

InnOvaciOnes de NegOciOs 1(1): 89–107, 2004
© UANL, Impreso en México.

Fundamentos del método científico (Fundamentals of the scientific methodology)

Badii, M. H., A. R. Pazhakh*, J. L. Abreu y R. Foroughbakhch

UANL, Ap. 391, San Nicolás, N. L., 66450, México, mhbadii@yahoo.com.mx, *Azad University,
Dezful, Irán

Palabras claves: Ciencia, ECOEE, investigación, métodos

Resumen. El objetivo de esta obra no radica en realizar una búsqueda exhaustiva de la literatura en el tema, sino, sentar las bases del método científico, notando los aspectos filosóficos e éticos de la ciencia. Se presentan los conceptos y definiciones fundamentales relacionados con la metodología de la investigación científica. Se maneja el concepto de la toma de los datos válidos como un requisito básico en cualquier trabajo científico. Se pone a disposición del lector un modelo denominado el ECOEE que es una herramienta poderosa para establecer puntos de comparación e discusión entre los resultados de diferentes trabajos científicos. Finalmente, ofrece unas sugerencias de que hacer o no hacer en cuanto a realizar un trabajo de investigación.

Key words: ECOEE, methods, research, Science

Abstract. The aim of this paper is not to conduct a thorough literature search on the subject material, but to stress the fundamentals of the scientific methodology along with the philosophical and ethical issues thereof. The basic concepts and definitions in relation to research methodology are presented. The concept of data collection as a basic requisite in any scientific work is discussed. The ECOEE model as a strong tool in establishing different points of view and comparison among the results of different scientific works are laid out. Finally, some tips and suggestions are given as what to do or to avoid in conducting scientific research.

Introducción

Prácticamente, todos los aspectos de la vida tienen relación con la filosofía. La filosofía se trata de la búsqueda de la esencia, propiedad, causa y efecto de todos los eventos, objetos, fenómenos, procesos en el espacio y el tiempo. Es obvia que esta misión es demasiado grande y por tanto el filósofo busca ayuda de cinco siguientes ramas.

La lógica: es la forma óptima de pensar e investigar, es decir razonar. La lógica se divide en dos formas: a) la lógica deductiva: ir de un principio, paradigma o ley principal a un caso particular, y b) la lógica inductiva: que es contrario a la lógica deductiva. Ahora bien, la base de la lógica inductiva es la investigación, y hay que notar la que la gente usualmente usa en la vida cotidiana es un acercamiento deductivo.

La estética: se trata de la optimización de la belleza que a su vez significa el balance o la armonía entre diferentes partes de un todo. La belleza o la armonía puede percibir por cualquier de los cinco sentidos humanos. En este rubro entra también el arte que en realidad significa convertir el desorden o caos en el orden o el cosmos.

La política: es la búsqueda del poder y su distribución de tal manera que beneficia a todas partes de una interrelación social.

La metafísica: significa la búsqueda de la última realidad de cada cosa.

La ética: se trata de la optimización de la conducta, y la conducta significa la respuesta a un estímulo externo, y como tal, todos los organismos reaccionan ante cualquier acción. Los seres humanos cuando hablan de la ética, normalmente se refieren a un caso específico llamado la moral que esta relacionada con la distinción entre lo correcto e incorrecto, en otras palabras aquí entran los valores en la relación con las normas de conductas en la vida.

El concepto de los valores

Los valores son creencias, criterios y convicciones que sirven para comprendernos a nosotros mismos y dar un sentido de interdependencia con los demás (Badii y Flores, 2000). Los valores son principios que le ayudan a toda la persona comprender el mundo y sobre todo a descubrir su propia identidad. Los valores son modelos a seguir, parámetro de comportamiento, son ideales (no sólo un juego de reglas) a alcanzar para conseguir una armonía interior y exterior (social).

Uno de los ángulos o perspectivas más importantes sobre los valores incide en la necesidad de comprensión, conocimiento personal o sentido de identidad. La importancia de esta radica en la necesidad de conocernos a nosotros mismos. "Conócete a ti mismo" fue el axioma fundamental de Sócrates, fundador de la ética filosófica. Existen seis tipos de valores que marcan tendencias preferenciales (Badii y Flores, 2000).

1. Valor teórico: indaga acerca de la verdad. Es por naturaleza una persona intelectual. Su pasión es conocer, saber el porqué, investigar. Les agrada la lógica la precisión, las ciencias exactas. 2. Valor económico: busca la

utilidad, no sólo económica, sino práctica. Es la persona que dice: Si el descubrimiento científico no va a ser útil, para qué se gasta dinero, y tiempo en investigar. 3. Valor estético: se trata de la búsqueda de la belleza. La armonía y la sensibilidad son sus rasgos básicos. Puede ser de dos tipos: el realizador de la obra de arte (el artista) y el espectador, que no es capaz de realizar pero si contempla la belleza. 4. Valor social: busca el bien y toda la constelación de valores que van con este valor central: justicia, equidad, respecto a la dignidad humana, servicio, la solidaridad, la caridad, etcétera. 5. Valor político: se trata de dominar el poder. El motivo fundamental de su vida es influir sobre los demás, posee un afán de dominio. Saber es poder. La verdad se debe subordinar la política. 6. Valor religioso: este tipo de valor se trata de la trascendencia. Para el hombre religioso, Dios es el centro de su vida, actúa y vive en Dios. Si la persona no es religiosa, de todas formas buscará trascender a través de sus obras.

