

METODOLOGIA E REDAÇÃO CIENTÍFICA

PENSAMIENTO CIENTÍFICO

Este texto tem origem no material bibliográfico do Curso Pensamento Científico ministrado de forma *on line* por Carlos Gershenson da Universidade Nacional do México

CONTEÚDO

Unidad 1: Concepto Historia de la Ciencia

Unidad 2: La Verdad

Unidad 3: Conceptos y Métodos Científicos

Unidad 4: Ciencia y Vida

Unidad 5: Propagación de Conocimiento

Unidad 6: Los Límites de la Ciencia

Unidad 1 – Concepto y historia de la Ciencia

Por Carlos Gershenson - UNAM

Unidad1/Sesión1

En busca de la verdad: una breve historia de la ciencia

En este curso estudiaremos la evolución, las cualidades y los límites de la ciencia. También analizaremos cómo podemos emplear la ciencia en nuestra vida cotidiana para beneficio de todos. Revisaremos, de manera breve, la historia de la ciencia; esto nos permitirá conocer cómo, a largo de los años, la humanidad ha perfeccionando el pensamiento científico.

La ciencia trata de entender el mundo y buscar “verdades”. Las utilidades de la ciencia son muchísimas, pues si el ser humano entiende mejor las cosas puede tratar de controlarlas. Además, los métodos científicos permiten evaluar la validez de las ideas.

La palabra “ciencia” proviene del latín ‘scientia’, que significa *conocimiento*. Así, la ciencia trata de la generación, verificación y propagación del conocimiento; su objetivo es conocer nuestro mundo, nuestro entorno y a nosotros mismos. La palabra “conocer” proviene del latín ‘cognoscere’, que quiere decir *saber*. La ciencia trata de ayudarnos a saber *qué* pasa en nuestro mundo, *cómo* pasa y *por qué* pasa. Desde sus orígenes, los humanos han intentado entender y explicar el mundo. En las mitologías de todas las culturas, encontramos las primeras explicaciones del mundo.



La diferencia principal entre las mitologías y las ciencias es que estas verifican sus explicaciones. La ciencia siempre duda de sí misma, está lista para revisarse y nunca está terminada. De esta manera, la ciencia trata de evitar dogmas, mientras que la mitología da por ciertas sus explicaciones.

Aunque la ciencia tiene una enorme ventaja sobre otras explicaciones del mundo, no puede dar explicaciones para todo. Y es que mientras más conocemos, mayor conciencia adquirimos de lo que ignoramos; nuestro conocimiento va en aumento, pero también se incrementa lo que desconocemos.

El filósofo Edgar Morin describe la ciencia de la siguiente manera: “La ciencia es un cuadrúpedo que camina sobre la pata del empirismo hecho de datos, experimentación y observación; la pata de la racionalidad hecha de teorías lógicas; la pata de la verificación, y la pata de la imaginación”.

¿Para qué nos sirve el conocimiento generado por la ciencia? Podemos decir que la ignorancia es lo opuesto al conocimiento, pues representa el *no saber*. La ignorancia es la causa principal del sufrimiento humano; debido a la ignorancia existe la ira y la violencia, ya que se desconoce cómo los individuos pueden vivir en armonía en el mundo. Tradicionalmente se asocia la ignorancia con la oscuridad (que genera miedo) y al conocimiento con la luz (que nos libera de la oscuridad). Y es que la ciencia no solo sirve para hacer armas, su beneficio principal es que permite buscar la felicidad; al entender mejor el mundo y a nosotros mismos, podemos evitar conflictos y sufrimientos.

Es importante establecer distinciones entre ciencia, filosofía, tecnología y religión; todas buscan conocimiento, pero con distintos fines y métodos. Como hemos visto, la ciencia busca la generación, verificación y propagación del conocimiento. La filosofía se enfoca en el estudio del pensamiento; intenta explicar cómo conocemos y pensamos, y está muy ligada a la ciencia. Por su parte, la tecnología se centra en la aplicación del conocimiento con algún fin en particular.

Desde la antigüedad, las religiones han tratado de explicar al mundo; en la última semana, veremos más a detalle la relación de las religiones con la ciencia y la filosofía. En esta primera sesión revisamos las propiedades generales de la ciencia. La ciencia busca la generación, verificación y propagación del conocimiento; se fundamenta en la observación, la experimentación, el razonamiento, la lógica, la verificación y la imaginación.

En las siguientes sesiones revisaremos, de manera breve, la historia de la ciencia. Esto nos permitirá explorar cómo esta se ha transformado a través de los siglos, así como el desarrollo de los métodos de generación, verificación y propagación del conocimiento.

Unidad1/Sesión2

La ciencia en la Edad Antigua

Comenzaremos la revisión de la historia de la ciencia con la Edad Antigua, que comprende desde los primeros registros escritos hasta la caída del imperio romano. La historia de este periodo es fragmentaria y debatible, pues mucha información se ha perdido. En esta sesión veremos cómo las civilizaciones antiguas empezaron a generar conocimientos que permitieron dominar técnicas para el desarrollo de las grandes ciudades e imperios.

Civilizaciones antiguas

Las civilizaciones antiguas se formaron después del dominio de la agricultura, que permitió a nuestros ancestros dejar de ser nómadas y volverse sedentarios. La agricultura requiere del conocimiento de la astronomía para anticipar, por medio de la observación del cielo, el clima, los fenómenos ambientales y las estaciones. Los conocimientos astronómicos fueron útiles para la orientación y la navegación, actividades que posteriormente facilitaron el comercio entre distintas regiones.

En la prehistoria, el conocimiento se transmitía de forma oral, de generación en generación. La escritura ayudó a que el conocimiento se preservara y propagara sin necesidad de una conversación presencial. La agricultura favoreció el desarrollo de grandes ciudades, ya que se podían cultivar suficientes alimentos para miles de habitantes. En las grandes ciudades existía una variedad de profesiones que impulsaban distintos conocimientos específicos. Esta especialización del saber no era posible antes del dominio de la agricultura, pues todos los miembros de la comunidad debían cazar o recolectar los alimentos.

En la Edad Antigua comenzaron a perfeccionarse las matemáticas, que enriquecieron el conocimiento de la astronomía, la navegación, la arquitectura y el urbanismo.

Mesopotamia

La escritura más antigua que conocemos se realizó sobre tabletas de barro en Mesopotamia, en la región donde ahora es Irak. En Mesopotamia también se encontraron los primeros registros de números y ábacos (las primeras computadoras después de nuestros dedos). Los habitantes de Mesopotamia tenían calendarios que usaban tanto para la astronomía como para la astrología.

Egipto

En el Egipto antiguo se desarrolló la alquimia, la astronomía y la geometría; esta última ayudaba a delimitar las propiedades después de las inundaciones del río Nilo. Los conocimientos egipcios de medicina eran precarios; aunque existen registros del tratamiento de algunas enfermedades, la mayoría de los remedios empleados no eran curativos. El principal conocimiento del Egipto antiguo lo obtenemos de sus jeroglíficos, una escritura pictórica que fue base para el alfabeto fenicio, del que se derivaron los alfabetos hebreo, griego, latino, árabe y cirílico.

En Egipto se encontraba la biblioteca de Alejandría, donde se traducían y albergaban los conocimientos generados en esa parte del mundo. Hay muchas versiones sobre su destrucción, que involucra motivos políticos o religiosos. La destrucción de bibliotecas y de otros centros de conocimiento ha sido recurrente en la historia y ha provocado que mucho conocimiento se pierda.



Biblioteca de Alejandría



Jeroglíficos egipcios

India

En la India se desarrollaron conocimientos que después serían adoptados en Persia, Grecia y el resto del mundo. En la India antigua se hicieron grandes obras de irrigación, drenaje, canales y presas. Hubo grandes avances en la geometría y aritmética; de hecho, los números que usamos, llamados *arábigos*, se originaron en la India. Esta civilización también fue la cuna de nuestro sistema decimal; los hindúes ya empleaban cantidades del orden de los billones. En filosofía, entre otras cosas, se desarrolló el *atomismo*, sistema filosófico que afirma que las cosas están hechas de componentes que no pueden dividirse. La medicina Ayurveda era un poco más efectiva que la egipcia; por ejemplo, ya hacían operaciones de cataratas, conocimiento que se propagó en China.

China

China comparte conocimientos con otras civilizaciones de la antigüedad. Entre sus aportaciones más importantes se encuentran:

- □ La brújula, esencial para los grandes viajes.
- □ La pólvora, usada para la guerra.
- El papel y la imprenta, que permitieron la preservación y propagación del conocimiento de manera más eficiente que con otros medios de la época: es más práctico imprimir varios libros que copiar tabletas de arcilla o papiros.

Al contar con la imprenta y la navegación, los conocimientos de las distintas civilizaciones pudieron propagarse.

Persia

La civilización persa se ubicaba en la región del actual Irán. Los persas desarrollaron conocimientos en filosofía, fisiología (concretamente en el estudio del metabolismo), astronomía y ciencias naturales. El territorio persa sirvió de puente para trasladar el conocimiento de India a Grecia y a los imperios musulmanes.

Grecia

Grecia se considera la cuna de la civilización occidental, probablemente porque es de donde tenemos más datos históricos. Los griegos antiguos no distinguían la ciencia de la filosofía, tenían un cierto dominio de la medicina y la anatomía, y contaban con conocimientos de zoología, botánica, mineralogía, geografía, astronomía, matemáticas e ingeniería. Algunos ejemplos de sus aportaciones al conocimiento son los siguientes:

- Tales de Mileto, llamado el “padre de la ciencia”, fue hasta donde sabemos el primero en buscar explicaciones de los fenómenos naturales (terremotos o relámpagos) sin recurrir a poderes sobrenaturales; es decir, a los dioses.
- Pitágoras hizo contribuciones fundamentales a las matemáticas, propuso que la tierra era esférica y creó una escuela esotérica.
- Platón y Aristóteles realizaron aportes enormes a la filosofía y al razonamiento deductivo; este último puede verse como una herramienta para generar y verificar el conocimiento.
- Aristarco de Samos propuso un modelo del sistema solar heliocéntrico; es decir, con el Sol en el centro y los planetas, incluyendo a la Tierra, girando alrededor. □ □ Eratóstenes calculó con precisión la circunferencia de la Tierra.
- El mecanismo de Anticitera era una calculadora astronómica muy sofisticada probablemente usada para la navegación.

La cultura y el pensamiento desarrollado en la Grecia antigua han tenido una gran influencia en la sociedad hasta nuestros días.

Roma

Debido al imperio romano, el conocimiento griego se propagó y pudo sobrevivir hasta nuestros días. Los romanos desarrollaron una alta tecnología urbana que incluye puentes, acueductos, drenajes, baños y calefacción. De la misma manera dominaron la metalurgia, lo que les permitió desarrollar tecnología para la guerra y así expandir su imperio. Algunos personajes romanos relevantes son los siguientes:

- Plinio escribió una enciclopedia que cubría casi todo el conocimiento antiguo. Imagínense, ¡había tanto conocimiento que una sola persona podía escribirlo!
- Ptolomeo, quien vivió en Alejandría, hizo aportes a la geografía, la óptica, la música y la astrología. Pero se le reconoce más por sus tratados de astronomía en los que propone un modelo geocêntrico del universo; es decir, con la tierra en el centro y los planetas, el Sol y la Luna girando alrededor. Este modelo del mundo fue el más aceptado hasta fines de la Edad Media.
- Galeno hizo aportaciones a la medicina, concretamente a la anatomía, fisiología, patología, farmacología y neurología. Al igual que las ideas de Ptolomeo, los escritos de Galeno se consideraron como verdades hasta fines de la Edad Media.

Civilización Olmeca

En Mesoamérica, los registros más antiguos son de la civilización olmeca. Los olmecas ya tenían escritura, calendarios y conocimientos matemáticos que incluían el número cero. Estos saberes se propagaron a otras civilizaciones prehispánicas.

Recomendaciones de páginas:

Robert, T. (1988, octubre). El genio científico de China. *El Correo-UNESCO*.
unesdoc.unesco.org/images/0008/000817/081712so.pdf

Fowler, M. La primera ciencia griega: de Tales a Platón.
<http://galileoandstein.physics.virginia.edu/lectures/LaPrimeraCienciaGriega.htm>

Instituto Nacional de Antropología e Historia. Olmecas.
<http://www.inah.gob.mx/paseos/museoantropologia/mnh-s9/tour.html>

The British Museum-Mesopotamia. <http://www.mesopotamia.co.uk/>

The egyptian gallery. <http://oi.uchicago.edu/museum/virtual/eg/>

The global egyptian museum-Biblioteca de Alejandría/UNESCO (en español).
<http://www.globalegyptianmuseum.org/?lan=S>

The ancient Greece museum. <http://www.ancientgreece.org/index.html>

The British Museum-Grecia. <http://www.ancientgreece.co.uk/>

Unidad 1/Sesión 3

La ciencia en la Edad Media

Se denomina Edad Media al periodo de tiempo comprendido entre los siglos V y XV. Se dice que la caída del Imperio Romano de Occidente marcó el fin de la Edad Antigua, mientras que la Edad Moderna inició con la caída de Constantinopla, el Renacimiento y el descubrimiento de América. En esta sesión veremos, a través de la historia de la ciencia en la Edad Media, qué condiciones son necesarias para el desarrollo y propagación del conocimiento.

En la Edad Antigua se inventaron, entre otras cosas, la escritura, la agricultura y el papel, lo que permitió el crecimiento de las ciudades y los imperios. En la Edad Media se contaba con medios que preservaban y transmitían el conocimiento, así como con centros de concentración humana que permitían la especialización de oficios; sin embargo, estas condiciones no eran suficientes y no todas las civilizaciones tuvieron avances en el conocimiento.

Durante la Edad Media, en el continente americano florecieron grandes civilizaciones, como la maya, mexica e inca, que refinaron el conocimiento generado por los olmecas, principalmente relacionado con la escritura, la astronomía y las matemáticas. En la actualidad se cuenta con poca información acerca del conocimiento que alcanzaron las culturas prehispánicas.

Un hecho interesante es que las culturas nómadas de Norteamérica, desde el Golfo de México hasta Alberta en Canadá, a pesar de tener docenas de idiomas distintos, compartían el mismo idioma de signos, era una *lingua franca*. Esto les permitía comunicarse entre culturas, lo cual es deseable si son nómadas, pero una lengua común es necesaria para la transmisión del conocimiento entre pueblos.

Durante la Edad Media, en Asia hubo cierta continuidad de grandes imperios en India, China y Persia. Algo que marcó esta época, durante los siglos XIII y XIV, fueron las invasiones y los subsecuentes imperios mongoles, que alcanzaron a dominar la mayor parte de Asia y el este de Europa y abarcaron la mayor cantidad de territorio contiguo conquistado por una nación en la historia. Aunque podía tomar más de un año ir de un extremo del imperio a otro, el dominio mongol tuvo un efecto similar al del imperio romano: al estar muchos pueblos conquistados, sus conflictos disminuyeron, permitiendo el comercio y la diseminación de tecnologías, productos e ideas a través de Eurasia.

