos y económicos con lo que se cuenta.

El esquema no pretende dar reglas específicas para la elección concreta de una determinada técnica que resuelva un problema específico, por el contrario, es una guía con recomendaciones de las posibles técnicas que se pueden emplear para determinar la abun-



dancia tanto de poblaciones y/o comunidades de plantas como de animales. Por ejemplo, “el conteo de cuadrantes y los métodos de distribución espacial son usualmente elegidos para estudios de plantas. Muchos estudios de vertebrados usan las técnicas de marcaje y recaptura. Para peces y poblaciones de fauna que son explotados pueden ser estimados por una serie de técnicas aplicadas a poblaciones de cosecha” (Krebs, 1999).

El esquema es una representación general de la forma en que se ha evaluado históricamente la abundancia de distintas poblaciones en los trabajos ecológicos. En suma, el objetivo principal de estas técnicas es medir la cantidad de organismos que hay en un espacio determinado, cada técnica es en sí misma un conjunto de múltiples técnicas complejas que implican recursos conceptuales, tecnológicos, materiales y económicos, patrones de inferencia, modelos estadísticos, etc. Cuando se implementan en la práctica es que se desarrolla la estructura heurística, ya que cada una de las técnicas está conformada por un conjunto funcionalmente organizado de procedimientos heurísticos. El libro de Krebs es un amplio compendio de todas las posibles técnicas que se emplean actualmente en ecología para determinar la abundancia. Por obvias razones no se desarrollarán en este trabajo cada una de las técnicas que se proponen, lo más relevante es ver la forma en que se determina el uso de una u otra técnica.



Esquema B. Esquema por medio de las cuales se puede elegir una técnica para estimar la abundancia de una población de plantas o animales (modificado de Caughley, 1997 por Krebs, 1999)



El aspecto más importante del ejemplo es que muestra la compleja estructura heurística que está detrás de la investigación sobre la abundancia. Como se ha mencionado en el capítulo anterior, las comunidades con ciertos fines y normas de razonamiento que se articulan socialmente constituyen tradiciones científicas con sus particularidades y formas de trabajo propias de la comunidad. De acuerdo con la tradición de investigación de la comunidad de ecólogos, la forma de hacer una evaluación seria de la abundancia en un trabajo de campo es a través de este mapa de técnicas y su *correcta* implementación. El esquema es una representación de la forma en que esta tradición de investigación se ha gestado en el devenir de su trabajo. La manera en que se ha constituido la forma de abordar los problemas respecto a la abundancia muestra que el trabajo de investigación de campo es producto no de un conjunto de teorías claras, sino de la construcción en el tiempo de formas de trabajo que se han atrincherado y fructificado estableciéndose en la comunidad de ecólogos.

La forma de abordar el problema de la abundancia en la ecología que está en el fondo de este ejemplo responde a un conjunto de normas y estándares (epistémicos y no epistémicos) que se han establecido como directrices o imperativos normativos que conducen generalmente a los fines epistémicos propios de esta práctica científica. Este conjunto de reglas no sólo son las técnicas que se dibujan en el cuadro presentado, sino que los aspectos normativos propios de esta práctica están también en la implementación concreta de cada una de las posibles técnicas, en los recursos conceptuales y materiales, así como en la habilidad (considerando las normas implícitas en prácticas) para realizarlas “*correctamente*”.

Aunque la implementación de estas técnicas para conocer la abundancia pueden ser realizada por un sola persona, el conjunto de reglas a las que responden sus acciones epistémicas corresponde a normas que se han establecido con cierta continuidad histórica en la comunidad pertinente. En este sentido, es claro que no se habla de una suerte de individualismo epistémico. Cuando se hace referencia a los aspectos normativos que integran las acciones de los individuos (al menos en el terreno de lo epistémico) responden a directrices marcadas por comunidades donde están inmersos.

Si el objetivo de la tradición experimental es la creación y estabilización de fenómenos, para lo cual es necesaria la selección de técnicas experimentales, entonces, se puede ver que el objetivo del esquema B es proporcionar una guía de criterios para seleccionar algún



tipo de técnica (la cual está constituida a su vez por subtécnicas). El fenómeno que está de fondo en cualquier medición de la abundancia es el de la “densidad de población”, la forma de crearlo es por medio de cualquiera de estas estructuras heurísticas. Como en el fenómeno de la termorregulación, la cantidad de organismos que hay en un área en particular es algo que no podemos conocer sin darle forma a partir de un conjunto de técnicas, en este caso, para medir la abundancia de una población. Parafraseando a Hacking (2009) Sólo podemos darnos cuenta del fenómeno (la densidad de una población) si lo generamos por medio de un conjunto particular de procedimientos heurísticos.