Como un derivado directo de la calidad de la vida, los valores se estructura en tres grupos (Ehrlich y Ehrlich, 1972): los que norman la conducta *ecológica* del individuo, los que norman su conducta *social* y los que norman su conducta *cultural*. Estos tres grupos de valores se jerarquizan según su importancia en la supervivencia de la comunidad.

La jerarquía más alta corresponde a los valores ecológicos por el hecho de que para ser se necesita con que ser; sin aire para respirar, agua para beber y alimento para comer, no hay manera de ser. La jerarquía intermedia corresponde a los valores sociales porque de ellos depende el ser o funcionalidad y competitividad del grupo, para el humano, sin grupo no hay individuo. Finalmente, con la menor jerarquía quedan los valores culturales, estos cambian de grupo a grupo, e inclusive dentro de uno de ellos, varían de época en época y de región a región; para que esto último sirva de ejemplo la posición de la mujer en diferentes épocas y culturas, la cual ha variado de ser simple propiedad del hombre hasta igualdad total con él en todos los aspectos de la vida cultural y social de una comunidad.

Los valores ecológicos más importantes son los siguientes. a) Reconocerse cada individuo y toda la sociedad como producto y parte del ecosistema. b) Mantener la población humana dentro de límites normales según la capacidad de carga de cada ecosistema. c) Mantener el uso de materia y energía dentro de los recursos cíclicos del ecosistema y dentro de su capacidad homeostática. d) Mantener la calidad fenotípica y genotípica de la población humana dentro de los límites etológicos y culturales de la comunidad. Estos cuatro valores deben ser trabajados desde un punto de vista filosófico, pero no

desvirtuados, ni alterados, para adaptarlos a las características sociales y culturales de la comunidad.

Los valores para normar las relaciones (valores sociales) han ido formando en los últimos 200 años como parte de las constituciones de los países “modernos”, ya sean monarquías constitucionales, o repúblicas federales o centrales, también se ha desarrollado el derecho internacional que pretende normar las relaciones entre los países.

Para los valores culturales, dada su fluidez y dinamismo, se impone una continua consideración de su funcionalidad y ventaja adaptativa dentro del marco ecológico, etológico, social, técnico y económico de la comunidad. El derecho a la libertad, a la justicia, al respeto de la persona, a la intimidad, a la propiedad, entre otras, ha variado en el continuo tiempo-espacio, de en época y de cultura en cultura, su existencia dependerá de la habilidad del hombre para actualizarlos y darles ventaja adaptativa.

La ciencia

De la lógica se desprende otra ayuda a la filosofía que se denomina la ciencia. Existen dos razones para adquirir conocimiento: primero para satisfacer la inquietud o curiosidad intelectual innata de sí mismo y segundo para manipular y utilizar el medio en su beneficio porque éste mejora su posición estratégica en el mundo; ¿Cuales serán las características que distinguen el conocimiento científico del conocimiento no científico?, uno es que la ciencia busca conocimiento de manera organizada y sistematizada, por ejemplo en el conocimiento empírico se dice que los hijos se parecen a sus padres. Sin embargo, esto muestra poco interés en establecer sistemáticamente conexiones entre fenómenos que aparentemente no están relacionados, por otro lado la ciencia busca formulación de teorías y leyes generales que manifiestan patrones de interrelaciones entre muy diferentes tipos de fenómenos; otras características que distingue la ciencia del sentido común son que la ciencia trata de explicar porqué los fenómenos observados en realidad ocurren, retomando el ejemplo de semejanza entre hijos y padres el sentido común no busca explicaciones para los fenómenos naturales a través de la identificación de las condiciones que son responsables para la ocurrencia de estos; éstos dos rasgos, búsqueda del conocimiento organizado y sistemático junto con el intento de explicar porqué los eventos se manifiestan como los observamos, son las características que distinguen el conocimiento científico del conocimiento empírico; sin embargo estas dos características están compartidas con otras formas de conocimiento tales como filosofía y matemáticas.

El rasgo que distinga la ciencia experimental de otros tipos de conocimientos sistematizados y organizados es, que la explicación científica debe estar sujeta a la posibilidad de rechazo experimental, la posibilidad de descartar es en realidad el criterio que separa la ciencia de otros tipos de conocimiento; entonces se puede definir la ciencia como “el conocimiento sistematizado y organizado acerca del universo basándose en los principios o fundamentos explicativos sujetos a la posibilidad de rechazo experimental” El pensamiento científico está caracterizado por ser un proceso de invención o descubrimiento; parte imaginativa o creativa, seguido por la verificación o parte crítica; la primera parte está relacionada con la adquisición de conocimientos y la segunda parte con justificación de lo mismo. Los científicos como otras gentes adquieren conocimiento de distintas formas; observar, leer, conversar, hasta sueños y observaciones erróneas, basándose en estas, el científico imagina o crea ideas o hipótesis (Badii, 1989).

La hipótesis o la etapa inicial del entendimiento científico es la conjetura imaginativa de lo que puede ser verdad, y es un incentivo para la búsqueda de la verdad y cualquier clave acerca de donde encontrarla. La hipótesis guía la observación y la experimentación, porque sugiere el camino a seguir, las observaciones hechas para probar una hipótesis son a su vez fuentes de inspiración para crear nuevas teorías; entonces la ciencia progresa a través de la búsqueda de patrones o verdades repetitivas al intentar rechazar las hipótesis explicativas, todo esto basándose en los hechos. El probar una hipótesis o validarla internamente, involucra mínimamente cuatro actividades: primero la hipótesis no debe ser autocontradictoria o ilógica; segundo, debe tener valor explicativo; tercero, su consistencia con las teorías comúnmente aceptadas en un área específica y finalmente, debe prestarse a pruebas experimentales.