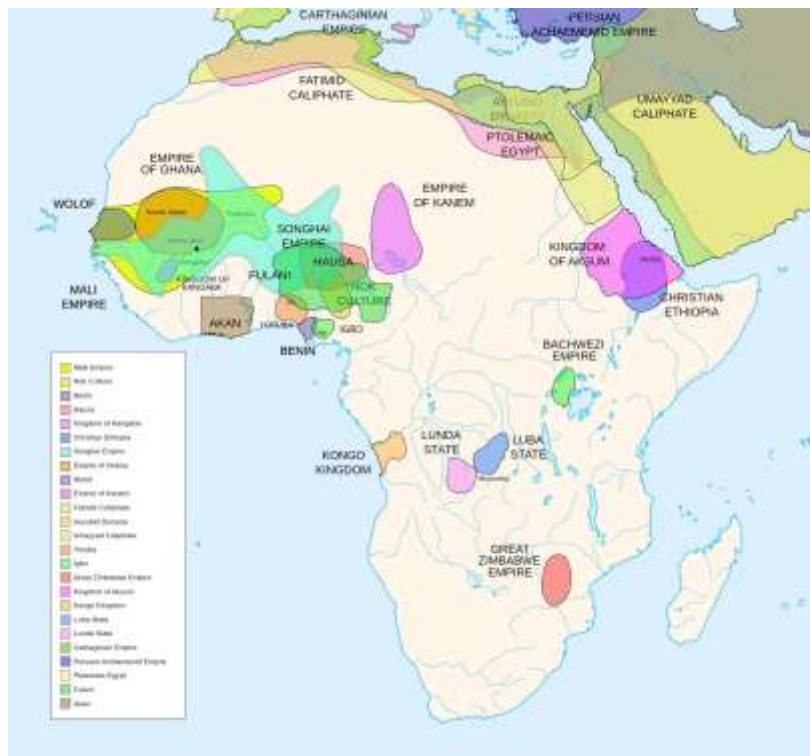
En Europa occidental, la Edad Media estuvo marcada por guerras y conflictos políticos y religiosos. Algunos llaman a esta época *la era del oscurantismo*, ya que casi no hubo avances en el conocimiento; este era privilegio de unos pocos y estaba basado en desarrollos de la Grecia antigua, en muchos casos sin verificación.

A fines de la Edad Media, la peste bubónica cobró la vida de casi la mitad de la población europea; esto trajo cambios religiosos, económicos y sociales. En África, donde recientemente se comprobaron los orígenes de nuestra especie, también encontramos la mayor diversidad genética y cultural. Las culturas del oeste africano desarrollaron un sistema de comunicación con “tambores parlantes”, una especie de telégrafo acústico que permitía enviar mensajes a velocidades mayores a los 100km/h.

Hubo varios imperios en el continente africano, la mayoría surgidos a fines de la Edad Media en el siglo XV:

- En el sur, los imperios de Mapungubwe y Zimbabwe.
- En África central, los imperios de Nri, Luba y Kongo.
- Los imperios Swahilis de la costa este tuvieron comercio con Arabia, India, Persia y China.
- Un poco más al norte, en Etiopía, estuvieron los imperios de Aksum y Abyssinia.
- En el Sahel, al sur del desierto del Sahara, hubo grandes imperios, como los de Ghana y Mali, que contaban con universidades y amplias bibliotecas. La mayoría de los conocimientos generados por estas civilizaciones se perdieron.

El norte de África estableció relaciones con Europa gracias a los imperios antiguos de Egipto, Cartago y Roma. En la Edad Media, los árabes dominaron el norte de África, además de partes de Asia y Europa.



Los imperios musulmanes se extendieron durante la Edad Media desde España hasta la India y asimilaron conocimientos de Grecia, Persia, India y China, que fueron traducidos al árabe; este se volvió la lengua común en una

gran parte del mundo. En las escuelas de los imperios musulmanes se realizó una síntesis de los conocimientos generados en las culturas antiguas. Podemos decir que los imperios musulmanes preservaron y aumentaron el conocimiento durante la Edad Media. En matemáticas se desarrolló el álgebra, hubo avances en geometría y se definieron los algoritmos, que ahora usamos en ciencias de la computación. También se incrementó el conocimiento en la geografía y la cartografía, lo que benefició el comercio y el control territorial del imperio.

En astronomía se hicieron mediciones precisas del Sol, la Luna y los planetas; con estos datos se empezó a criticar el modelo geocéntrico de Ptolomeo. En medicina, Avicenna y otros médicos realizaron avances en psicología y oftalmología. En el estudio de la física se hizo énfasis en la observación y el razonamiento, acciones fundamentales de lo que después se conocería como *método científico*.

Se estudió ampliamente la alquimia y la química, sin establecer ninguna diferencia entre ambas disciplinas. Durante la Edad Media, el principal obstáculo para el desarrollo de la ciencia fueron los dogmas. Estos no se dieron necesariamente en una religión específica, ya que en la Edad Media la ciencia floreció con el islam y en la Edad Moderna con el catolicismo.

Al final de la Edad Media, los imperios musulmanes establecían que si un libro no contradecía al profeta, no era necesario, y si lo contradecía, menos; esto provocó la destrucción miles de libros. Un fenómeno similar se dio en los territorios católicos durante la Edad Media: se rechazaban las ideas que contradecían las escrituras, acusándolas de herejía y castigándolas con la Inquisición (que, de hecho, sobrevivió hasta el siglo XIX).

El problema no se da con una religión, sino cuando se ataca cualquier idea que cuestione una creencia. Esta actitud no solo frena la generación de conocimiento nuevo, sino que genera conflictos con todos los que son diferentes a uno. Las guerras santas y los exterminios étnicos en nuestra historia muestran la gravedad de esta postura dogmática. Los dogmas también se han dado dentro de la ciencia y han frenado sus propios avances. Es por eso que la ciencia siempre trata de dudar de sí misma, para evitar las ideas rígidas.

Finalmente, en la Edad Media podemos identificar un acelerador importante de la ciencia: el lenguaje común, una *lingua franca*. Durante la Edad Media, el idioma común fue el árabe, con él se podía acceder a conocimientos generados en Grecia, Persia, India, China y en los imperios musulmanes. Ahora la *lingua franca* es el inglés. Las ventajas de una lengua común no son exclusivas de la ciencia: en Internet hay mucho más conocimiento en inglés que en cualquier otro idioma.

La próxima sesión veremos la historia de la ciencia en la Edad Moderna, donde una serie de eventos históricos transformarán la visión del mundo y generarán lo que ahora conocemos como *ciencia*.

Recomendaciones de Páginas para visitar:

Filosofía islámica. <http://ramasdelafilosofia.com/filosofia-islamica/>

Historia universal. <http://www.timemaps.com/>

La ciencia en la Edad Media y otros recursos.
<http://historiadelaciencia.idoneos.com/index.php/367057>

La visión medieval del mundo.
http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/155/htm/sec_8.htm

Matemáticas árabes.
http://cimm.ucr.ac.cr/aruiz/libros/Historia%20y%20Filosofia/Parte2/Cap09/Parte02_09.htm

UNESCO. (1959, octubre). Una nueva visión del pasado africano. *El Correo*. de 2013 de <http://unesdoc.unesco.org/images/0006/000666/066613so.pdf>

Unidad1/Sesión 4

La ciencia en la Edad Moderna

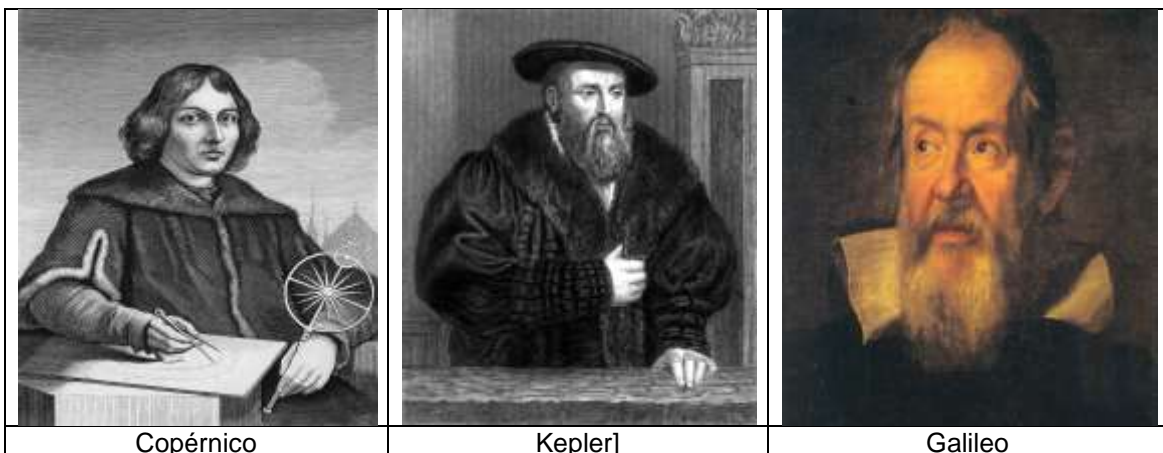
En el siglo XV, hubo varios eventos importantes que marcaron el inicio de la Edad Moderna: debido a la caída de Constantinopla, algunos países europeos exploraron nuevas rutas hacia el Oriente; esto propició grandes avances en la navegación, el desarrollo del comercio, así como el descubrimiento y la colonización de América, realizados por España, Portugal, Francia, Inglaterra, Holanda y Suecia.

Asimismo, los imperios musulmanes fueron expulsados de la Península Ibérica. En Inglaterra se realizó la reforma protestante. En África se establecieron diversos imperios. El Renacimiento se inició en el norte de Italia y se expandió por Europa. En los siglos XVI y XVII se realizó la Revolución científica.

En la Edad Moderna, las potencias europeas integraron el conocimiento generado por muchas culturas antiguas y medievales. Los centros de avances científicos se trasladaron de los imperios musulmanes a los cristianos.

Durante la Edad Moderna se realizó una transformación en la visión del mundo prevaleciente en la Edad Media en Europa, caracterizada por su conservadurismo y sus vínculos con el cristianismo. Además, en el siglo XV, la llegada de la imprenta a Europa permitió que el conocimiento se propagara mucho más rápido y no fuera privilegio de tan pocos como en la Edad Media.

En astronomía, los aportes de Copérnico, Kepler y Galileo provocaron la aceptación del modelo heliocentrista, que propone que la Tierra gira alrededor del Sol. Hasta ese entonces se había preferido el modelo geocentrista de Ptolomeo, a pesar de haber sido criticado por académicos musulmanes. No es que no se pueda decir que el Sol gira alrededor de la Tierra, es simplemente que las observaciones astronómicas se explican mucho más fácil si asumimos que la Tierra gira alrededor del Sol que al revés.



En medicina, Andreas Vesalius realizó disecciones en cadáveres y, con ello, desarrolló la anatomía moderna. En la Edad Media, las disecciones habían sido prohibidas por diversas religiones que consideraban al cuerpo como sagrado, pero ¡cómo vamos a curar si no lo estudiamos!

En física y matemáticas, Hyugens, Leibnitz, Newton, Fermat, Euler y Lomonosov realizaron grandes avances que permitieron el desarrollo del cálculo y los logaritmos, los cuales fueron muy útiles en la tecnología de la época. Pascal y Leibnitz hicieron las primeras calculadoras mecánicas. Newton propuso la ley de la gravitación universal y las leyes de la mecánica, con las que se pudieron describir por primera vez fenómenos; por ejemplo, la ley de la gravitación permite predecir tanto el movimiento de los planetas alrededor del Sol como la trayectoria de un proyectil.

La química se alejó de la alquimia y se describieron los elementos que encontramos en la tabla periódica, así como las leyes de la materia. No obstante, es importante decir que Newton dedicó más tiempo a la teología y a la alquimia que a la física; incluso quemó su laboratorio en dos ocasiones. En biología se empezaron a clasificar distintas especies y Linneo desarrolló la taxonomía: por primera vez se tuvo un sistema de clasificación donde se podía comparar qué tan similares o distintas eran las especies.



Muchos de estos avances científicos se lograron debido a los instrumentos de medición, como telescopios y microscopios, mientras que otros se realizaron gracias a experimentos diseñados para observar los fenómenos de manera controlada.

En la Edad Moderna, Galileo, Descartes, Newton y Laplace definieron los primeros métodos científicos. La ciencia comenzó a formarse como una institución y se separó de otras maneras de explicar el mundo, como la filosofía o la religión. Al haber más de un método científico, surgieron rivalidades, principalmente entre los empiricistas en Gran Bretaña y los racionalistas en Europa continental. El *empirismo* hace énfasis en los experimentos y la observación, mientras que el *racionalismo* en el análisis y la lógica. En la tercera semana veremos más a detalle estos métodos, por ahora podemos decir que ambos son necesarios para la ciencia.

En la Edad Moderna se desarrolló el *mecanicismo*, que es fundamental en el pensamiento científico. Al tener tanto éxito en describir con matemáticas muchos fenómenos, se empezó a creer que todo fenómeno sigue leyes, que podía ser estudiado de manera científica y que, por lo tanto, la misión de la ciencia era encontrar esas leyes. También se asumió que todo fenómeno era perfectamente explicado y previsible en términos matemáticos; sin embargo, podemos ver a nuestro alrededor que esto no se ha cumplido. El mecanicismo tuvo efectos muy importantes en la religión; de ello hablaremos más la última semana.

Como puedes observar, es en la Edad Moderna que la ciencia comenzó a llamarse *ciencia* y se desarrollaron los primeros métodos sistemáticos para la generación y verificación del conocimiento. A mediados del siglo XVIII, los enciclopedistas empezaron a acumular todo el conocimiento que se había ido generando hasta ese momento y, gracias a la imprenta, pudo ser propagado. En la Edad Contemporánea se desarrollaron muchos cambios en el pensamiento científico (próxima sesión).

Unidad 1/Sesión 5

La ciencia en la Edad Contemporánea

En la sesión anterior vimos cómo en la Edad Moderna se desarrollaron los primeros métodos científicos para la generación y verificación del conocimiento. Ahora veremos cómo en los últimos dos siglos la generación de conocimiento científico ha tenido avances vertiginosos y ha transformado a nuestra sociedad. A fines del siglo XVIII y principios del siglo XIX comenzó la Edad Contemporánea; distintos acontecimientos marcaron su inicio: la Revolución industrial, la Revolución francesa, la Independencia de las colonias europeas en América y la colonización europea de África y parte de Asia.