Medir la abundancia implica desarrollar ciertos estándares de medición, lo cual, nos lleva a caracterizar a dichos estándares como elementos funcionales en la creación de fenómenos, como afirma Martínez (2003:152-153) “Toda construcción de fenómenos o recolección de datos depende de estándares (compartidos, por lo menos, hasta cierto punto por los miembros de una comunidad), pero no siempre dependen de teorías”. Cabe resaltar de la cita, la idea de que los estándares de medición no depende de teorías para su realización. Los procesos de medición ponen el énfasis en la importancia de entender a los estándares socialmente estructurados como elementos sustantivos en la generación de hechos y fenómenos, los cuales se gestan en el interior de las comunidades de científicos por medio de acuerdos sociales de lo que va a contar como un elemento de medición. Dichos estándares se articulan en prácticas (particularmente de medición) que se conforman a través de estructuras heurísticas. En este sentido, la generación de estándares y normas en la tradición experimental permiten la generación y estabilización de fenómenos. El ejemplo de la evaluación de la abundancia es una muestra clara de la forma en que se han atrincherado en la investigación de campo en ecología distintos aspectos normativos que guían la tradición experimental de esta disciplina y cómo esta normatividad epistémica constriñe y da forma a la práctica científica en ecología.



CONCLUSIONES

El presente trabajo ha dejado en claro que la forma en que podemos dar una respuesta más completa de la ciencia tiene que considerar los aspectos de lo que en la filosofía analítica se etiquetó como contexto de descubrimiento. Particularmente, analizar las prácticas que conforman la actividad científica ha permitido dar cuenta de la generación del conocimiento científico. De modo específico, en este trabajo se ha analizado la manera en que la ecología de campo genera su conocimiento a partir de estructuras heurísticas particulares que dan forma a tipos específicos de prácticas incluidas en la tradición experimental que promueve esta disciplina.

Es por el tipo particular de práctica que conforma a esta disciplina que tiene diferencias importantes respecto de las prácticas de investigación de laboratorios (ya sea de áreas como la física experimental o la biología molecular). Como otras tradiciones experimentales, su finalidad es la creación y estabilización de fenómenos en contextos específicos. Para ello se vale de un conjunto de técnicas organizadas en estructuras heurísticas, las cuales responden a un tipo de estructura normativa de cierto tipo, atrincheradas históricamente por una comunidad epistémica (los ecólogos). De la misma forma que en la tradición experimental, los fenómenos producidos en la ecología de campo son sólo posibles gracias a que un conjunto de prácticas de diferentes tipos ayudan a generarlos.

Las diferencias más importantes respecto de otras disciplinas que se inscriben dentro de la tradición experimental son las siguientes:

- 1) De acuerdo a los fines epistémicos que persigue la investigación en la ecología de campo, la creación de fenómenos tiene como un componente central el entorno natural. Hay diferencia entre la ecología de campo y las disciplinas que desarrollan su trabajo en laboratorios (como la física experimental o la biología molecular), las cuales se distinguen por construir los aparatos que sirven para generar los fenómenos en condiciones de artificialidad y con un amplio control (dándoles la característica de ser manipulables). En la ecología de campo los fenómenos que se crean emergen a partir de ciertas prácticas que se suman para generarlos, las cuales incluyen en su conjunto: prácticas de manejo de instrumentos, prácticas de medición, de observación, prácticas de modelaje, etc., y su manufac-



CONCLUSIONES

tura, además de los constreñimientos materiales del mundo exterior. En la ecología de campo no se pueden abstraer los entornos naturales ya que son parte central en la creación de fenómenos.

2) El sentido en que podemos decir que hay una relación jerárquica funcional en la estructura heurística que conforma a la investigación de campo en ecología es más débil que en otras áreas. Esto no significa que en otras disciplinas la relación de jerarquía funcional entre procedimientos heurísticos y las técnicas en que se materializan sea rígida e inamovible. Se pueden intercambiar, alterarse, etc., hay flexibilidad. Sin embargo, como en el ejemplo de la secuenciación de aminoácidos, un paso de la técnica consiste en cortar las cadenas polipeptídicas por medio de una encima específica que corta un tipo particular de aminoácido. En este ejemplo, la relación entre procedimientos (para esta técnica) es muy particular y no se puede alterar o intercambiar de forma tan flexible como en algunas de las técnicas de la evaluación de la termorregulación. En la ecología de campo, las técnicas tienen un orden secuencial y de prioridad unas con respecto a otra, pero son ajustables de tal forma que se pueden intercambiar, realizar al mismo tiempo o unas antes que otras, la flexibilidad es mayor. De tal forma que la relación de jerarquía es más débil, lo cual no significa que esté ausente o que no sea importante, sólo que es distinta.