La mayoría de los científicos durante su entrenamiento formal están expuestos a un solo tipo de uso de la hipótesis, la que se emplean en estadística, los estadísticos hacen buen uso de un caso especial de hipótesis explicativa llamada “hipótesis nula” que indica “no hay explicación” es decir, los hechos observados pueden ser resultado de un juego aleatorio. Esta es una herramienta muy poderosa para evaluar “resultados” de observaciones y/o experimentación; sin embargo, no contribuye en nada la explicación y entonces el proceso puro en la ciencia. Una vez rechazada la hipótesis nula, tenemos que presentar una explicación causal. Nuestro objetivo en cuanto a la relación causa-efecto sería el rechazar la hipótesis nula que descarta la causalidad.

Ahora bien, una vez que se rechaza la hipótesis nula, el siguiente paso sería sí hay causa e efecto en la naturaleza, es decir, existen patrones repetitivas

naturales, pero ahora debemos contestar la pregunta de ¿qué tan complejos son estos patrones? Existe un principio denominado “el principio de la navaja de OCAAM” que deriva de William Oackham alrededor de 1350 que dice lo siguiente: *aquella hipótesis simple que explique la mayoría de los hechos observados es más cercano a la realidad*, en otras palabras no hay que hacer el mundo complejo sin necesidad, es decir, las cosas tiene explicaciones simples, el punto crucial es el encontrar estas explicaciones.

La verificación de la hipótesis surge de: 1) fracaso repetitivo a rechazar las consecuencias deducidas de explicación y, 2) al fracaso en predecir y explicar las consecuencias que las hipótesis alternas no predicen.

A medida que la ciencia avanza, pasa a través de varias etapas, estas son: “etapa qué”, “etapa cómo”, y “etapa porqué” (Kuhn, 1977). En la primera etapa la ciencia es principalmente descriptiva y responde con la determinación acerca de que hay allá. Una vez que tenemos un cuerpo considerable de hechos acumulados, hay que dedicar mucha energía en la búsqueda de orden, patrón, y comportamiento de los hechos, es decir como los hechos están arreglados y como funcionan, este es la etapa cómo. Finalmente, empiezan a aparecer las teorías para explicar porqué los patrones y funciones existen, cómo los observamos, y esto sería la etapa porqué. Ahora bien, a nivel descriptivo no hay necesidad de cambio en la escala espacio-temporal de observación y experimentación porque hay mucho que aprender y casi todos los hechos son útiles. Sin embargo, cuando surgen los patrones y funciones (cómo), junto con sus explicaciones (porqué) hay que cambiar el tamaño de escala espacio-temporal a escala mayor o menos de lo que está bajo estudio, porque este tamaño influye en la naturaleza de patrón, función y explicación (Badii, 1989).

Según Kuhn (1962), primero hay una etapa de “pre-paradigma” que se refiere a la etapa en donde no tenemos todavía un cuerpo acumulado de la generalidades denominado “la ley principal”, “la hipótesis universal” o “el paradigma”. Una vez obtenida el paradigma, la ciencia se denomina “la ciencia normal” que esta caracterizada por tener su ley principal, y por tanto, de aquí en adelante, lo que hacen los científicos esta bajo la seguridad y la validez de este paradigma. En otras palabras, según Kuhn no tenemos avance en la ciencia durante la etapa de la ciencia normal. Todo lo que hacen los científicos es verificar repetitivamente el mismo paradigma. Sin embargo, empiezan a salir dudas o anomalías, es decir, algunos investigadores, van a tener dificultad en llegar con la predicción del paradigma. La acumulación de estas anomalías, finalmente obliga a los investigadores a buscar a modificar el paradigma actual y reemplazarlo con un nuevo paradigma. A este rompimiento del paradigma, Kuhn le denomina una revolución científica. Entonces pasamos de la etapa de la

ciencia normal a una nueva etapa, caracterizada por un nuevo paradigma, que a su vez debe estar sujeta a la probabilidad de rechazo o la modificación en el futuro, si los datos y las anomalías próximas así lo determinen.

Entonces, la ciencia o la búsqueda metodológica de la verdad contiene tres etapas, éstas son eslabones necesarios para el proceso de maduración. La búsqueda sistematizada puede tener aplicaciones tanto teóricas, básica o pura, como prácticas; estos dos puntos se retroalimentan recíprocamente el uno al otro. Para finalizar, hay que aclarar que la fase más importante de un trabajo científico es la publicación del mismo, es decir, un trabajo científico no publicado o mal presentado es igual a un trabajo no hecho. A continuación se mencionan y de forma breve se explican algunos conceptos filosóficos de la ciencia.

El progreso y la ciencia

Si hay algo en que todos científicos están de acuerdo es que la Ciencia es una franquicia progresiva, dada la naturaleza de ciencia progresiva, una pregunta lógica sería ¿sí una teoría podrá describir el mundo empírico con exactitud completa? La noción es tentadora y un número de científicos han proclamado la terminación completa de investigación en una disciplina particular (ocasionalmente con un resultado cómico de una transformación profunda de la disciplina un tiempo después). Sin embargo, la naturaleza de ciencia argumenta en contra de esta noción de jamás saber que una teoría es la palabra final. Las razones son las limitaciones innatas sobre verificación; se puede verificar una hipótesis al probar la validez de los resultados derivados de ella, más nunca comprobar completamente la teoría porque un caso opuesto siempre puede surgir en el futuro (Badii et al., 2000).

Debido a limitaciones sobre la verificación, filósofos sugieren una restricción más fuerte sobre las teorías, es decir, el de la probabilidad de rechazo de teorías; en otras palabras, deben estar sujetos a rechazo porque sólo de esta manera pueden estar sujetos a comprobación real.