A comienzos de la Edad Contemporánea, la ciencia se empezó a institucionalizar y se practicó más allá de las universidades. Se crearon sociedades y revistas científicas donde se presentaban, compartían y criticaban ideas, avances y descubrimientos.

La Revolución industrial, iniciada en Inglaterra en el siglo XVIII, permitió la elaboración masiva de muchos productos. Las redes de ferrocarril en Europa facilitaron los viajes y el comercio. Las industrias demandaron y facilitaron el crecimiento de las ciudades. Al tener más personas viajando, el potencial creativo también aumentó.

En medicina se descubrieron los microorganismos y se desarrollaron vacunas y antibióticos. En el siglo XX se duplicó la esperanza de vida en todo el planeta, algo nunca sucedido en la historia de la humanidad. En biología, Charles Darwin formuló la teoría de la evolución, que explica cómo todos los seres vivos fueron formados por selección natural a través de largos periodos de tiempo. Recientemente se ha propuesto que las ideas y la tecnología también siguen los principios generales de la evolución: cambios pequeños producen diversidad; asimismo hay variantes "mejores" o "más aptas" que otras y que, por lo tanto, tienen mejores oportunidades de persistir y propagarse.

Un elemento clave de la evolución es la herencia: la posibilidad de transmitir propiedades de una generación a otra. El estudio de Darwin generó avances en la genética y, tiempo después, en el proyecto del genoma humano, concluido hace diez años. La ingeniería genética ha comenzado a controlar y diseñar a seres vivos para la producción de comida y medicinas.

Todavía falta mucho por conocer del cerebro y de la mente, pero las ciencias cognitivas han generado una buena cantidad de conocimientos. Durante la Edad Contemporánea se han desarrollado nuevas ciencias, como la psicología, sociología, economía y ecología. En química, el ruso Dmitri Mendeleev, además de establecer el estándar del vodka, propuso la tabla periódica de los

elementos. También en la Edad Contemporánea comenzó el desarrollo de la química orgánica y su vinculación con la biología.

Con los avances en la petroquímica se produjeron no solo nuevos combustibles, sino también nuevos materiales, como plásticos, ropa y muchos recursos que por su bajo costo se volvieron desechables. El petróleo favoreció el desarrollo de los medios de transporte; la sociedad actual depende del automóvil y de otros medios de transporte, como los aviones.

A principios del siglo XX, la física se creía terminada. Sin embargo, físicos como Planck, Einstein y Bohr mostraron que las leyes de Newton, que se consideraban válidas para todo el universo, no aplicaban a escalas muy pequeñas ni muy grandes.

Las observaciones astronómicas de Edwin Hubble sentaron las bases para la teoría del Big Bang, que plantea que nuestro universo está en expansión como producto de una gran explosión ocurrida hace más de 13,000 millones de años. En esta época se logró la fisión y la fusión nucleares, liberando grandes cantidades de energía que se han usado para bombas y para la generación de electricidad.

Franklin, Faraday, Galvani, Volta, Ampère y Ohm fueron algunos de los científicos que contribuyeron al desarrollo de la electricidad. Maxwell ligó la electricidad con el magnetismo; también se dio cuenta de que la velocidad de la electricidad era la misma que la de la luz. Finalmente, mostró que la luz es un tipo de onda electromagnética. Además de poder almacenar y transmitir energía eléctrica (para motores o focos), el dominio de la electricidad generó una revolución en las telecomunicaciones. Se construyeron redes de telégrafo y en 1840 se consideraban como un sistema nervioso planetario. Solo imagínense, ¡en el momento que se conectó, por medio de cables submarinos, a Estados Unidos con Europa podían tener transmisión de información a la velocidad de la luz! Antes, su comunicación tardaba más de una semana usando los barcos de vapor más rápidos.

El impacto de medios de comunicación que emplean ondas electromagnéticas, como el teléfono, la radio, y la televisión, ha sido impresionante. La posibilidad de transmitir información a cualquier parte del mundo de manera inmediata y de distribuir información a millones de sitios en todo el mundo suena a magia, pero se logró hace unas pocas décadas debido al conocimiento de la electricidad.

SG7

El conocimiento de la electricidad provocó el desarrollo de la electrónica, con la que se puede no solo transmitir, sino procesar información. La construcción de computadoras en la segunda mitad del siglo XX ha generado una transformación radical de la sociedad (de hecho, todos estamos frente a una computadora en estos momentos). Se habla ya de la revolución de la

información, considerándose tan trascendente para nuestras civilizaciones como las revoluciones en la agricultura o en la industria.

Durante la segunda mitad del siglo XX se desarrolló la teoría general de sistemas y la cibernética. Por primera vez se estudiaron los fenómenos independientemente de su sustrato, haciendo comparaciones de los mecanismos que rigen a sistemas de distintos tipos: animales, máquinas, organizaciones, ecosistemas. Con el lenguaje de sistemas, se empezaron a compartir conocimientos científicos entre disciplinas.

La ciencia ha acelerado la generación de conocimiento. Cada vez producimos más información y es más fácil transmitirla. En 2010, Google estimó que cada dos días producíamos tanta información como toda la humanidad lo hizo desde sus albores hasta 2003.

El progreso es impresionante. Vimos que la ciencia, desde sus inicios, ha estado en una búsqueda constante de verdades. Aunque algunos piensan que la ciencia está por concluir, es claro que cada conocimiento generado revela más cosas por conocer. La ciencia siempre está cuestionándose a sí misma, por lo que no hay una ciencia definitiva, ni la habrá. La ciencia es un proceso en constante revisión, ya que trata de distintas descripciones de los mismos fenómenos. ¿Cuál es la mejor descripción?

_

Unidad 2 – La verdad

Por Carlos Gershenson - UNAM

Unidad2/Sesión1

¿Qué es la verdad?

Realizamos una breve revisión de la historia de la ciencia; hablamos de cómo han evolucionado las maneras de explicar el mundo y de generar conocimiento desde la antigüedad hasta nuestros días. El conocimiento proporciona más preguntas que respuestas. Aunque por medio de la ciencia hemos encontrado respuestas a diversas interrogantes, aún desconocemos mucho de las enfermedades, los recursos naturales, las relaciones humanas, la psicología, el cerebro, la economía, etc.

La próxima Sesión hablaremos de los métodos científicos y su utilidad en la búsqueda y verificación de verdades. Em esta Sesión explicaremos qué son las verdades.

¿Cómo definir la *verdad*?

Podríamos decir que es lo opuesto de la mentira.

Verdad/Mentira

Muchos tipos de mentira, desde “La última y nos vamos” hasta “Yo no fui”, son castigados socialmente. El canciller prusiano Otto von Bismarck, que vivió en el siglo XIX, dijo alguna vez: “Nunca se dicen tantas mentiras como antes de una elección, durante una guerra o después de una cacería”.

Por ejemplo, si mi hija dice que voló en una mariposa gigante y llegó hasta una nube, ¿está mintiendo? No, todos sabemos que está jugando y lo que dice no lo consideramos mentira. Esto no sólo ocurre con los niños, también con los adultos; por ejemplo, los juegos donde uno pretende no tener buena mano. Hay mentiras sociales; por ejemplo, cuando alguien dice “Préstame dinero” y todos saben que esa persona nunca pagará. En otras ocasiones mentimos por falta de confianza; por ejemplo, cuando nos preguntan “¿Cómo te va?” y decimos “Bien”, pues no tenemos la confianza de decir “Mal, se murió mi abuelo”. En la poesía, las metáforas como “Cabellos de plata”, “Piel de bronce”, ¿son mentiras? No, nuestro lenguaje es flexible y permite construir imágenes que sólo tienen una realidad lingüística. ¿Los actores mienten en el cine o en el teatro? No, entendemos que están interpretando un papel.

Como podemos apreciar, todos condenan las mentiras, pero es muy difícil definir las. La dificultad para decidir si algo es o no es mentira puede generar confusiones en la ciencia, la filosofía y la religión. Los intentos para elaborar lenguajes unívocos, con un solo sentido, son inútiles, ya que es imposible ser completamente precisos.

Por ejemplo, la palabra *banco* tiene diversas acepciones: asiento, establecimiento público de crédito, conjunto de peces, bajo que en los ríos o mares se prolonga en una gran extensión. Si quisiéramos ser completamente unívocos al hablar, nunca terminaríamos un enunciado. En lugar de decir “Paseaba por el banco”, tendríamos que decir “Paseaba ayer a las 9:54 por el banco del río, cerca de la jacaranda que tiene una rama rota a la altura de 2.35 metros” y aun así habría lugar para ambigüedades.

Verdad/Falsedad

Dadas las dificultades para definir la mentira, es apropiado entender la verdad como lo opuesto a la falsedad. En este caso, la *verdad* es lo que está de acuerdo con los hechos o la realidad; esto tiene implicaciones no sólo para la ciencia, sino también para la filosofía, la religión e, incluso, para el derecho: un juicio penal requiere de una definición de verdad.



Los métodos para encontrar verdades son necesarios, pero no siempre es fácil aplicarlos y no hay método que sirva para todos los casos. Conoceremos algunos de estos métodos la próxima sesión.

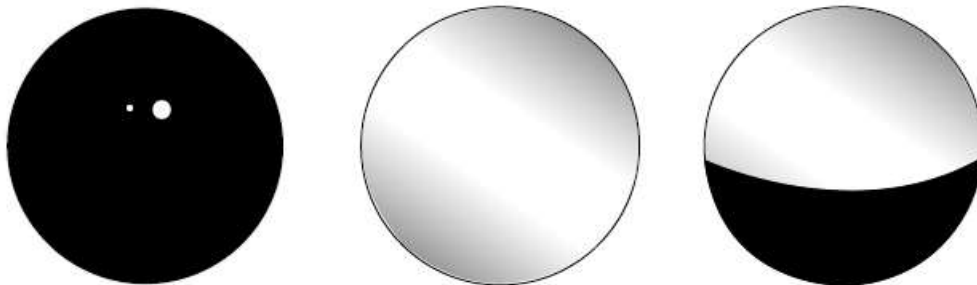
Todavía no hemos dado una definición de *verdad* porque, de hecho, no tenemos una que no sea debatible. En las siguientes sesiones revisaremos más aspectos para entender las verdades; quizá, al finalizar esta semana, tendremos una idea más clara de qué queremos decir con *verdad*. Sobre todo estableceremos una relación entre la verdad y el propósito de la ciencia, ya que es común afirmar que la ciencia verifica que sea verdadero el conocimiento que genera.

Unidad 2/Sesión 2

Verdad y contexto

En la sesión anterior revisamos algunas de las dificultades para distinguir las verdades de las falsedades. Ahora analizaremos cómo el contexto afecta las verdades. Veamos un ejemplo.

Imaginemos una esfera que es mitad blanca y mitad negra, pero que sólo podemos ver desde una perspectiva. De hecho, percibimos un círculo, no una esfera. ¿De qué color es el círculo? La respuesta dependerá de la perspectiva desde la que se observe la esfera; algunos dirán que el círculo es negro, otros blanco, otros 75% blanca y 25% negra, etcétera.



No podemos hacer una encuesta y determinar estadísticamente el color del círculo, pues la visión que las personas tendrán de la esfera y la descripción que harán de ella dependerá de su perspectiva. En otras palabras, si desde la perspectiva del observador sólo se percibe un círculo negro, puede no importar que la mitad de la esfera sea blanca y la otra negra.

Algo similar ocurre con la descripción de cualquier fenómeno: éste puede ser observado desde distintas perspectivas; por ejemplo, las células pueden tener múltiples descripciones: ya sea en términos moleculares o a partir de una variable con dos valores: viva o muerta. ¿Qué descripción es más verdadera? La respuesta dependerá del contexto y del propósito de la descripción.

Lo que hasta ahora hemos llamado *perspectiva* también puede nombrarse *contexto*: el conjunto de circunstancias y condiciones que rodean y determinan una idea, una teoría, una proposición o un concepto. No podemos decir nada si no es dentro de un contexto

“El contexto es el conjunto de circunstancias y condiciones que rodean y determinan una idea, una teoría, una proposición o un concepto.”

El contexto tiene una implicación fundamental: no podemos estudiar un fenómeno de manera objetiva, siempre necesitaremos una descripción elaborada por un observador situado en un contexto determinado. El observador no tiene libertad absoluta para realizar la descripción del fenómeno; el objeto (lo observado), el sujeto (el observador) y la acción de observación (descripción) interdependientes, por lo que no se pueden estudiar de manera separada.

Al tener múltiples descripciones de un fenómeno, la verdad de cada descripción dependerá del contexto (también llamado *marco de referencia*) en que se use. La comprensión del objeto de estudio mejorará si tenemos diversas descripciones situadas en distintos contextos. Esto también ocurre en el conocimiento teórico y en el conocimiento aplicado; recordemos los temas de racionalismo y empirismo en la Edad Moderna que revisamos la semana pasada.

Diversas corrientes filosóficas han problematizado cómo deben estudiarse los objetos o eventos, si a partir del observador, de la realidad o del objeto. Algunas de estas corrientes son:

- **Objetivismo:** trata de estudiar los fenómenos de manera independiente del observador.
- **Subjetivismo:** plantea que la realidad depende del observador.
- **Constructivismo:** afirma que la realidad se construye socialmente.

La realidad es independiente del observador, pero el significado y el conocimiento siempre dependen del observador. Para estudiar un objeto no existe ningún enfoque puro; por lo general, utilizamos una mezcla de objetivismo, subjetivismo y constructivismo, y alguna de estas teorías domina más que las otras. En la siguiente sesión veremos más acerca de los límites y de la reacción entre objetivismo y subjetivismo.

El lenguaje y el conocimiento son fundamentales para pensar y decir; en la siguiente sesión veremos cómo se relaciona el lenguaje con la verdad y la realidad.

En esta sesión vimos cómo toda verdad depende del contexto y de la perspectiva desde la que sea analizada. Esto nos obliga a ubicar cualquier conocimiento en su propio contexto, pues fuera de éste no necesariamente seguirá siendo válido. De igual forma, si otras personas tienen ideas con las que no estamos de acuerdo, tenemos que juzgar su validez a partir del contexto en el que las otras personas se encuentran, no desde el nuestro.

Unidad 2/Sesión 3

Verdad y lenguaje

En la sesión anterior hablamos de cómo toda verdad depende del contexto en que se usa. En esta ocasión veremos cómo las verdades también dependen del lenguaje. El lenguaje es una herramienta de comunicación y es un medio que posibilita el pensamiento: no podemos decir nada sino con el lenguaje y tampoco podemos pensar ni conocer sino mediante el lenguaje. ¿Cómo se construye el lenguaje? El lenguaje es un producto social y cultural; de esto hablaremos la próxima sesión.