3) La ejecución de estas prácticas de investigación y en general de las disciplinas que se insertan en la tradición experimental depende de instrumentos tecnológicos²⁹ y materiales pero no son los únicos. También son importantes los contextos de implementación de la práctica, los cuales resultan de los objetivos de la investigación y de la habilidad de los investigadores para definir que ambientes son pertinentes en su estudio. En el caso particular de la ecología en última instancia lo anterior depende de los estándares de investigación que se han atrincherado en la comunidad epistémica (los ecólogos) de la cual forman parte.

La naturaleza de las normas epistémicas que dan forma a este tipo de investigación está implícita en la implementación de cada una de los procedimientos heurísticos que inte-

²⁹ Al igual que otras disciplinas experimentales la creación de fenómenos en la ecología de campo depende en un sentido importante de los instrumentos tecnológicos con los que se trabaja en la actualidad. Gracias al desarrollo y/o implementación de tecnología modernas los estudios en ecología de campo han logrado estudiar fenómenos complejos que en otro tiempo era imposible pensar en desarrollar. Es en este sentido que los instrumentos tecnológicos son esenciales para crear los fenómenos en la ecología de campo moderna.



CONCLUSIONES

gran a las estructuras heurísticas mencionadas. Aunque existe cierta flexibilidad respecto a cómo deben desarrollarse las técnicas (depende de los objetivos de la investigación, la habilidad del o los investigadores, de los lugares donde se haga el trabajo, de los recursos materiales y tecnológicos con los que se cuente, etcétera.), es claro que el protocolo para evaluar la termorregulación y las técnicas para evaluar la abundancia son un conjunto de directrices de cómo deben de desarrollarse las investigaciones a detalle. En el fondo de estos protocolos hay complejas estructuras normativas explícitas en cada una de las técnicas de los dos ejemplos. Pero no sólo está sugerida dicha normatividad. En la implementación prácticas de estas técnicas hay una compleja normatividad implícita que hace referencia a la habilidad de un agente epistémico para realizar correctamente ciertas prácticas (de acuerdo con la comunidad epistémica pertinente). Lo cual da forma y estructura a la práctica en cuestión.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	iii
PRIMER CAPÍTULO	
LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA Y LA NORMATIVIDAD EPISTÉMICA	
La filosofía de la ciencia de la primera mitad del siglo xx	1
Algunas críticas a la filosofía analítica	2
La posición de la sociología de la ciencia	3
Una alternativa al normativismo lógico	5
La filosofía de las prácticas científicas y el conocimiento	8
SEGUNDO CAPÍTULO	
PRÁCTICAS CIENTÍFICAS, ESTRUCTURAS HEURÍSTICAS Y TRADICIONES CIENTÍFICAS	
Las estructuras heurísticas	11
Las tradiciones científicas	14
TERCER CAPÍTULO	
UN EJEMPLO DE PRÁCTICA CIENTÍFICA, LA ECOLOGÍA DE CAMPO	
Ejemplos de prácticas experimentales en la investigación de campo en ecología	22
Técnica para la evaluación de la termorregulación en organismos ectotermicos	23
1. Estructura heurística	30
2. Constreñimientos materiales	32
3. Creación de fenómenos en la ecología de campo	32
4. Tradición científica	35
5. Normas implícitas en prácticas	38
Otro ejemplo en la ecología de campo	39
Evaluación de la abundancia	40
CONCLUSIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Allaby M. (edit.), 1998, *Dictionary of Ecology*, Second ed., Oxford University Press, Oxford.

Allaby M. (edit), 1985, *The Oxford Dictionary of Natural History*, Oxford University Press, Oxford.

Audi Robert (edit), 1999, *The Cambridge Dictionary of Philosophy*, Second ed. Cambridge University Press, Cambridge.

Avery R. A., 1982, *Field Studies of Body Temperatures and Thermoregulations*, in C. Gans and F.H. Pough, (eds.), *Biology of the Reptilia*, 12: 93-166, Physiology C. Physiological Ecology, Academic Press, New York.

Bakken, G.S., 1992, *Measurement and Application of Operative and Standard Operative Temperatures in Ecology*, *American Zoologist* 32 (2): 194-216.