El criterio de rechazo distingue el rasgo científico de no científico, los creyentes no admiten que sus ideas puedan ser rechazables. A pesar de que el rechazo es mucho más fuerte que la verificación, ya que ésta sólo aumenta la confianza en la teoría, el problema básico se mantiene; los comentarios generales acerca del mundo nunca pueden ser confirmados 100% en base de evidencias finitas y toda la evidencia es finita.

Las teorías científicas están siempre sujetas a reexaminación y si es necesario reemplazo, en este sentido cualquiera de las teorías más aceptadas

del hoy pueden ser una descripción limitada del mundo empírico y al menos parcialmente erróneo. Las teorías nuevas obtienen respeto porque describen el mundo social o físico más completamente por ejemplo, la mecánica relativista vs mecánica Newtoniana, o nuestros antecesores tipo mono primero caminaron antes de tener un cerebro grande.

El error humano y la ciencia

El error puede ser debido a: 1) limitaciones innatas sobre teorías que se descubren a lo largo de avance gradual de ciencia y 2) error humano ya que los científicos no son infalibles y no tienen recursos infinitos; aún el científico más responsable puede cometer un error honesto y, cuando sucede esto hay que admitirlo de preferencia en la misma revista donde fue publicado. Estos errores usualmente no son mal criticados por los colegas; otros científicos pueden imaginar haciendo errores similares. El error puede suceder a pesar de que uno hace lo mejor que puede y obviamente, estos tipos de errores se pueden tolerar, pero, el error debido al trabajo negligente como apurar o inatención no es tolerable.

Mediante el error el científico no sólo daña su propio trabajo, sino también el trabajo de otros y debido a que la fuente de error es difícil de identificar; la negligencia cuesta años de trabajo para aquellos que construyeron sobre aquel trabajo erróneo.

El fraude y la ciencia

Aunque el daño es igual, hay diferencia significativa entre error y fraude; en el caso de error, el científico no intenta publicar resultados equivocados mientras que en caso del fraude el científico sabe lo que está haciendo. De todas las violaciones de éticas, el fraude es el más grande. Como en el caso de error, el fraude rompe el eslabón vital entre entendimiento humano y el mundo empírico, el eslabón que es el más fuerte del científico (entre la ciencia y la vida). Sin embargo, el fraude va más allá que el error; destruye las bases de la confianza sobre las cuales la ciencia está construida. El fraude ocasiona: 1) pérdida de tiempo, 2) el reconocimiento erróneo para unas personas y el sentimiento de traición personal, 3) daño directo a aquellas personas que dependen en descubrimientos científicos, por ejemplo cuando los resultados fraudulentos forman parte de la base de un tratamiento médico y 4) generalmente el fraude destruye la confianza de la sociedad en la ciencia.

El fraude abarca un espectro amplio de comportamiento: 1) seleccionar datos: esto es, seleccionar sólo aquellos datos que apoyan a una hipótesis y esconder el resto, 2) alterar datos: cambiar los datos para que concuerden con lo esperado, 3) plena fabricación, es decir, imaginar los resultados, aunque se piensa que el tercero es el más deplorable que el primero o el segundo, sin embargo, los tres son fraudes intencionales.

Durante las últimas décadas se han visto una docena de casos de fraude que forman una fracción pequeña de las investigaciones en la comunidad científica, hay razones para creer que los casos de fraude son muy pocos, ya que la ciencia es una franquicia acumulativa; el trabajo de uno está basado en el de los otros y también debido a las revisiones escépticas y la verificación de los resultados publicados, la ocurrencia de fraude se minimizan.

La asignación del crédito y la ciencia

La asignación se da en dos lugares: a) en lista de autores en texto, y b) en lista de referencia y a veces también en parte de reconocimientos. Las referencias o citas tienen varias funciones: 1) reconocer trabajos de otros científicos, 2) dirigir al lector hacia fuentes adicionales de información, 3) reconocer conflictos con otros trabajos, 4) generar apoyo para discusiones o argumentos en el presente papel, 5) las citas dan un papel dentro del contexto científico relacionado con el estado actual del conocimiento científico, 6) las citas dejan un camino a seguir para trabajos posteriores en caso de que alguno salga mal, es decir, a parte del crédito, las citas asignan también responsabilidad.

La ciencia es tanto competitiva como cooperativa, mediante citas uno tiene una red invisible de colegas; ahora si uno cita el trabajo de otros uno recibe el apoyo de sus colegas pero reduce su reclamo sobre la originalidad. Por otro lado, si uno no cita los trabajos de otros, no reconoce las ideas de otros, tiende a encontrarse así mismo excluido del anillo de colegas. No hay una regla para la asignación apropiada de créditos en ciencia, pero uno tiene obligación ética y profesional para dar a otros los créditos que se merecen, la regla de oro de auto-interés se puede seguir ya que los científicos que esperan recibir un trato justo de otros deben tratar a otros de manera justa.

El plagio y la ciencia

Éste tema abarca un amplio espectro de mala conducta; varía desde el robo obvio hasta utilizar técnicas o frases de otros; es obvio que durante una vida

de leer, teorizar y experimentar, el trabajo de uno se puede traslapar con trabajos de otros. Sin embargo, el traslape ocasional es una cosa y el uso sistemático (sin dar reconocimiento) de técnicas, datos, palabras o ideas de otros es otra cosa. El plagio puede ser intencional o no, pero el daño a la víctima es lo mismo, hay que tener mucho cuidado con el trabajo, apoyo de aplicación, artículos de otros antes de publicación (no hay que divulgar estos). Por otro lado, los científicos deben tener cuidado de no posponer publicaciones o negar dar apoyo al trabajo que ellos encuentran en competencia con los suyos.