Mencionamos que la realidad es independiente del observador, pero el significado y el conocimiento siempre dependen del observador. La ciencia intenta ser objetiva, mas no siempre lo ha conseguido. En esta sesión revisaremos el puente que establece el lenguaje entre lo real y el conocimiento.

“La realidad es independiente del observador, pero el significado y el conocimiento siempre dependen del observador”.

“La epistemología estudia directamente el conocimiento: cómo se adquiere, cómo se valida, cuáles son sus límites”.

La epistemología y la ontología son dos ramas de la filosofía que estudian el conocimiento y distinguen dos tipos de verdades.

La palabra "epistemología" proviene del griego 'epistēmē' que significa conocimiento o entendimiento y de 'logos' que significa estudio. La epistemología estudia directamente el conocimiento: cómo se adquiere, cómo se valida, cuáles son sus límites, y tiene una íntima relación con la filosofía de la ciencia.

El conocimiento que el ser humano genera tiene un grado de subjetividad, ya que es producto de un sujeto y es enunciado por un lenguaje construido socialmente. Podemos decir que dentro de la epistemología tratamos con verdades nominales; es decir, con descripciones "correctas" de fenómenos.

La palabra “ontología” viene del griego ‘ontos’ que significa ser y ‘logos’ que significa estudio; podemos decir que la ontología estudia cómo son las cosas.

“La ontología estudia cómo son las cosas”



La ontología se pregunta ¿qué es lo que existe? y busca verdades reales. Pero ¿cómo podemos acceder a la verdad si somos observadores subjetivos y empleamos un lenguaje social?

Veamos, con el siguiente ejemplo, la diferencia entre epistemología y ontología. Un árbol cae en un bosque solitario, ¿hace ruido? Epistemológicamente no, porque no hay ningún observador que perciba el evento; ontológicamente sí, porque el árbol es independiente de un observador. Podemos distinguir dos tipos de verdades: las *nominales*, que parten de lo que decimos, y las *reales*, que parten de las cosas como son.

Sin embargo, no podemos evaluar las verdades nominales sin un referente común (sea lo que sea la realidad), ni podemos decir algo sobre las verdades reales sin usar un lenguaje como observadores. La dependencia de la ontología a la epistemología no promueve el subjetivismo, porque la epistemología tampoco está libre de la ontología para decir cualquier cosa. La *codependencia* entre epistemología y ontología nos obliga a establecer un *contexto común* en que podamos acordar y evaluar verdades, aunque sean limitadas a ese contexto.

Lo anterior se aplica a todas las disciplinas, incluidas la física y las matemáticas. Por ejemplo, la ley de la gravitación universal sólo es pertinente en ciertas escalas, la usamos para construir puentes, aviones, satélites y para

predecir eclipses; sin embargo, sabemos que no es pertinente, que no es “verdadera”, en otros contextos, como escalas muy grandes o muy pequeñas.

Siguiendo las ideas de Ludwig Wittgenstein, podemos tomar una postura pragmática para definir las verdades. Wittgenstein se preguntaba cómo se da el significado de las palabras y las proposiciones en un lenguaje. Si queremos juzgar una verdad usando un lenguaje, debemos de saber qué significan las verdades que estamos tratando de evaluar.

“El significado de las palabras es dado por el uso que hacemos de ellas”.

El significado de las palabras es dado por el uso que hacemos de ellas. Por lo tanto, una estrategia más productiva para la generación del conocimiento no será evaluar verdades nominales o reales, como ¿la mente está en el cerebro?, ¿las máquinas son inteligentes?, sino preguntarnos ¿cuándo es útil decir que la mente está en el cerebro? o ¿cuándo es útil decir que las máquinas son inteligentes? La utilidad dependerá de la sociedad y la cultura que nos rodea; esto lo trataremos en la próxima sesión.

En esta sesión revisamos cómo las verdades dependen del lenguaje. También vimos que hay verdades nominales (epistemológicas) y verdades reales (ontológicas), pero que finalmente ambas disciplinas, epistemología y ontología, son codependientes.

Unidad 2/Sesión 4

Verdad, sociedad y cultura

En la sesión anterior vimos que existe una codependencia entre el conocimiento y la realidad (epistemología y ontología a través del lenguaje). En esta ocasión revisaremos cómo el significado del lenguaje se determina social y culturalmente.

Es falso que un genio pueda generar un avance científico de manera aislada. Los avances científicos propuestos por los individuos necesitan del desarrollo previo de la cultura y de un entorno propicio para la generación del conocimiento. Newton, uno de los más grandes científicos, afirmaba que todo lo que logró se debió a que estuvo parado sobre los hombros de gigantes.

Si asumimos que nuestra verdad es la única, caeremos en dogmas, evitaremos el avance del conocimiento y generaremos conflictos que pueden provocar guerras y exterminios étnicos. Sólo tendremos sociedades y países en paz si aceptamos que todos somos diferentes (por raza, edad, género, preferencia sexual, etc.) y no por eso estamos equivocados.

¿Cómo aceptar que hay verdades distintas a las nuestras? Podemos empezar conociendo como adquirimos el conocimiento que consideramos verdadero. En anteriores sesiones vimos que las verdades dependen del contexto y el lenguaje, y que ambos se forman culturalmente: sólo podemos generar conocimiento nuevo basándonos en nuestra cultura.

“Sólo podemos generar Conocimiento nuevo basándonos en nuestra cultura”.

Genéticamente, casi no hemos cambiado en los últimos 10,000 años. El conocimiento adquirido en nuestra cultura nos permite buscar videos de gatitos en YouTube en vez de buscar agua para sobrevivir.

Heredamos de nuestros ancestros un cúmulo de conocimientos; cualquier verdad que busquemos dependerá de la sociedad y la cultura en que nos desarrollamos. Debemos tomar en cuenta que nuestras verdades no son ni completamente objetivas ni completamente subjetivas, pues dependen del lenguaje, del contexto, de la sociedad y de la cultura. Nunca serán absolutas, pero eso no quiere decir que no sean válidas.

¿Qué hacer si nos enfrentamos con ideas y conocimientos distintos a los nuestros? Primero debemos verificar si esos conocimientos utilizan nuestro lenguaje y si comparten nuestro contexto. ¿Qué sucede si no comparten

nuestro lenguaje o contexto? No podremos comparar nuestras verdades y tendremos que aceptarlas como distintas perspectivas del mismo fenómeno.

Thomas Kuhn describió en su libro *La estructura de las revoluciones científicas* cómo el conocimiento científico sufre cambios de paradigma que pueden verse como fenómenos socioculturales; de esto hablaremos la semana próxima.

La semana pasada vimos cómo los eventos históricos han estado íntimamente relacionados con cambios de paradigma científicos. Lo que se considera cierto en la ciencia depende de la sociedad y la cultura en que se encuentre, aunque el conocimiento científico también afecta a la sociedad y la cultura.

“Lo que se considera cierto en ciencia depende mucho de la sociedad y la cultura en la que se encuentre, aunque el conocimiento científico también afecta a La sociedad y la cultura”.

En esta sesión vimos cómo las verdades dependen de la sociedad y la cultura en que se desarrollan. En la siguiente sesión hablaremos un poco de la lógica y sus límites.

Unidad 2/Sesión 5

Verdad y lógica

En el Sesión vimos cómo las verdades, además del contexto y del lenguaje, dependen de la sociedad y la cultura en que se usan. En esta veremos cómo se han usado la lógica y las matemáticas para construir y evaluar las verdades.

Hace precisamente un siglo, Alfred North Whitehead y Bertrand Russell publicaron *Principia Mathematica*, donde describen las matemáticas en términos de lógica simbólica. Las matemáticas se basan en *axiomas*; es decir, en enunciados que se presuponen como verdaderos. Después se proponen *teoremas* que se prueban a partir de axiomas y otros teoremas; estos últimos se prueban, a su vez, por medio del razonamiento deductivo. Este proceso se logró automatizar en los inicios de la inteligencia artificial; hay muchos programas que pueden probar teoremas basándose en axiomas.

Algo que siempre molestó a la lógica, por lo menos desde la Grecia antigua, fueron las paradojas. Las paradojas son peculiares, ya que son al mismo tiempo verdaderas y falsas. Tomemos como ejemplo la siguiente paradoja: “Esta frase es falsa”; si la frase fuese verdadera, entonces nos dice que es falsa; si la frase es falsa, entonces lo que dice no es cierto, por lo tanto es verdadera.

Las paradojas representan un problema porque contradicen la lógica; según los axiomas, las cosas solo pueden ser verdaderas o falsas: una afirmación no puede ser verdadera y falsa al mismo tiempo. Hay lógicas llamadas *paraconsistentes* que no incluyen este axioma y aceptan contradicciones. Con estas lógicas se puede razonar con paradojas y en cualquier momento “proyectar” una lógica consistente. (Un ejemplo de lógica paraconsistente se expone en <http://turing.iimas.unam.mx/~cgg/jlagunez/aniei98/lmd.html>).

El problema de los sistemas formales (es decir, basados en axiomas) va mucho más allá de las paradojas. En 1931, Kurt Gödel demostró que las matemáticas, y cualquier sistema basado en axiomas, son incompletas; esto quiere decir que siempre existirán teoremas que no podrán comprobarse como verdaderos o falsos. Por lo tanto, cualquier sistema basado en axiomas, necesario para razonar, tendrá *límites*; podemos cambiar el sistema para ampliar los límites, pero estos siempre existirán. Si tenemos distintos axiomas, ¿cómo podemos decidir entre unos y otros? Las matemáticas (y también la física) requieren de experiencia para elegir entre distintos axiomas posibles; son hasta cierto punto subjetivas.

**“No hay verdades completas; todas son verdades a medias.
El problema está en intentar tratarlas como completas”.**

**“There are no whole truths; all truths are half-truths.
It is trying to treat them as whole truths that play the devil.” A. N.
Whitehead.**

No hay un conjunto de axiomas que sean mejores que otros, todo depende de nuestro propósito; por ejemplo, la aritmética puede basarse en un solo axioma, pero si hacemos eso las pruebas de los teoremas se vuelven muy complicadas, y si usamos más axiomas las pruebas se simplifican; ¿cuál de los dos métodos conviene usar?, depende del contexto. Revisemos otro ejemplo: en geometría, las líneas paralelas pueden intersectarse o no dependiendo de los axiomas que se usen; no podemos decir que algunos axiomas sean más verdaderos que otros, ya que los presuponemos; tenemos que acordar cuáles usar.

Finalmente, ¿qué podemos decir acerca de las verdades? ¿Qué toma en cuenta la ciencia para verificar el conocimiento? A nivel epistémico, no hay verdades ni puramente objetivas ni puramente subjetivas; las verdades se construyen socialmente. A nivel ontológico, no podemos deshacernos de la epistemología, hay verdades ontológicas, sólo que no podemos alcanzarlas; sin embargo, eso no es motivo para no intentarlo, no con una sola verdad epistémica, sino con muchas verdades provenientes de diferentes contextos.

Resumiendo, vimos en esta Unidad que:

- Las verdades son múltiples.
- 2. Las verdades son contextuales y limitadas.
- 3. Las verdades dependen del lenguaje.
- 4. Las verdades dependen de la sociedad y la cultura.
- 5. Las verdades dependen de la lógica, que también es limitada.

Con esto no queremos decir que no podamos buscar verdades, sino que nunca terminaremos de investigar. Más adelante, veremos cómo podemos incorporar este conocimiento a nuestra vida cotidiana. La próxima Unidad revisaremos distintos métodos que ha desarrollado la ciencia para generar y verificar el conocimiento.

Veja texto a seguir sobre A Verdade.

SOBRE A VERDADE

Texto de Teodorico Alves Sobrinho. Professor Titular da UFMS. 2014

Cada um de nosotros tenemos nuestra verdad. La verdad es que, como la historia, es única, sino dinámico. Sin embargo, cada persona muestra su h (H) istoria. ¿La verdad?

A verdade esta presente no cotidiano tanto das pessoas comuns como na atividade de todo cientista, pois é fundamental na construção de conclusões de seus estudos. Pode-se afirmar que a verdade aparece na confluência, ou divisor, entre ciência e religião. Ela é a guia para se saber até onde avançar nas conclusões e necessária para se distinguir o que é uma sugestão e o que é uma conclusão.

Podemos analisar o que é verdade em vários contextos: na nossa vida cotidiana, em família ou em comunidade, no nosso trabalho ou como o resultado de uma investigação científica. Vamos considerar este último contexto. Antes, podemos afirmar que a verdade pessoal pode ser tomada como uma história. A História é única, no entanto cada um, na vida, conta sua história que pode ser ou não verdadeira. Ou seja, cada um de nós tem sua História, no entanto, mas cada um conta a sua h(H)istória.

Em ciência, a verdade pode corresponder ao resultado de uma investigação empírica ou não. Em função dos nossos dados, fundamentamos nossas conclusões, tendo por auxílio uma metodologia confiável. Esta conclusão que publicamos é, para nós, a verdade obtida naquele estudo, naquele contexto. Quando ela deixará de ser verdade? Até que novo estudo a conteste... Assim fazemos ciência.

Determinando a verdade

Podemos afirmar que, em ciência, a verdade é relativa. O contexto e a linguagem determinam a verdade, pois toda verdade depende do contexto em que se usa. Assim uma verdade científica pode ser provisória. Não é permanente, pois pode ser contestada em outra situação de investigação, ou na mesma. A verdade religiosa é absoluta. É dogma, aceita como verdade incontestável. É, por assim dizer, verdade imutável. Por outro lado, Em situações cotidianas há dois tipos de verdades codependientes: las nominales (ou epistemológicas), que parten de lo que decimos, y las reales (ou ontológicas), que parten das coisas como são.

Volpato (2013), biólogo e estudioso do tema filosofia da ciência, mostra em seu livro de forma pontual que na busca pela verdade encontramos barreiras lógicas, biológicas e epistemológicas. Afirma que as barreiras lógicas tratam dos tipos de erro; a segunda das limitações sensoriais e, as barreiras epistemológicas se referem aos efeitos dos pressupostos teóricos na percepção da realidade. Pode-se afirmar que historicamente, desde os primeiros filósofos e estudiosos, o ser humano tem grandes embates sobre como atingir a verdade. Quando a ciência empírica surgiu, a confrontação de enunciados teóricos com fatos fortaleceu os enunciados teóricos que se mantiveram frente aos testes empíricos. As tecnologias também reforça que algumas verdades tenham sido atingidas. Ou seja, passamos das inferências lógicas e deparamos com referenciais do mundo real: se um avião voa, é sinal de que algumas idéias de base para sua construção são verdadeiras. Esse pragmatismo reforça as teorias e fortalece a ciência. Porém, ele não é decisivo, visto que verdades equivocadas podem produzir alguma tecnologia válida que pode ser exemplificado com a descoberta da eletricidade que se pensava que o sentido da corrente elétrica seguia do polo positivo para o negativo. A verdade, descoberta mais tarde, era que o sentido da corrente se dava no sentido contrário.