Carnap, R., 1937, *The Logical Syntax of Language*, Routledge and Kegan Paul, Londres.

Dancy, Jonathanm 1993, *Introducción a la epistemología contemporánea*. Trad., José Luis Prades Celma, Madrid, Tecnos.

Franklin, A., 1990, *Experiment, Right and Wrong*. Cambridge University Press, Cambridge.

Hacking Ian, 2009, *Scientific Reason*, Institute for Advanced Studies in Humanities and Social Sciences, National Taiwan University Press.



BIBLIOGRAFÍA

Hacking, Ian, 1996, *Representar e Intervenir*, Sergio Martínez (Trad.), Paidós/IIF UNAM. [1ª ed.: 1983, *Representing and Intervening*, Cambridge University Press, Cambridge]

Hertz P. E., Huey R. B. and R. D. Stevenson, 1993, *Evaluation Temperature Regulation by Field-active Ectotherms: the Fallacy of the Inappropriate Question*, *The American Naturalist*, 142 (5):796-818, University of Chicago Press, Chicago.

Huang, X., 2008, *Dos Acercamientos al Origen de la Normatividad*, en Esteban, J. M. Esteban y S. F. Martínez (Comp.), *Normas y prácticas en la Ciencia*, IIF, UNAM, México D.F. pp. 35-60.

Huey, R.B., 1991, *Physiological Consequences of Habitat Selection*, *American Naturalist*, Supplement 137: 91-115.

Jorgensen S. E. (Editor in chief), 2008, *Encyclopedia of Ecology* Vol. 5 ELSEVIER.

Kebs, C. J., 1999, *Ecology Methodology*, Second ed., Addison–Welsey, Educational Publishers, University of British Columbia.

King D. P., 2008, *De las Normas Implícitas en Prácticas Lingüísticas a las Normas Implícitas en Prácticas Epistémicas.*, en Esteban, J. M. Esteban y S. F. Martínez, *Normas y Prácticas en la Ciencia*, (Comp.), IIF, UNAM, México D.F., pp. 61-79.

Martínez S., 1997, *Una Respuesta al Desafío de Campbell: la Evolución y el Atrincheramiento de las Técnicas*, en Martínez S. y Olivé L. (Comp.), *Epistemología Evolutiva*, UNAM/Paidós, México, pp. 221-241.

Martínez, S., 2003, *Geografía de las Prácticas Científicas*, IIF, UNAM, México D. F.



BIBLIOGRAFÍA

Mendelsohn E., 1977, *The Social Construction of Scientific Knowledge*, en Mendelsohn *et al.*(Comp.), *The Social Production of Scientific Knowledge*, Reidel Publishing Company, Dordrecht, Boston, pp. 3.

Pendry J.B. and D.R. Smith, 2004, *Reversing Light with Negative Refraction*, *Physics Today*, 57(6):37-43.

Peterson, C. R., 1987, *Daily Variation in the Body Temperatures of Free-ranging Garter Snakes*, *Ecology* 68 (1): 160-169, Ecological Society of America.

Polanyi, M., 1957, *Personal Knowledge*, The University of Chicago Press, Chicago.

Quine W. V. O., 1962, *Dos Dogmas del Empirismo*, Desde un punto de vista lógico, Barcelona, Ariel, pp. 48-81.

Rheinberger Hans-Jörg 2005, *A Reply to David Bloor: "Toward a Sociology of Epistemic Things"*, *Perspectives on Science*, 13 (3): 406-410, The Massachusetts Institute of Technology.

Rheinberger Hans-Jörg, 1997a, *Experimental Complexity in Biology: Some Epistemological and Historical Remarks*. *Philosophy of Science* 64 (4):254.

Rheinberger Hans-Jörg, 1997b, *Toward a History of Epistemic Things*, Stanford University Press, Stanford.

Suárez E., 2008, *Pragmatismo y Filosofía del Experimento: el Caso del DNA Satelital.*, en Esteban, J. M. Esteban y S. F. Martínez (Comp.), *Normas y Practicas en la Ciencia*, IIF, UNAM, México D.F., pp. 201-219.



BIBLIOGRAFÍA

Veselago V.G., 1968, *Electrodynamics of Substances with Simultaneously Negative Electrical and Magnetic Permeabilities*, 10(4): 509-514, Sov. Phys. USPEKHI.

Woolgar, S., 1988, *Science: The Very Idea*, Ellis Horwood/Tavistock, Chichester/Londres.