Es cierto que el plagio no produce descubrimientos erróneos en la ciencia, pero debido a la naturaleza comunal de la ciencia, se descubre el plagio y cuando se establece éste, el efecto puede ser detrimental ya que el trabajo de la vida de una persona se ve contaminado, además el plagio es ilegal y se puede demandar al plaguario.

Los valores y la ciencia

Los valores humanos afectan los métodos (técnicas y principios aplicados en ciencia) tanto como la hipótesis; el efecto de los valores es especialmente notorio durante la formulación y juzgamiento de las hipótesis. Algunas veces hay varias hipótesis competitivas que explican los hechos igualmente bien, entonces, ¿Cuál de ellas a escoger? Para esto se deben tomar los siguientes criterios: consistencia, lógica, explicable, experimentable y probabilidad de rechazo. En los casos de difícil predicción (cosmología, geología), hay que unificar observaciones diferentes. Los valores antes mencionados se basan en el conocimiento epistemológico; otros valores como los culturales, religiosos, políticos y económicos también afectan el juicio; estos valores causan daños por ejemplo, evidencia de investigación científica para opiniones racistas.

Actitudes con respecto al sexo han ocasionado desperdicio de talento y diversidad en ciencia; el sesgo distorsiona el diseño de los estudios e la interpretación de los hallazgos, los conflictos de intereses debido a aspectos financieros que también son dañinos, la reducción de tiempo entre descubrimientos básicos y aplicaciones comerciales causan conflictos de interés en la publicación de los descubrimientos o sesgos en la investigación hacia ganancias personales.

Los valores sociales y humanos no necesariamente dañan la ciencia; el deseo de hacer trabajos precisos es un valor social como lo es la noción que el conocimiento finalmente beneficie (más no dañe) al humano, uno debe reconocer que los valores motivan al científico pero el peligro viene cuando el científico

permite que estos valores introduzcan sesgo en su trabajo y los resultados de la investigación resulten distorsionados.

El mecanismo social de ciencia trabaja para minimizar la influencia de estos valores, pero el científico puede prevenir esto vía definir e identificar sus valores; una forma muy buena para hacer esto es estudiar historia, filosofía y sociología de la ciencia.

La ciencia y la comprensión humana

El conocimiento humano ha crecido inimaginablemente, de cada ciencia han radiado muchas ciencias más, cada una más sutil que el anterior. El telescopio revela estrellas y sistemas más allá que la mente puede numerar o nombrar; la geología habla en términos de millones de años cuando el hombre estaba familiarizado con miles de años; la física encontró un universo dentro del átomo y la biología dentro de la célula; la fisiología descubrió grandes misterios dentro de cada órgano; la psicología dentro de cada sueño; la antropología reconstruyó la antigüedad del hombre y arqueología desenterró los estados y ciudades olvidados; la historia confirma toda la historia falsa; la teología derrumbo, la teoría política se fracturo, la invención complicó la vida y facilitó la guerra; la avaricia derroto a los gobiernos e inflo al mundo.

La filosofía que había clamado a todas las ciencias en su ayuda para hacer una imagen coherente del mundo, notó que este trabajo de coordinación fue demasiado para su valentía, por lo que se escapó de todos estos encuentros con la verdad y se escondió entre las líneas delgadas de los libros gruesos buscando seguridad contra las responsabilidades de la vida. El conocimiento humano había sido demasiado grande para la mente del hombre.

Todo lo que quedó fue el científico especialista que sabía más y más acerca de menos y menos y el filósofo espectador que sabía menos y menos acerca de más y más; el especialista puso algo para tapar sus ojos del mundo dejando solo un pequeño agujero al cuál conectó su nariz; se perdió la perspectiva, los hechos reemplazaron el entendimiento y conocimiento y divididos en miles de fragmentos ya no podían generar sabiduría.

Cada ciencia y cada rama de filosofía desarrollan una terminología técnica entendible solamente a sus exclusivos adoradores; a medida que el hombre aprende más acerca del mundo, se encuentra a sí mismo menos capaz a expresar a la gente lo que aprendió, es decir, la distancia entre la vida y el conocimiento crece más y más. Los que gobernaban no entendían a los que enseñaban y los que creían aprender no entendían a los que sabían. En el medio

de este aprendizaje sin precedente la ignorancia popular floreció y escogió a sus ejemplares para gobernar las grandes ciudades del mundo. En el medio de las ciencias, nuevas religiones nacieron y las viejas supersticiones recuperaron las posiciones que habían perdido; el hombre se encontró así mismo en una encrucijada entre el padre religioso murmurando esperanzas increíbles y el padre científico murmurando pesimismo no entendible.

En esta situación la función del maestro fue mediar entre el especialista y la gente; entender el idioma del especialista del mismo modo que el especialista lo había aprendido de la naturaleza para poder romper las barreras entre el conocimiento y la necesidad y de este modo encontrar para nuevos verdades los viejos términos que son familiares a toda la gente. Porque si el conocimiento crece a ser demasiado para la comunicación, entonces se degenera en escolastismo y aceptación débil de autoridad. El hombre caería de nuevo en un estado de fe adorando de una distancia respetable sus nuevos padres teólogo-científico y la civilización que había tratado de levantarse a base de la educación, quedaría sostenida sólo basado en el conocimiento superficial sin valor práctico y, por tanto sería el monopolio de una clase esotérica del mundo caracterizada por una alta tasa de generación de terminología. Por eso los filósofos llaman para remover estas barreras y humanizar el conocimiento moderno.