Podemos afirmar e concluir que, tanto em ciência como no nosso cotidiano ou mesmo no contexto tecnológico, a verdade depende de como é mostrada ou evidenciada. Assim, o que se sabe, de verdade, é que ela não é permanente no contexto científico. Para saber se estamos diante da verdade precisamos de outra forma, conhecer a verdade. Mas qual é a verdade?

Referencia: Volpato, G.L. Ciência: Da filosofia à publicação. São Paulo: Cultura Acadêmica. 2013:377p

¿Cómo hablar de complejidad?

Carlos Gershenson. Universidad Nacional Autónoma de México. cgg@unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

En años recientes hemos escuchado hablar más y más sobre complejidad. Pero pareciera que al haber una diversidad creciente de discursos sobre el tema, en lugar de generar conocimiento estamos generando confusión. Vayamos a la raíz etimológica. Complejidad viene del Latín *plexus*, que quiere decir entretejido. En otras palabras, algo complejo es difícil de separar. ¿Por qué? Hay una *codependencia* entre los componentes de un sistema complejo. El futuro de cada componente, y por lo tanto del sistema, depende en parte de las *interacciones* que se dan entre los componentes (Gershenson, 2013b). Por lo tanto, no podemos estudiar de manera aislada a los componentes y esperar comprender el sistema. Por ejemplo, las propiedades de las moléculas de una célula no serán suficientes para comprender las propiedades de un sistema vivo. O bien, las propiedades de las neuronas de un cerebro no nos permitirán comprender la mente. Necesitamos considerar a las interacciones, ya que estas generan información relevante que determina el futuro del sistema. Esta información nueva limita la previsibilidad de los sistemas (Gershenson, 2013a).

Lo complejo tiende a confundirse con lo complicado. Muchas personas usan ambas palabras como sinónimos. Sin embargo, debemos diferenciar a lo complejo como algo compuesto y a lo complicado como algo intrincado. Por lo tanto, lo complejo no es necesariamente algo difícil de entender. Podemos clarificar esta diferencia con sus opuestos: simple y sencillo. Hay sistemas complejos y complicados (redes genéticas, ecosistemas: hay muchas interacciones relevantes, las cuales son difíciles de desentramar y comprender), complejos y sencillos (modelos computacionales, tales como autómatas celulares (Wolfram, 2002): hay reglas muy sencillas de interacción que pueden producir dinámica muy compleja), simples y complicados (un fotón: estudiado de manera aislada (sin interacciones), su descripción es difícil de manejar) y simples y sencillos (una piedra: no tiene interacciones y al no tener dinámica interna, es fácil de describir).

Otra asociación que se hace a lo complejo es lo caótico. Pero tampoco lo complejo y lo caótico van siempre de la mano. Matemáticamente, el caos está bien definido: un sistema es caótico si por lo menos uno de sus exponentes de Lyapunov es positivo. Traduciendo, podemos decir que el caos se presenta cuando cambios pequeños generan grandes efectos (lo cual se puede medir con "exponentes de Lyapunov"). Lo opuesto del caos sería el orden, donde los cambios no generan efectos o se pierden en el tiempo. Hay sistemas complejos y caóticos (el tráfico urbano: miles o millones de agentes interactúan, pequeños cambios en esta configuración hacen la diferencia diaria entre embotellamientos o fluidez), complejos y ordenados (una catedral: las columnas, arcos y paredes interactúan para mantener la estructura sin cambio), simples y caóticos (el mapeo logístico: una ecuación con una variable que describe dinámica poblacional, la cual al iterarse puede producir caos) y simples y estables (otra piedra: aislada y sin dinámica).

2. EPISTEMOLOGÍA

La epistemología tiene una relación muy íntima con la ciencia, ya que ha estudiado el conocimiento, incluyendo su generación, verificación y propagación. Siguiendo a Wittgenstein (1953), podemos decir que el conocimiento *requiere* de un lenguaje para poder expresarse (compartirse y transmitirse). Desde un punto de vista constructivista, el lenguaje es también un requisito para la generación del conocimiento. La dependencia del conocimiento del lenguaje tiene fuertes implicaciones.

Veamos un ejemplo, ilustrado en la Figura 1: Imaginemos una esfera, la cual es mitad blanca y mitad negra. Sin embargo, sólo podemos verla desde una perspectiva. De hecho, percibimos un círculo, no una esfera. ¿De qué color es el círculo? La respuesta depende de la perspectiva desde la cual se observa a la esfera: algunos dirán que el círculo es negro, otros blanco, otros 75% negro y 25% blanco, etc. No podemos hacer una encuesta y determinar estadísticamente el color del círculo, ya que probablemente haya más personas observando a la esfera desde ciertas perspectivas. Más aún, la *utilidad* de la descripción también depende de la perspectiva. En otras palabras, puede no importar si la mitad de la esfera es blanca si a mí sólo me importa interactuar con ella desde la perspectiva donde se observa sólo un círculo negro.



Figura 1. ¿De qué color es el círculo?

Algo similar ocurre con la descripción de cualquier fenómeno: podemos observarlo desde distintas perspectivas, lo cual tiene una implicación clave: no podemos estudiar un fenómeno de manera puramente objetiva, ya que necesitamos una descripción basada en una perspectiva, la cual está determinada por un observador. Esto no quiere decir que el observador tenga libertad absoluta en la descripción del fenómeno (Heylighen, Cilliers y Gershenson, 2007), sino que el objeto (lo observado), el sujeto (el observador) y la acción de observación (descripción) son interdependientes (Nydahl, 2011), por lo que *no se pueden estudiar de manera separada*.

3. CONTEXTUALIDAD

Lo que hasta ahora hemos llamado una perspectiva puede generalizarse como contexto (Morin, 2006, Massip-Bonet, 2013): el conjunto de circunstancias y condiciones que rodean y determinan una idea, teoría, proposición o concepto (Gershenson, 2002). No podemos decir nada si no es dentro de un contexto.

Lo complejo también depende de cómo se observe y describa a un sistema. Por ejemplo, el mismo fenómeno puede verse como simple o como complejo. Una célula se puede modelar con una variable Booleana (con sólo dos estados): '0' si está muerta y '1' si está viva. O podemos modelar a la misma célula con toda la riqueza de su diversidad y complejidad molecular. ¿Qué modelo es más "verdadero"? Ambos pueden coincidir con nuestras observaciones experimentales y pueden ser predictivos. Ambos pueden ser correctos. Podemos decidir entre modelos alternativos de manera pragmática: ¿qué modelo será más *útil*? Esto dependerá del propósito del modelo. Finalmente, también dependerá del contexto.

Podemos tener distintas descripciones válidas para el mismo fenómeno. Esto implica que no podemos decidir si un sistema **es** complejo o no, ya que esto depende de la descripción que estemos manejando. La cuestión es más bien: ¿cuándo es útil describir a un fenómeno como complejo? Esto será en los contextos donde nos interesen estudiar las interacciones de los componentes de un sistema, o bien cómo se relacionan las distintas *escalas* de un sistema (Morin, 2006). Si sólo me interesa enfocarme en un fenómeno aislado a una sola escala, una descripción simple será útil. Hay que notar que cuando describimos a un sistema como complejo, normalmente describimos a sus componentes como simples. Pero si hacemos un cambio de escala, esos mismos componentes podrían describirse adecuadamente como complejos.

4. ESCALAS

La escala (espacial, temporal, o funcional) a la que se observa un fenómeno está determinada por su contexto. Pero en muchos casos nos interesa estudiar un fenómeno a escalas múltiples. Por ejemplo, la dinámica de un ecosistema se verá muy distinta si se observa en una escala de días o en una escala de millones de años; en una escala de milímetros o en una escala de kilómetros; en una escala de especies moleculares o de especies biológicas.

Al haber distintas descripciones de los mismos fenómenos a escalas múltiples, naturalmente encontraremos ejemplos de sistemas que se consideren complejos a una escala pero no a otra. Por ejemplo, a una micro escala espacial, un gas está formado por trillones de moléculas con interacciones complejas, pero a una macro escala espacial podemos promediar sus propiedades y describirlo con pocas variables (presión, temperatura, volumen, color, olor, etc.). Otro ejemplo: la formación de un cristal puede describirse como un proceso complejo de auto-organización. Pero una vez que el cristal se ha estabilizado, ya no hay cambios, por lo que se pueden describir las partes del cristal de manera aislada. Dependiendo de la escala temporal, el cristal puede describirse como complejo o simple. En cuanto a escalas funcionales, podemos describir un razonamiento como algo simple (si *A* entonces *B*), pero la dinámica

neuronal que le subyace es algo extremadamente complejo. No siempre la escala inferior es simple y la superior es compleja, sino que se pueden dar todas sus combinaciones, como en los ejemplos del gas y del cerebro.

La complejidad de un sistema depende de la escala a la que se observe (Bar-Yam, 2004). Uno de los retos más grandes de la ciencia contemporánea es comprender cómo se relacionan distintas escalas en los sistemas, por lo que requerimos de modelos de los mismos que permitan más de una descripción.

5. MODELOS

¿Cómo podemos decidir entre descripciones (modelos) alternativas del mismo fenómeno? Ya hemos visto que necesitamos considerar el propósito y el contexto, pero una vez que los hemos identificado, ¿qué herramientas nos permitirán escoger entre distintos modelos?

La ciencia ha desarrollado muchos métodos para comparar distintos modelos, los cuales podemos categorizar en experimentales y formales.

Los métodos experimentales contrastan un modelo con una observación, para comprobar la validez y utilidad del modelo. Esta observación puede ser sobre el fenómeno mismo, o sobre un sistema artificial (simulación en computadora, robots, artefactos).

Los métodos formales usan lógicas y matemáticas para evaluar la consistencia de un modelo, pero hasta cierto punto también requieren de un contraste experimental (Chaitin, 2004)

En el proceso de validación y verificación de un modelo, también debemos de tener en cuenta su propósito. Podemos categorizar a los tipos de modelos en predictivos y descriptivos.

Los modelos predictivos tratan de determinar el futuro de un sistema en base a su estado actual y/o pasado. Este tipo de modelos nos han permitido, por ejemplo, saber cuándo habrá eclipses, o calcular la resistencia de un puente antes de construirlo. Sin embargo, las interacciones que caracterizan a la complejidad limitan la previsibilidad de los fenómenos. Como mencionamos, esto es porque las interacciones generan información nueva que no se encuentra en la información actual que podemos tener de un sistema (Gershenson, 2013a). Esto no quiere decir que los sistemas complejos sean aleatorios. La implicación es que no hay atajos para llegar al futuro: tenemos que pasar por todos los pasos del sistema antes de que podamos decir a donde llegará. Esta propiedad se conoce como "irreducibilidad computacional" (Wolfram, 2002).

Los modelos descriptivos nos ayudan a comprender los fenómenos *a posteriori*. Complementan a los modelos predictivos precisamente por la previsibilidad limitada inherente a la complejidad.

Aunque la complejidad limita la previsibilidad de un fenómeno, los límites también dependen de la escala a la que se quiera hacer la predicción. Por ejemplo, no podemos predecir las posiciones de las moléculas de un gas, pero sí su temperatura. No podemos predecir cuándo ni dónde ocurrirá el siguiente terremoto de nueve grados Richter, pero sí sabemos qué distribución de terremotos habrá en el futuro en una región, ya que siguen la ley de Gutenberg–Richter.

6. EMERGENCIA

Uno de los conceptos que han generado mayor confusión y polémica en el estudio de la complejidad es el de emergencia. Sin embargo, considerando los conceptos que hemos presentado podemos caracterizar a la emergencia de una forma clara y sin misterio.

Una propiedad emergente es aquella que se encuentra en un sistema pero no en sus componentes. De manera más general, si observamos información a una escala que no se encuentra en una escala inferior, podemos decir que es emergente. Por ejemplo, una pieza de oro tiene conductividad, maleabilidad, color, y otras propiedades que no se encuentran en sus átomos. Una célula tiene vida, sus moléculas no. ¿De dónde sale esa información emergente? De las *interacciones*.

Tradicionalmente, la ciencia ha sido reduccionista. Esto implica que trata de explicar a los sistemas en términos de sus componentes, ignorando las interacciones. En este contexto, no se puede hablar de emergencia. Pero vemos que es necesario ir más allá del reduccionismo si queremos estudiar a los sistemas complejos.

Esto también implica que tenemos que ir más allá del materialismo. ¿Por qué? Las interacciones no son físicas. Pero son reales, en el sentido de que afectan causalmente el futuro de la materia y la energía. Tratar de describir al mundo en términos de materia y energía es muy limitado. Una alternativa está en describir al mundo en términos de información (Gershenson, 2007). Por un lado, podemos describir cualquier fenómeno en términos de información. Por otro lado, podemos buscar regularidades a distintas escalas para explorar las leyes de la información.

7. CONCLUSIONES

La complejidad está en todas partes. Si queremos interactuar de manera más adecuada con nuestro entorno, con otras personas y con nosotros mismos debemos de poder hablar claramente sobre la complejidad.

La complejidad implica un cambio de paradigma científico (Morin, 2006; Gershenson, 2013b). Necesitamos adaptarnos a un nuevo contexto. No porque el paradigma anterior esté equivocado. Es simplemente otra perspectiva que ha sido muy útil, pero que se ha visto rebasada por la complejidad inherente de los sistemas a los que ha ayudado a generar.

8. BIBLIOGRAFÍA

GERSHENSON, CARLOS (2002). «Contextuality: A Philosophical Paradigm, with Applications to Philosophy of Cognitive Science». POCS Essay, COGS, University of Sussex, UK. <http://cogprints.org/2621/> [Consulta: 3 juliol 2013]

— (2007). «The world as evolving information». *Proceedings of International Conference on Complex Systems ICCS2007*. Boston, MA, USA. <http://arxiv.org/abs/0704.0304> [Consulta: 3 juliol 2013]

— (2013a). «Facing complexity: Prediction vs. adaptation» Massip-Bonet, Àngels; Bastardas-Boada, Albert (ed.). *Complexity Perspectives on Language, Communication and Society*. Springer, 3-14. <<http://arxiv.org/abs/1112.3843>> [Consulta: 3 juliol 2013]

— (2013b). «The implications of interactions for science and philosophy». *Foundations of Science*, Early view. <http://arxiv.org/abs/1105.2827> [Consulta: 3 juliol 2013]

HEYLIGHEN, FRANCIS; CILLIERS, PAUL; GERSHENSON, CARLOS (2007). «Complexity and Philosophy» BOGG, JAN; GEYER, ROBERT (ed.). *Complexity, Science and Society*. Oxford/ New York. Radcliffe Publishing, 117-134. <<http://arxiv.org/abs/cs.CC/0604072>> [Consulta: 3 juliol 2013]

MASSIP-BONET, ÀNGELS (2013). «Language as a Complex Adaptive System: Towards an Integrative Linguistics» Massip-Bonet, Àngels; Bastardas-Boada, Albert (ed.). *Complexity Perspectives on Language, Communication and Society*. Berlin / Heidelberg: Springer, 35-60.

MORIN, EDGAR (2006). «Restricted complexity, general complexity» Gershenson, Carlos; Aerts, Diederik; Edmonds, Bruce (ed.). *Philosophy and Complexity, Worldviews, Science and Us*. World Scientific, 5-29. <<http://tinyurl.com/b9quxon>> [Consulta: 3 juliol 2013]

NYDAHL, OLE (2011). *The Great Seal: Limitless Space & Joy: The Mahamudra View of Diamond Way Buddhism*. San Francisco. Firewheel Publishing. [ub/index.php/LSC / lsc@ub.edu](http://ub/index.php/LSC/lsc@ub.edu) 19

WITTGENSTEIN, LUDWIG (1953). *Philosophical investigations*. 4a ed. (2009). New Jersey Wiley-Blackwell.

WOLFRAM, STEPHEN (2002). *A New Kind of Science*. Wolfram Media.

<<http://www.wolframscience.com/thebook.html>> [Consulta: 3 juliol 2013]

Unidad 3 – Conceptos y Métodos Científicos

Por Carlos Gershenson - UNAM

Unidad3/Sesión1

Conceptos

En la unidad anterior vimos que las verdades que busca la ciencia dependen del lenguaje, del contexto, de la lógica, de la sociedad y de la cultura. Podemos elaborar verdades, pero éstas no serán absolutas.

Em esta unidade hablaremos de conceptos y métodos científicos; también haremos referencia a las revoluciones científicas y a la creatividad en la ciencia.

Los *métodos científicos* son técnicas para investigar, adquirir nuevo conocimiento e integrarlo al conocimiento previo; describen la manera en que se hace la ciencia.

El *modelo* es la descripción de un fenómeno (abstracto, simplificante, a veces formal). Hay que notar la diferencia entre el modelo y lo modelado: toda la ciencia usa modelos. La diferencia entre modelo y modelado es similar a la que hay entre mapa y territorio, o entre epistemología y ontología.

Algunos tipos de modelo son:

- *Predictivos*: intentan determinar estados futuros a partir de estados actuales.
- *Descriptivos*: tratan de describir los fenómenos y sus propiedades.
- *Cuantitativos*: se reproducen cantidades de los fenómenos observados; por ejemplo, un modelo económico que considera costos de productos en un mercado específico.
- *Cualitativos*: se reproducen cualidades de los fenómenos observados; por ejemplo, un modelo económico que considera distintos tipos de dinámica aplicables a distintos mercados.

Estos tipos de modelos no son exclusivos, puede haber, por ejemplo, modelos predictivos cuantitativos.

La *hipótesis* es una explicación propuesta para un fenómeno. En ciencia, la hipótesis tiene que probarse eventualmente por medio de la observación, experimentación, verificación, etcétera.

La *teoría* es la generalización del pensamiento. Las teorías del mundo han evolucionado; antes afirmaban que la Tierra era el centro del universo, después al Sol como el centro, más adelante concebían nuestra galaxia como el universo y ahora sostienen la teoría del Big Bang. ¿Qué teoría del universo será la más aceptada en tres siglos?

Hay teorías científicas, filosóficas, políticas, etc., y todas deben verificarse. En las teorías sobre el origen de nuestra especie ha habido grandes transformaciones. Las investigaciones arqueológicas han hallado los restos humanos más antiguos en África. Con el análisis del ADN se ha comprobado que nuestra especie se originó en Etiopía y que hubo cuatro olas migratorias provenientes de África; los genes encontrados en América sólo llegaron a través del Estrecho de Bering.

Tanto las hipótesis como las teorías son explicaciones, pero las teorías han sido probadas rigurosamente y son producto de la construcción social de la ciencia, pues han sido aceptadas por la comunidad científica.

La *ley* es la generalización de las observaciones; expresa principios fundamentales y tiene que ser verificada. Muchas veces las leyes se consideran verdades, pero son limitadas. Por ejemplo, la ley de la gravitación universal no es aplicable a escalas muy pequeñas o muy grandes, la ley de Ohm no es aplicable a circuitos no lineales y el principio de Bernoulli no es válido en vuelos supersónicos.

Generalmente, las leyes se pueden expresar de forma matemática. En ocasiones se podría pensar que la ciencia busca predicciones pero, al igual que los modelos, no todas las leyes son predictivas. Por ejemplo, la ley de Guttenberg-Richter describe la distribución de terremotos: hay pocos grandes y muchos pequeños. Pero no nos dice cuándo ocurrirá el siguiente terremoto ni de qué magnitud será. Algo similar ocurre con la ley de Zipf, la cual describe la distribución de palabras en lingüística: hay pocas palabras que se repiten mucho y muchas que se repiten poco.

La *verificación* es la comprobación del conocimiento científico; para comprobarlo, debe de ser reproducible. El *método científico* está compuesto por los pasos a seguir en la generación y verificación del conocimiento; no siempre es tan limpio como lo muestra el diagrama y las entrevistas incluidas en el video de este tema.



Unidad 3/Sesión 2

Métodos científicos

¿Qué proceso se sigue para pasar de una pregunta a una teoría o una ley? En términos generales, podemos decir que este proceso es una retroalimentación entre la observación y la descripción de los fenómenos. Las descripciones (modelos, hipótesis, teorías, leyes) se contrastan con observaciones (experimentos, lógica, simulaciones, datos).



A continuación revisaremos algunos métodos científicos.

La **deducción** es el método por el cual se procede lógicamente de lo universal a lo particular. Un ejemplo de deducción lógica es el siguiente: los perros son caninos. Los caninos son mamíferos. Por lo tanto, los perros son mamíferos. Sin embargo, no todas las deducciones pueden expresarse en lógica formal. Además, no todas las premisas son verificables, lo cual limita al método deductivo.



La **inducción** es el método por el cual a partir de observaciones o experiencias particulares se realiza una generalización. Un ejemplo de inducción lógica es el siguiente: si partimos de que todos los seres vivos tienen células, ADN, metabolismo y se reproducen, podemos establecer una generalización y decir qué propiedades tienen en común todos los seres vivos. No obstante, podríamos encontrar sistemas vivos sin esas propiedades. Por ejemplo, una mula no se puede reproducir, pero consideramos que está viva.

Debemos tomar en cuenta que, en ocasiones, la generalización no funciona ya que pueden existir casos distintos a los conocidos; un ejemplo de esto sería que se encontraran en otro planeta organismos vivos cuya base fuera el silicio y no el carbono.



El **análisis** consiste en segmentar el objeto de estudio en sus componentes fundamentales; es uno de los métodos más usados en la ciencia. El **reduccionismo** explica el todo por medio de sus partes y emplea el análisis; lo veremos más a detalle esta semana en la sesión 4.



La **síntesis** consiste en la integración de los componentes fundamentales del objeto de estudio. Em química, ¿qué pasa cuando se juntan cosas?



Las llamadas “ciencias de lo artificial” se basan en la síntesis: para comprender un fenómeno construyen otro similar, que nos sirve de *modelo*; por ejemplo, la construcción de un robot para estudiar los patrones de la locomoción.

Haz clic en el siguiente vínculo para ir al canal oficial de la Universidad de Cornell y observar un robot que aprende por sí mismo a caminar: <http://www.youtube.com/watch?v=3HFAB7frZWM>

(Créditos: Josh Bongard, Víctor Zykov, Hod Lipson. Self-Modeling Robotics. Cornell University, 2009)

Las ciencias de la computación nos permiten hacer simulaciones y estadísticas de datos para buscar patrones. Las **simulaciones** son modelos computacionales; permiten contrastar modelos con millones de variables, diseñar experimentos abstractos, explorar variaciones detalladas.



Más adelante veremos cómo las computadoras permiten modelar sistemas complejos y de qué manera esto ha provocado un cambio en el paradigma científico y ha contribuido a la creatividad científica.



La **estadística** es el estudio de datos. Con ayuda de las computadoras, los datos se han podido almacenar y procesar de manera nunca antes imaginada. La estadística ha permitido estudiar datos genéticos para analizar la evolución en poblaciones vivas o datos para contrastar teorías sociales.

La **tecnología** y los rastros digitales de los dispositivos móviles proporcionan datos para contrastar las teorías sociales; esto permite la verificación de teorías en áreas que antes eran poco accesibles, puesno teníamos los “telescopios” adecuados.

La **serendipia** es el descubrimiento por accidente, azar o suerte. Se puede presentar en sueños, en la regadera, etc. Es necesario estar preparados para poder aprovechar ideas obtenidas por serendipia. Los métodos científicos ayudan a estar preparados para observar novedades en situaciones no esperadas. Se estima que de 30% a 50% de los descubrimientos científicos se han hecho por serendipia; por ejemplo, medicamentos (vacunas, penicilina, LSD, Viagra), materiales (teflón, pegamentos), tecnologías (horno de microondas). Puede haber serendipia tanto en la observación como en la descripción de fenómenos: una observación no esperada o una idea no buscada.

Unidad 3/Sesión 3

Paradigmas científicos

¿Qué son los paradigmas científicos y cómo se dan los cambios de un paradigma a otro?

Como vimos la semana pasada, la ciencia es un fenómeno social que se ha institucionalizado en siglos recientes; podemos decir que la ciencia y sus avances están sujetos a las condiciones culturales de la época.



*A principios de la década de 1960, Thomas Kuhn describió este fenómeno en su libro *La estructura de las revoluciones científicas*. Kuhn define a los paradigmas como los conceptos clave de en los que se basa una ciencia. Podríamos decir que un paradigma es el contexto que determina qué preguntas científicas y qué métodos son válidos.*

Un paradigma sienta las bases comunes para la generación del conocimiento científico; por ello, implica el contexto, el lenguaje, la lógica, la sociedad y la cultura. Las revoluciones científicas o los cambios de paradigma suceden cuando el conocimiento generado por la ciencia no es consistente con sus presuposiciones (que son necesarias y no se pueden probar deductivamente) o es rebasado por las necesidades sociales.

A continuación revisaremos algunos cambios de paradigma:

- En cosmología hemos empleado distintos paradigmas para describir y estudiar el universo: geocentrista, heliocentrista, Big Bang. Es un problema abierto.
- En biología, la vida se ha estudiado con distintos paradigmas: prana (en India antigua), *élan vital* (desde Grecia antigua y hasta el vitalismo: donde se le describe como la esencia de la vida), mecanicismo (desde el siglo XVII en Europa: se asume que la vida puede explicarse desde la física), *autopoiesis* (desde el los 1970's en Chile: una visión cibernética donde los sistemas vivos se auto-producen), vida artificial (desde los 1990's, se ve a la vida en términos de sus propiedades, no de su sustrato). Es un problema abierto, pues "En la ciencia no hay problemas resueltos, sólo científicos cerrados".

En la anterior sesión vimos cómo el proceso científico puede describirse como la retroalimentación entre la observación y la descripción



Cuando las observaciones no concuerdan con las descripciones (como sucedió con los datos astronómicos obtenidos por Copérnico y Kepler al emplear las descripciones de Ptolomeo), se buscan descripciones alternativas. En algunos casos, los cambios en las descripciones son tan grandes que las descripciones dejan de ser adecuadas y el paradigma científico entra en crisis.

Cuando se encuentran descripciones alternativas que son más adecuadas, ocurre una revolución científica, un cambio de paradigma. El proceso científico continúa en el nuevo paradigma, que encontrará sus límites a medida que se generen nuevos conocimientos.

Tanto las teorías como los paradigmas se basan en la reproducibilidad; así, siempre que mida un objeto caer, ya que la fuerza de gravedad es constante, se valida la ley de la gravitación universal de Newton. En muchos casos, la falta de reproducibilidad limita la predicción, pero no el estudio científico. Por ejemplo, en meteorología no hay dos nubes iguales; sin embargo, al ver una podemos decir con cierta confiabilidad si va a llover, granizar o nevar. También hay que tener en cuenta que hay *previsibilidad* a distintas escalas; por ejemplo, no sabemos exactamente dónde se encuentran todos los vehículos en una carretera, pero sí podemos predecir su velocidad promedio a partir de su densidad.

En un paradigma hay una retroalimentación constante entre observaciones y descripciones; cuando dejan de ser consistentes, se da un cambio de paradigma, una revolución científica que modifica la manera en que se hace ciencia. Los cambios son constantes, lo que indica que la ciencia, a pesar de generar cada día más conocimiento, nunca estará terminada. Aunque se ha intentado elaborar una gran teoría unificada, ésta nunca se alcanzará.

La próxima sesión hablaremos sobre el cambio de paradigma que vivimos en la actualidad: el paso del reduccionismo al holismo.

Unidad 3/Sesión 4

Del reduccionismo al holismo

En la sesión pasada describimos cómo se dan los cambios en los paradigmas científicos. En este video hablaremos del cambio de paradigma científico que vivimos en la actualidad: el paso del paradigma del reduccionismo (usado desde tiempos de Newton) al paradigma del holismo.

El **reduccionismo** ha tenido mucho éxito en las ciencias exactas; se basa en el *análisis*, que consiste en dividir un objeto de estudio en sus componentes fundamentales. En este sentido, el reduccionismo trata de explicar los fenómenos a partir de sus componentes; es decir, reducir un sistema a sus elementos.

El reduccionismo es útil, pero tiene límites. Hay quienes piensan que todas las leyes científicas deben basarse en la física. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que esto no siempre es posible; por ejemplo, dentro de la física misma no se ha podido reducir la dinámica de fluidos (ecuaciones de Navier-Stokes) a la mecánica. Si esto sucede en la física, ¿cómo describir la biología o la economía en términos de partículas elementales?

Revisemos el siguiente ejemplo: ¿El dinero es real? ¿Dónde está el dinero?, ¿en átomos? No, en acuerdos sociales que no pueden expresarse con leyes de la física. El dinero tiene un efecto causal en la materia y la energía. Los efectos de un billete no pueden predecirse sólo estudiando a sus átomos o partículas elementales, ya que la física no nos dice nada sobre el propósito del dinero. Más aún, no tenemos manera de determinar con la física el valor de un billete, ni de distinguir a los átomos que componen a un billete con valor que a los mismos átomos del mismo billete después de haber sido cortado en cien partes, el cual ya no tendría valor.