Definiciones conceptuales

De manera breve se definen algunos puntos de suma relevancia con respecto al método científico y la investigación científica.

- 1. El método:** Un procedimiento o serie de pasos a realizar para lograr un objetivo.
- 2. La técnica:** Un conjunto de acciones realizadas en base al conocimiento para genera objetos, programas, formularios, etc. De una manera más simple la técnica significa un procedimiento para obtener un objetivo práctico.
- 3. La práctica:** Se trata de una técnica o un método repetitivo que por consecuencia convierte a la persona como un experto de la técnica o método practicado.
- 4. La investigación:** Un estudio organizado y sistematizado que basado en la experimentación genera un nuevo descubrimiento o verifica la validez de los descubrimientos anteriores.
- 5. El experimento:** Un procedimiento que basado en el control de las condiciones permite verificar (apoyar, rechazar o modificar) una hipótesis.
- 6. Unidad experimental:** La unidad material del experimento al cual se aplica el experimento.

7. Control de las condiciones: Se trata de controlar aquellas condiciones externas a las unidades experimentales que pueden ocasionar variación o ruido en los resultados del experimento.

8. El tratamiento: La condición específica del experimento bajo del cual está sujeto la unidad experimental.

9. La variable: Una característica medible de la unidad experimental.

No todas las características de las unidades experimentales se pueden medir con la misma variable y por ende, hay varias escalas de variables.

9.1 La escala nominal: Se trata de nombrar las unidades experimentales y sirve para ver si dos unidades experimentales son iguales o no.

9.2 La escala ordinal: Se trata de organizar las unidades experimentales en orden de magnitud, entonces, aquí no solamente se define si existe igualdad entre las unidades experimentales, sino también, que relación en término de magnitud tienen la una con la otra.

9.3 La escala razón: Esta escala se utiliza cuando existen dos rasgos siguientes: 1) entre dos valores adyacentes de la variable hay una distancia constante, y 2) existe un cero verdadero. Un ejemplo de la escala razón sería el número de las hojas de una planta o el número de los descendientes de un organismo.

9.4 La escala intervalo: En comparación con la escala anterior, en esta escala: 1) entre dos valores adyacentes de la variable hay una distancia constante, y 2) no existe un cero verdadero. Un ejemplo de la escala razón sería la hora (el cero es la 12 de media noche seleccionada en base a un convenio) o la temperatura en grados Celsius, en donde el cero está basado en el congelamiento del agua que también su origen en base a un convenio.

Cabe mencionar que se puede usar la escala nominal o ordinal en lugar de las dos escalas de razón o intervalo, sin embargo, al hacer esto, se pierde información ya que estas dos primeras escalas miden las variables en forma más aproximada en lugar de precisa. Ahora bien, cada uno de las dos escalas de razón e intervalo pueden presentarse en las dos formas siguientes.

9.5 La escala discreta: En este caso, entre dos valores adyacentes de la variable solamente puede ocurrir un solo valor, un ejemplo sería el caso de los dedos del hombre, el número de las plantas, etc.

9.6 La escala continua: En este caso, entre dos valores adyacentes de la variable puede ocurrir un infinito número de valores, un ejemplo sería el caso de la altura o el peso de los objetos. Aquí lo que determina la cantidad de los valores posibles será la precisión del instrumento que se utiliza para la medición de la variable.

10. La población: Un conjunto *total* de las observaciones o mediciones o individuos que uno desea estudiar.

11. La muestra: es un segmento (por definición pequeño) tomada de la población para poder representar la población.

12. El parámetro: Es la variable de la población.

11. La estimación o la estadística: Es la variable de la muestra.

13. Rasgos de una buena estimación: 1) No tener sesgo, donde el sesgo significa la diferencia entre el parámetro y la estimación. 2) Tener alto grado de precisión, donde la precisión indica el grado de la similitud o la cercanía entre varias estimaciones derivadas de diferentes muestras tomadas de la misma población. La precisión se mide por medio de la varianza o desviación estándar o el error estándar de la muestra. 3) Poseer alto nivel de exactitud, donde la exactitud quiere decir la diferencia estandarizada entre una observación y el parámetro y se la mide por medio del cuadrado medio del término de residual o error.

14. El estimador: Una expresión matemática que nos permite cuantificar la estimación.

15. El modelo: Es un conjunto de supuestos acerca del proceso que se está estudiando. Un modelo es una abstracción del mundo real. Se usa el modelo para reflejar y por ende predecir el mundo y se mide el poder de un modelo en base al grado de la cercanía con el cual el modelo representa al mundo real.

16. El error experimental: Dos unidades experimentales en el mundo natural (seres vivos, conceptos sociales, psicológicos, etc.) nunca son exactamente (100%) lo mismos. Esta diferencia se debe a dos factores: a) elementos genéticos, y b) elementos ambientales. Aún cuando estas unidades sean dos hermanos gemelos siempre surge diferencia debido al factor ambiental. A esta diferencia innata que existe entre las unidades experimentales se le denominan el error experimental o la variabilidad desconocida.

17. Tipos de errores: Existen dos tipos de errores, a) error tipo I o α que significa el rechazar una hipótesis correcta, y b) error tipo II o β : apoyar una hipótesis falsa.

18. El diseño experimental: Es un esquema para realizar un experimento. Los objetivos de un diseño experimental son: (1) verificar si la diferencia entre los tratamientos es una diferencia verdadera o se debe a un proceso al azar, (2) establecer tendencias entre las variables.

19. Rasgos universales del diseño experimental: 1) La selección aleatoria de las unidades experimentales. Esto evita el sesgo del muestreo. 2) El número de las repeticiones: Esto permite la cuantificación del error experimental. 3) El control

local de las condiciones. Esto ayuda a la reducción del error experimental. Cabe mencionar que todos los diseños experimentales deben poseer estos tres rasgos.

Tabla 1. Diseños experimentales comunes con algunas de sus características relevantes.

Nombre	Rasgos	Ventajas	Eficiencia
Diseño Completamente al azar	Ambiente sin gradiente de variabilidad	1. fácil de diseñar 2. fácil de analizar 3. diferentes # de repeticiones 4. máximo g.l. para el error	100%
Diseño de Bloques al azar	Con un gradiente de variabilidad	1. reduce la varianza de error 2. fácil de analizar 3. más flexibilidad 4. más precisión	167%
Diseño de Cuadro Latino	Con 2 gradientes de variabilidad	1. reduce la varianza de error 2. fácil de analizar 3. más flexibilidad 4. más precisión	222%
Diseño factorial (1) y Parcelas divididas (2): asignación al azar (1) y no al azar (2) de la unidad experimental a la unidad de muestra.	Más de un factor	1. más económico 2. permite medir las interacciones	288%
<u>Diseños multivariados</u>			
Utilizar un gran número de variables			
1. Componentes principales	* Provee ordenación y el perfil jerárquica		
2. Análisis Factor	* Reducir el número de las variables para el análisis		
3. Análisis Discriminante:	1. Agrupar en base a la diferencia 2. Más riguroso con los supuestos de la normalidad		
4. Análisis Cluster:	1. Agrupar en base a la similitud 2. Más robusto con los supuestos de la normalidad		
5a. LISREL (Linear Structured relationship) 5b. EQ (como LISREL, pero más amigable)	1. Busca linealizar las interrelaciones entre las variables 2. Intercambia las variables independientes a las dependientes y vice versa		
6. Correlación Canónica	* Interrelación entre múltiples variables		

Existen diferentes tipos de diseños experimentales basado en algunas características. En la Tabla 1 se mencionan dos tipos clásicos de diseños experimentales.

20. La ciencia estadística: Se trata de evaluar la validez probabilística de los eventos, sujetos, procesos o fenómenos. Para poder realizar esta misión, la ciencia estadística consta de dos etapas. 1) La estadística descriptiva: se trata de: a) coleccionar o mostrar datos, b) organizar los datos de una forma por ejemplo, ascendente o descendente, y c) presentar los datos en cuadros, figuras, etc. Hasta este punto todo lo hace la estadística es describir el mundo bajo estudio. 2) La estadística inferencial: incluye: a) análisis (hacer estimación) y validación de los resultados, b) interpretación de los resultados, es decir, dar significado real a los datos analizados, y c) publicar los resultados. Es obvio que esta etapa de la ciencia de estadística nos lleva hacia la toma de decisión y hacer conclusiones.

El modelo de *ECOEE*

Para ejemplificar la manera de cómo generar y usar hipótesis en el mundo natural, Bernstein y Goldfarb (1995) llegaron con un método conceptual denominado *ECOEE* que permite representar los puntos de vistas de los diferentes científicos o los marcos de referencias y de este modo hacer explícitas las nociones implícitas de los científicos que tradicionalmente causaban confusión en término del diseño e la interpretación de los estudios y la relevancia de los mecanismos ecológicos.

El modelo de *ECOEE* consta de seis conceptos claves que van de más lo explícito a lo más implícito. A pesar de que los se presentan las hipótesis de manera muy explícita, los supuestos que forman las bases de estas hipótesis raramente son claros. Estos conceptos reflejan nuestro supuesto que el observador (inevitablemente parte del sistema) percibe del contexto del marco de referencia lo que a su vez esta basado en los supuestos. En la Tabla 2 se definen cada uno de estos seis conceptos claves de *ECOEE*.

A parte de los seis conceptos, el modelo *ECOEE* cuenta con cinco parámetros provenientes de las cinco letras del nombre del modelo: **E** para el **Efecto**, **C** para el **Componente**, **O** para la **Operación**, **E** para la **Evidencia** y de nuevo **E** para la **Escala** del espacio y el tiempo. Se puede observar en la Tabla 3, cada uno de estos cinco parámetros, sus descripciones y unos ejemplos para clarificar la noción del modelo *ECOEE*. En proponer el concepto de *ECOEE*, la idea es el avanzar y clarificar las tres siguientes actividades. 1) Identificar el marco conceptual sobre el cual esta basado la descripción de la naturaleza como una herramienta para comparar e evaluar los estudios. 2) Determinar qué tan

general es la descripción de la naturaleza a través de definir el rango válido de los parámetros de *ECOEE*. 3) Generar varias descripciones alternativas de sistemas naturales, en lugar de los pares dicotómicos.

Tabla 2. Los conceptos que forman la base teórica de *ECOEE*.

Concepto	Definición
Hipótesis	Un conjetura específica acerca de qué ocurre en un ambiente específico y de que manera
Ambiente	Una de varias formas alternas de la descripción de la naturaleza
Descripción de la naturaleza	Un definición de los procesos y los límites físicos y conceptuales que determinen el marco de un estudio
Punto de vista	Equivale al marco de referencia tomando en cuenta al observador
Marco de referencia	Un contexto o estructura conceptual que resulta de la interacción y la combinación de los supuestos
Supuestos	Las premisas acerca de los procesos ecológicos, las reglas de evidencia, etc.