El **holismo** es un nuevo paradigma científico (aristotélico, no *new age*). El holismo tiene sus raíces en la cibernética, la teoría de sistemas y los sistemas complejos. El concepto de la complejidad tiene una amplia historia, principalmente en culturas orientales (En sánscrito (India antigua), *tantra* quiere decir entretejido). Sólo es en las dos últimas décadas que se incorpora a la ciencia. En la UNAM, recientemente se fundó el Centro de Ciencias de la Complejidad (<http://c3.fisica.unam.mx>), precisamente para fomentar el estudio científico de los sistemas complejos.

La palabra “complejo” viene del latín ‘plexus’ que significa entretejido. Por lo tanto, podemos decir que algo complejo es difícil de separar. Esto se da porque los componentes de un sistema complejo interactúan, afectando su estado futuro. Las *interacciones* también generan información nueva, que no se encuentra ni en condiciones iniciales ni de frontera, limitando la predicción de manera inherente.

Las *interacciones* son reales, son un efecto causal sobre los fenómenos; por ejemplo, la amistad: si ayudo a un amigo a mudarse y al cargar su mesa se cae y se rompe, hay un efecto causal entre nuestra amistad y el estado físico de la mesa, el cual no puede predecirse por leyes físicas. Sin la relación de amistad, no se hubiese roto la mesa; sin embargo, la amistad no puede describirse con las leyes de la física.

¿Por qué no habíamos considerado las interacciones? Por nuestros límites computacionales. Ahora tenemos computadoras muy poderosas que nos permiten estudiar millones de variables e interacciones. Herramientas como modelos basados en agentes, autómatas celulares y teoría de redes nos ayudan a modelar interacciones de manera explícita.

Existe una irreducibilidad computacional, pues no podemos saber qué futuro tendrá un sistema antes de que llegue a ese estado: no hay atajos. Esto tiene una implicación importante: el conocimiento *a priori* (antes de la experiencia) siempre será limitado.

Las implicaciones de las interacciones también afectan a la filosofía. De una visión del mundo reduccionista, se desprende el materialismo, Platonismo, nihilismo y la predicción como meta de la ciencia. De una visión del mundo holista, considerando a las interacciones como reales, se desprenden de manera complementaria el informismo, la contextualidad, una vida llena de significado y la adaptación como complemento de la predicción en la ciencia.

Reduccionismo	Holismo
<i>materialismo</i>	<i>informismo</i>
<i>predicción</i>	<i>adaptación</i>
<i>Platonismo</i>	<i>contextualidad</i>
<i>nihilismo</i>	<i>significado</i>

Puedes consultar más información en: Gershenson, C. (2013). *The implications of interactions for science and philosophy*. Disponible en <http://arxiv.org/abs/1105.2827>
También está disponible el video “¿La complejidad implica un cambio de paradigma científico?” en <http://www.youtube.com/watch?v=npmsDxWLPiM> [54 mins]

No buscamos negar la utilidad del reduccionismo; sin embargo, gracias a los avances tecnológicos se han vuelto evidentes sus límites y se han desarrollado paradigmas más adecuados para estudiar los fenómenos. Esto no quiere decir que el holismo no vaya a tener límites, pero por el momento es, digámoslo así, el mejor juego en el pueblo.

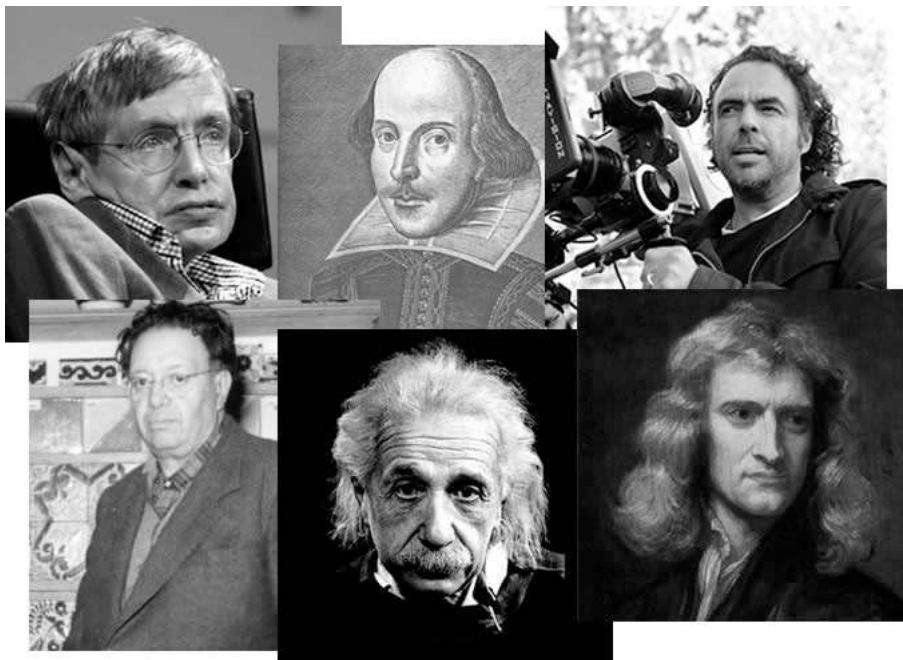
Unidad 3/Sesión 5

Creatividad

Hemos hablado de los métodos y paradigmas científicos, de cómo la observación y la descripción de fenómenos se retroalimentan. Ahora estudiaremos la generación de nuevas ideas: la creatividad.

Por lo general pensamos que la ciencia y el arte no están vinculadas, que los artistas necesitan creatividad pero no trabajar o que los científicos necesitan trabajar pero no creatividad; sin embargo, ambas disciplinas emplean la creatividad y el trabajo y generan ideas de forma parecida.

¿De dónde vienen las ideas científicas?



No hay una sola vía, a continuación mencionaremos algunas:

- **Protociencia:** intenta responder a preguntas aunque no siempre de manera adecuada; por ejemplo, la alquimia, la astrología o la frenología.
- **Ciencia ficción:** explora posibilidades creativas, algunas pueden ser fuente de inspiración para preguntas científicas.
- **Ingeniería:** desarrolla avances prácticos que todavía no tienen explicación. Sabemos “qué”, pero no “cómo”, lo cual se convierte en pregunta científica.
- **Necesidad:** plantea problemas sociales que demandan la atención; por ejemplo, la medicina o las guerras.
- **Serendipia:** se refiere a descubrimientos azarosos. Uno tiene que estar buscando para poder encontrar: “Uno no llega a la cima de una montaña si va a la deriva” (Jim Rohn).
- **Creatividad artificial:** computadoras empleadas en la búsqueda de soluciones; por ejemplo, la computación evolutiva.

Unidad 4 - Ciencia y Vida

Carlos Gershenson (UNAM) - Teodorico Alves Sobrinho (UFMS)

La Ciencia en la Vida

Para todo, en todas partes se usa la ciencia. Pues yo considero que es para entender el porqué de todas las cosas, o sea aplicarle a todo y descubrir porqué suceden las cosas. Todas mis bases de conocimiento, pues se basan en la ciencia. Para mejorar nuestra calidad de vida. Pues, para tener más capacidad de análisis ante los problemas que nos rodean. Para muchísimas cosas, yo creo que desde la comida, el vestirnos, hasta para transportarnos. Que nos sirve como para organizar las percepciones que tenemos de la realidad en general.

Bueno, pues para el estudio y para entender las cosas - cómo funciona - por ejemplo la física, saber cómo sirven los cuerpos, la interacción. Yo concibo que la ciencia sirve para mejorar la calidad de vida del ser humano. Explicarnos cosas, para no caer en la superstición. A través de la ciencia, pues la sociedad puede tener un mejor desarrollo y una mayor participación, desde el punto de vista personal y desde el punto de vista también de la integración económica. De dónde venimos, y tan solo el simple hecho de saber cómo nacemos y todo se ocupa la ciencia.

Para tener una mejor calidad de vida. Yo creo que sirve de mucho porque a través de la ciência uno puede hacer, en primero a salir de la ignorancia, en cosas que uno no le encuentra explicación y la ciencia los permite encontrarle la lógica y la explicación y sobretodo el cómo, podemos ocupar a nuestra vida diaria que suele ser muy útil, ¿no?

La Ciencia en nuestras VIDAS

1. Introducción

Entender la ciencia como algo abstracto, lejano, difícil, inaplicable a la vida real y por sobre todo inalcanzable para cualquier persona normal es un mito, hoy con el desarrollo de nuevas tecnologías de información y con el surgimiento continuo de nuevos paradigmas de investigación entender la ciencia es una necesidad de nunca acabar.

Aunque en la actualidad la línea científica dominante está enfocada principalmente en darle seguimiento a aquello que busque rentabilidad y genere nuevas necesidades en la sociedad, la velocidad con que se transforma el mundo a partir de lógica científica hace que hoy en día el mundo sólo pueda ser entendido a partir de la ciencia.

La ciencia es un camino para encontrar la verdad y es importante entenderla como tal, es importante reflexionar que puede ser utilizada en diversos contextos y seguirá siendo efectiva para obtener resultados satisfactorios. Es así que utilizar los principios científicos para entender la realidad es la forma más saludable de verla ya que admite el debate, admite la crítica y nunca todo está todo terminado y siempre se puede mejorar.

Surge como desafíos del presente ensayo reflexionar con mayor profundidad sobre la ciencia y su alcance y por sobre todo como hacer que los avances científicos se traduzcan resultados positivos que mejoren la sociedad.

2. La ciencia y la vida

La ciencia y la vida no tienen por qué estar separadas de hecho como entender la vida y ciencia de manera separada, si la ciencia forma parte de vida y la vida forma parte de la ciencia, de hecho la ciencia solo se ciencia gracias a la vida.

En la vida diaria la ciencia es perfectamente aplicable por ejemplo cuando deseamos hacer un viaje de vacaciones primero averiguamos en internet con los amigos cual es el destino más acogedor, más confiable y más barato (generamos información) luego tomamos rumbo al destino para disfrutar nuestras vacaciones (verificamos la información) y posteriormente divulgamos información a aquellas personas interesados en conocer ese destino quienes generalmente son amigos o parientes.

En el mundo contemporáneo la ciencia está pasando por grandes transformaciones que están dando la finalización de paradigma reduccionista y el inicio de un paradigma holístico, es decir, la vida está dejando de ser entendida de forma simplista reducida a uno de componentes para ser entendida de forma compleja comprendida en sus interacciones y sus partes.

En este contexto, no es casualidad que vivamos en un mundo donde el tema más frecuente de discusión y debate sean las crisis donde se puede ver que pasamos desde una crisis financiera mundial, por crisis ambientales, por crisis sociales, por crisis políticas. Es así, que se vislumbra que existirán más transformaciones hasta que se llegue a la consolidación de la ciencia en su manera holística.

3.Consolidación de la ciencia holística

La consolidación de la ciencia en el mundo y el fin de las crisis de la forma como lo conocemos vendrá por un cambio en forma de transmitir conocimiento. Lo cual implicaría un cambio en la forma de enseñar ciencia en los centros educativos incluyendo en los programas la ciencia holística y narrando la ciencia reduccionista solo como historia y nada más.

En la actualidad una apuesta interesante y transformadora es la educación gratuita vinculada a plataformas MOOC, la gestión de información en abierto y la utilización de software libres. Sin embargo, esto todavía no llega con claridad a la población mundial; se hace necesario desarrollar y potenciar mecanismos de divulgación de las bondades de esta nueva forma de aprendizaje.

La vigencia más plena de la ciencia hacia la ciencia holística vendrá por una propuesta más seria de recomendar constantemente en instancias políticas y educativas una transformación y adaptación de paradigmas.

La Ciencia en mi VIDA

Texto de Teodorico Alves Sobrinho. Professor Titular da FAENG/UFMS. 2014

Como profesional en la educación superior, la ciencia es parte de mi vida . Como profesor, todo el tiempo , estoy haciendo o uso de la ciencia. Hacer ciencia en cualquier momento. Tenemos nuestro grupo de investigación, nuestro Laboratorio. Tenemos el compromiso social de enseñar y guiar. El uso de la ciencia, ya que como un maestro no es el propietario de todo el conocimiento. Estamos, en todo momento, pasando el conocimiento. Es decir, utilizando el conocimiento ya establecido para enseñar. La ciencia siempre ha estado presente en mi vida, en nuestras vidas. Dado que la ciencia nace con el nacimiento de nuestras vidas. No ver esto es negar la existencia misma. En mi carrera profesional siempre ha estado presente. De lo que fui y lo que soy. Creo que todos somos, no hay necesidad de ser un científico para que la ciencia sea en su vida.

Desde el momento en que te despiertas hasta el momento en que, de nuevo , dormimos la ciencia está presente. En particular, el curso Pensamiento Científico es muy útil en mi vida profesional. Tengo una licenciatura en Agronomía y PhD. en Ingeniería Agrícola - Universidad Federal de Viçosa. En enero de 2007 terminé el entrenamiento post-doctorado en la Universidad de Córdoba, España. Me uní como docente en la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul en 1981. Estoy trabajando en los siguientes temas: conservación de suelos y aguas; Sedimentos; Recursos Hídricos Y Redacción Científica.

Actualmente yo estoy dedicando a la enseñanza de la metodología y redacción científica en mi universidad. Porque he descubierto que nuestros alumnos no conocen el principio de la redacción científica. Para aprender la redacción científica tiene que ser consciente de cómo se construye el conocimiento científico a través del tiempo. Siento que nuestros estudiantes son cada vez más resistentes a los conocimientos generales. Los avances tecnológicos han traído las herramientas que promueven la educación y, al mismo tiempo, contribuye a los estudiantes durante las clases se quedan en otro mundo: el Internet a través del teléfono móvil. Nuestros estudiantes, la mayoría sólo están presentes el cuerpo.

Por lo tanto, tengo la intención de aplicar conceptos del curso en la disciplina : Metodología científica. Todos los contenidos de este curso se pueden aplicar en la construcción de Metodología Científica. La propuesta es construir el plan de estudios basado en la lógica de la redacción. Y la lógica de la escritura científica a través del conocimiento de la filosofía de la ciencia. Y la filosofía de la ciencia no se puede entender si no entendemos el pensamiento de los principales filósofos a lo largo de la historia, más allá del conocimiento de cómo fue la evolución de este conocimiento. Por lo tanto, tengo la intención de construir una secuencia que se aplicarán en la disciplina del programa Metodología científica.

Por lo tanto tenemos la intención de acercarse a la Investigación Científica, como la actividad que utiliza la metodología y las hipótesis científicas en la búsqueda de respuestas a las preguntas. Además, para reflexionar sobre la publicación científica, en cuanto a lo que la ciencia es, es necesario que el conocimiento producido pase a pertenecer al conjunto de los conocimientos existentes. Y todo científico debe exponer sus hallazgos a la crítica de sus pares. Como vimos en la primera semana, en la ciencia no hay verdades absolutas. Así que los científicos hacer ciencia, tiene que publicar para sus compañeros evaluar que corroboren sus ideas o desafiar sus conclusiones.