Se concluye que el marco de referencia nos guía hacia una descripción de la naturaleza que a su vez genera un contexto para una (o varias) hipótesis específicas. El uso del modelo *ECOEE* tiene aplicaciones prácticas y produce resultados tangibles. Para un científico, este modelo provee una manera de hacer una introspección efectiva e identificar, examinar y descubrir alternativas para los supuestos previamente escondidos. Cuando dos estudios del mismo tema producen resultados contrarios, al examinar sus respectivos parámetros de *ECOEE*, podemos descubrir las causas fundamentales de estas discrepancias. De esta manera el modelo de *ECOEE* ayuda a discutir los resultados contradictorios en una forma más sólida y productiva. Finalmente, al variar de manera sistemática, los parámetros de *ECOEE*, se puede generar un conjunto de varias hipótesis alternas en lugar de un para de hipótesis simples y dicotómicas que nos llevan hacia el familiar argumento “sí es” o “no, no es”.

Tenemos que tomar en cuenta varias características de *ECOEE* cuando utilizamos este modelo. Los seis parámetros y los ejemplos de la Tabla 3 son seleccionadas de manera subjetiva de una gama de las posibles alternativas.

Estos parámetros e ejemplos no tienen una relevancia inherente y objetiva, sino se derivan de la experiencia de los investigadores en el área de las ciencias naturales y específicamente la rama de la ecología. Indudablemente, otros parámetros e ejemplos son posibles y se pueden usarlos en los estudios. Debido a que el modelo de *ECOEE* es una ayuda para pensar, entonces, no existen parámetros correctos a seleccionar, y en realidad, se puede seleccionar otras alternativas y evaluarlas también.

Tabla 3. Los parámetros del modelo de *ECOEE*, sus descripciones y ejemplos.

Parámetro	Descripción	Ejemplos
Efecto	Tipo de causalidad	Lineal, curvilínea, circular: con o sin umbral
Componente	Organismos y rasgos de hábitat	Población, comunidad, ecosistema, instares de vida, rasgos de suelo, tipo de hábitat
Operación	La manera que los componentes se relacionan entre si	Depredación, competencia, parasitismo, dispersión (agregación, uniforme, escape), disturbios ambientales (contaminación, erosión), sedimentación
Evidencia	Tipo de datos validos	Anécdotas, experimentos simulados, experimentos en laboratorio y en campo, descriptivo, modelos, correlaciones, distribución, demografía, observaciones de la historia natural, observaciones empíricas
Escala	Espacio y tiempo	Discreto, continuo, gradiente, intervalo

Sugerencias para reducir errores en la investigación

A través de la experiencia acumulada de los diferentes investigadores, se han generado varios tips o pistas interesantes en cuanto a la investigación científica. La ciencia avanza a través de la colecta de datos y la comprobación de la validez de los mismos. En otras palabras, la maduración de la ciencia depende en la generación de las hipótesis y testar las mismas, o la conjetura y la refutación. Cabe mencionar que la hipótesis sin datos no es buena, y a la vez, generar datos y acumularlos sin ninguna referencia a una hipótesis es también pérdida de tiempo. Por tanto, hay que tomar datos del mundo real y testarlos. De manera resumida se puede señalar a ocho tips para la investigación. 1) No debe medir todo lo que se puede. 2) Buscar un problema y hacer una pregunta. 3)

Colectar datos que van a contestar a la pregunta, de esta manera se hace una buena relación con la estadística. 4) algunas preguntas no tienen respuesta todavía. 5) Nunca reportar una estimación estadística sin alguna medida de error. 6) Ser escéptico sobre resultados de las pruebas estadísticas en rechazar "Ho" o la hipótesis nula. El mundo no es solamente blanco o negro, sino hay mucha sombra de gris. 7) No confundir la diferencia estadística con la diferencia verdadera, es decir, un "Ho" de no diferencia es irrelevante por ejemplo en la ecología, esto se debe a los dos puntos siguientes: a) si se trata de dos poblaciones o comunidades, cada población por el hecho de haber sido denominado o considerado una población, es biológicamente y evolutivamente distinta de la otra; b) demostrar una diferencia estadística en este caso, es irrelevante y evita las preguntas reales de: b₁) ¿qué tan diferente son las dos poblaciones o comunidades? y b₂) ¿esta diferencia es suficiente grande para tener una diferencia verdadera? 8) Ingresar basura, egresar basura. Hay que tomar en cuenta que los modelos matemáticos y estadísticos e incluso la computadora son instrumentos de apoyo y todavía dependen de la inteligencia de nosotros para manejarlos, por tanto, de nosotros depende que tipo de información vamos a poner al alcance de estas herramientas.

Referencias

- Badii, M. H. 1989. Ciencia y generación de hipótesis. Boletín de División General de Estudios de Postgrado, UANL. 3(31): 1-2.
- Badii, M. H. y A. E. Flores. 2000. Valores ecológicos. Semana de Biología. Instituto Tecnológico de los Mochis. Los Mochis, Sinaloa.
- Badii, M. H., A. E. Flores, V. Garza y M. Villa. 2000. Ética y cultura ambiental. Pp. 403-416. In: Fundamentos y Perspectivas de Control Biológico, M. H. Badii, A. E. Flores y L. J. Galán (eds.), UANL, Monterrey.
- Bernstein, B. B. y L. Goldfarb. 1995. A conceptual tool for generating and evaluating ecological hypotheses. *BioScience*, 45(1): 32-39.
- Ehrlich, P. R. y A. H. Ehrlich. 1972. *Population Resource Environment*. Freeman y Company. N. Y.
- Kuhn, T. S. 1962. *The Structure of Scientific Revolution*. University of Chicago Press, Chicago.
- Kuhn, T. S. 1977. *The Essential Tension*. University of Chicago Press, Chicago.