Unidad 5 – Propagación de Conocimiento

Por Carlos Gershenson - UNAM

Como se propaga las ideas

Vimos algunos ejemplos y también practicaron cómo podemos utilizar la ciencia en nuestra vida cotidiana. Esta semana nos enfocaremos en distintos métodos que hay de propagación de conocimiento, tanto científico como no científico. La ciencia se ha ganado una aceptación cultural como por todo lado, ¿No es verdad?

Aprovechándose de esta posición muchas personas y organizaciones han utilizado discursos pseudocientíficos para intentar convencer a una cantidad de personas. Por ejemplo en política o en mercadotecnia o también el llamado diseño inteligente, el cual no es una actividad científica, es una interpretación del creacionismo que es de la religión cristiana dándole una forma pseudocientífica para tratar de convencer a la gente, sin embargo, no cuenta con los requerimientos de una ciencia.

En otro ejemplo, la propaganda nazi utilizaba un estudio pseudocientífico para justificar el genocidio de judíos y gitanos. Bueno, hay que hacer una distinción entre el conocimiento general y verificado por la ciencia. Entre los métodos que se usan en la ciencia y también en los propósitos con los cuales se usa este conocimiento. Entonces, por ejemplo, podemos tener conocimiento generado en la ciencia pero utilizado con propósitos no muy loables o también gente que utilice métodos científicos pero no para generar conocimientos sino para promover sus agendas personales.

Veamos como se propagan las ideas: podemos imitar desde recién nacidos. Por ejemplo, un bebe prematuro puede imitar expresiones faciales y esto también lo pueden hacer otras especies. Por ejemplo monos recién nacidos también pueden imitar gestos. Tenemos mecanismos neuronales que permiten imitaciones a un nivel reflejo. Por ejemplo unas neuronas llamadas espejo se activan tanto al percibir como al ejecutar una acción. Entonces nos permiten aprender a realizar una acción simplemente observándola. Y bueno, la imitación tiene muchas ventajas porque promueve la cooperación, también el aprendizaje, también la propagación de las ideas y el conocimiento. Cuando estamos expuestos a una idea, podemos decidir si la adoptamos o no, pero esto no depende necesariamente de que tan confiable o verificable sea esta idea.

Bueno mientras más adoptemos una idea o no, esto aumentará la probabilidad de que se propague. ¿Y qué es lo que hace que se propague una idea? No es su certeza. Se han hecho estudios sobre blogs y redes sociales donde se han medido que son los factores que influyen en que tanto se contagia una idea entre distintas personas.

Aunque de hecho la mercadotecnia se dedica a la propagación de ideas, no hay una fórmula matemática que nos diga precisamente cómo podemos lograr que se propague una idea. Sin embargo, hay muchos factores que contribuyen. Por ejemplo, la novedad, la simplicidad, la coherencia y la autoridad de quien expresa una idea influyen en su propagación.

También psicológicamente tenemos un sesgo negativo, eso quiere decir que las noticias que son malas se van a propagar más fácil que las que son buenas. Es por esos factores que los rumores, el chisme y el cotilleo viajan más rápido que la luz. La misma dinámica de propagación se da en la ciencia a parte de los criterios de verificación mientras más simple, novedosa, coherente y autoritativa sea una teoría, tendrá una mayor probabilidad de que sea adoptada. Es precisamente esta dinámica la que está detrás de las revoluciones científicas, de las cuales hablamos hacen dos semanas. En los próximos videos mencionaremos cómo es que se propagan las ideas, las verdades y las mentiras en algunos contextos relevantes.

MODA

La dinámica de las modas se ha reproducido de manera relativamente sencilla con modelos descriptivos. Se asume que hay líderes, los cuales tienen cierta influencia y autoridad sobre un grupo mayor, los cuales se consideran seguidores simplemente porque adoptan las ideas propuestas por los líderes. Cuando un grupo adopta una moda principalmente por imitación y conformidad, puede haber individuos que quieran distinguirse de esta mayoría. Entonces, ellos van a buscar variantes y novedades sobre los patrones existentes.

Si estas variantes y alternativas son exitosas o aceptadas por la mayoría, entonces estos seguidores se convertirán en nuevos líderes y darán la pauta para una nueva moda, la cual se propagará por la población y así- continuará el ciclo. La moda es un primer ejemplo de cómo se propagan socialmente las ideas tanto en la ciencia como fuera de ella. En los próximos videos de esta semana, veremos más ejemplos sobre cómo se propagan las ideas, haciendo énfasis sobre cómo la ciencia nos puede ayudar a tener cierto control sobre las ideas que adoptamos de manera individual y también social.

OBESIDAD E ADICCIONES

Como verán tanto la obesidad como las adicciones se propagan socialmente. Al imitar comportamientos y hábitos, estos sean positivos o negativos, se van a propagar por nuestras sociedades. Muchas personas que fuman, beben, consumen alguna otra droga o toman en exceso, dicen que es su propia decisión y que los efectos nocivos que tengan sus hábitos sólo los afectan a ellos, entonces si van a tener alguna enfermedad o una muerte prematura, pues es su decisión, la cual están tomando. Pero muchas veces no se dan cuenta de que como los comportamientos y los hábitos se transmiten de manera social pues están influyendo de manera negativa también a las personas que lo rodean, a sus familiares, amigos y conocidos. Y bueno, es que simplemente por pasar tiempo junto a una persona tendemos a adoptar sus hábitos y comportamientos.

Con nuestro comportamiento no sólo afectamos a nuestros conocidos, sino también a los conocidos de nuestros conocidos, y a los conocidos de los conocidos de nuestros conocidos. En otras palabras, nuestras acciones tienen consecuencias sociales. Es buen momento para aplicar la ciencia a nuestra vida cotidiana y preguntarnos y dudar si nuestros comportamientos afectan de manera positiva o negativa a las personas que nos rodean y a nuestro entorno. Tal vez, encontremos una manera eficiente de ayudar a nuestros seres queridos, simplemente cambiando nuestro estilo de vida.

CAMPAÑAS POLÍTICAS

Recuerden la frase de Otto Von Bismarck, que dice que 'nunca se dicen tantas mentiras como antes de una elección, durante una guerra, o después de una cacería'. Bueno, los políticos durante una elección tratan de convencernos de que votemos por ellos, y, ¿cómo lo logran? Pues no necesariamente diciéndonos la verdad. Esto hace que las campañas políticas hagan un énfasis mucho mayor en la imagen de los candidatos que en sus propuestas reales y tiene sentido, porque la mayoría de nosotros tomamos decisiones más emocionalmente que racionalmente.

Y es que tendemos a imitar las preferencias de las demás, psicológicamente tendemos a la conformidad, simplemente tendremos una mayor probabilidad de votar por lo que la mayoría ha expresado que va a votar. Este hecho, se puede explotar por distintos candidatos para tratar de conseguir un mayor voto de la población y sea con encuestas manipuladas o con información propagada en medios masivos. Si le hacen creer a las personas que un candidato tiene una preferencia las personas indecisas tendrán una mayor probabilidad de votar por esa persona.

Los políticos históricamente han utilizado los medios masivos para tratar de convencer a la gente de que vote por ellos. Y esto es porque son muy poderosos, pueden movilizar de manera inmediata a millones de ciudadanos. Sin embargo, recientemente han surgido alternativas a la propagación de la información, principalmente con redes sociales. Es mucho más difícil propagar información falsa, o tratar de controlar la propagación de información no deseada a través de estos medios, y/o que las decisiones individuales de cada persona son las que cuentan para ver si una idea se propaga o no, en contraste con los medios masivos.

El efecto de las redes sociales para organizar a la gente se ha vuelto evidente en los años recientes, por ejemplo, apoyando movimientos sociales como los que se han dado en España, en Estados Unidos, en la Primavera Árabe el movimiento #yosoy132 en México y hasta para coordinar los disturbios que se dieron en Londres. Podemos decir que la tecnología está ayudando a mejorar nuestras democracias, you que hace más difícil que las ideas y las opiniones de las personas se manipulen. Por supuesto, si tomamos una perspectiva científica y dudamos de lo que nos dicen los candidatos y tratamos de comprobarlo entonces podremos hacer mejores elecciones y no sólo de políticos. El pensamiento científico, finalmente, también puede ayudarnos a tener mejores democracias.

MERCADOTECNIA

La mercadotecnia usa técnicas similares a las que se usan en las campañas electorales y también muchas otras. Por ejemplo, usa medios masivos para tratar de convencer a la gente de que compre ciertos productos y bueno, finalmente, no importa tanto si estos se apegan a los hechos, sino convencer a la gente. En mercadotecnia también se explota la transmisión social de información en el mercadeo viral, en lugar de tratar de influir de manera masiva a millones de consumidores se dirige cierta propaganda o cierta publicidad a actores clave de manera dirigida para que ellos adopten un producto y este producto se adopte a través de su red social.

En este caso también nos conviene tomar una postura crítica ante los eficaces intentos del mercado por separarnos de nuestro dinero. Es así- que nos podemos preguntar si realmente necesitamos un producto o si beber un refresco nos va a hacer más feliz, si un alimento es tan rico como aparece en una publicidad, o también si me van a querer más si utilizo una marca o si tengo cierto automóvil. O finalmente, si cierto tipo de ropa me va a hacer mejor persona. Les invito a probarlo como tarea

PSEUDOCIENCIA

La pseudociencia se hace pasar por conocimiento científico, sin embargo, no es verificable. Esta falta de verificación lo vuelve dogmático y la pseudociencia se ha utilizado ya sea con fines económicos, políticos o simplemente por ignorancia. Si tenemos explicaciones a fenómenos que sean muy convincentes o pegajosas o aunque no tenga fundamento científico, éstas suelen propagarse.

Veamos varios ejemplos, uno de ellos se puede ver con horóscopo o tarot y sin embargo, se ha comprobado científicamente que las predicciones que se hacen, por ejemplo, con los horóscopos no tienen ninguna validez. Por ejemplo, en un estudio que se hizo en Bélgica, se les preguntó a reconocidos astrólogos que identificaran qué signo eran distintas personas dependiendo de sus personalidades y no pudieron atinarle mejor de lo que hubiera sido adivinar al azar.

Por otro lado, los horóscopos muchas veces son tan vagos que aplican a todas las personas, entonces, no nos dicen nada y nos dicen todo al mismo tiempo. Pueden verse también como las galletas de la fortuna, que si las intercambiamos y leemos lo que le tocó a otra persona también le podría aplicar. Si aplica para todos entonces es que no nos están diciendo mucho. Otro ejemplo se ve con los productos milagro, que en años recientes se han vuelto muy populares.

Estos productos prometen beneficios, sin embargo, no hay ninguna certeza de que los cumplan. En México, la secretaría de salud, de hecho ha prohibido los productos milagro porque no sólo no otorgan lo que ofrecen sino que en muchos casos pueden ser nocivos para la salud. Podemos ver otro ejemplo con el diseño inteligente el cual utiliza un discurso pseudocientífico para tratar de justificar el creacionismo.

Simplemente se preguntan cómo podría haber evolucionado por selección natural toda la complejidad de los seres vivos, y al no encontrar una respuesta se dice que tiene que ser por un diseñador inteligente, en otras palabras, un dios creador. Sin embargo, la ciencia tiene evidencia plena de cómo esta complejidad ha evolucionado de manera gradual. Tenemos mucha evidencia para la teoría de la evolución sin embargo no hay ninguna evidencia científica que aporte al diseño inteligente.

Un último ejemplo lo podemos ver con unos llamados detectores GT200 los cuales se vendieron en Inglaterra y aquí en México el ejército compró bastantes, según esto son detectores de explosivos y estupefacientes, sin embargo pues son como estas varitas de radiestesia para detectar fuentes de agua, se han hecho estudios científicos y estos detectores no sirven para nada. Muchas explicaciones pseudocientíficas se propagan y tienen éxito porque hay

una alta probabilidad de que ocurra un suceso. Por ejemplo, el 80% de las enfermedades se curan por si mismas, entonces si yo ofrezco un producto que no tiene ningún efecto, pues de todos modos el 80% en promedio de los pacientes se curan, pues va a parecer que es efectivo. Sin embargo, no es por el producto que yo esté comercializando sino por una reacción natural del cuerpo.

Finalmente, no podemos simplemente rechazar una idea por ser pseudocientífica, you que sería dogmático rechazar una idea si no tenemos experimentación y evidencia en contra de ella. Por ejemplo, con los OVNI, ahí hay falta de evidencia plausible, entonces podemos asumir que no existen. Recientemente, estudios del grupo de Tedkaptchuk, de la Universidad de Harvard sobre el efecto placebo han obtenido resultados muy interesantes. Lo que ellos han descubierto, es que el placebo, que es básicamente un medicamento o digamos una pastilla sin ningún efecto fisiológico pueden tener un efecto psicológico, en el sentido de que nos pueden hacer sentir mejor.

Sin embargo, no hay ninguna sustancia activa en el placebo. Lo que se ha encontrado, es que los placebos no tienen ningún efecto sobre los síntomas fisiológicos, en otras palabras un placebo no me va a quitar una fiebre, pero sí tienen un efecto considerable sobre los efectos psicológicos que pueda tener una enfermedad entonces, por ejemplo, potencialmente podría ayudar a mejorar una depresión. Si queremos atacar los síntomas psicológicos de una enfermedad pues será más efectivo utilizar un placebo que no utilizar nada. Sin embargo, para tener un efecto de un placebo, la persona que consume el placebo necesita creer que este efecto existe, entonces obviamente esto limita los beneficios que puedan llegar a tener los placebos en comparación con los medicamentos reales.

Las ideas pseudocientíficas nos ofrecen descripciones alternativas de nuestro mundo. Sin embargo, si no son consistentes con nuestras observaciones, va a ser mucho mejor buscar otras explicaciones. Esta semana vimos cómo se propagan socialmente las ideas también vimos ejemplos sobre moda, sobre obesidad, adicciones, sobre campañas políticas, sobre mercadotecnia y también sobre pseudociencia. La ciencia nos permite verificar la validez de una idea, conocimiento, hábito o comportamiento que adoptemos socialmente. Pero dejamos una pregunta abierta. Cómo podemos decidir entre distintas explicaciones cuando la ciencia no las puede evaluar? En otras palabras, ¿cómo podemos tomar decisiones más allá de la ciencia?

Unidad 6 – Los Límites de la Ciencia

Por Carlos Gershenson - UNAM

Hemos visto cómo la ciencia nos puede ayudar en nuestra vida cotidiana. La ciencia nos puede ayudar en muchas situaciones, por ejemplo, cómo encontrar pareja, nos puede ayudar a mejorar nuestra salud, a ganar más dinero, a darle una educación más adecuada a nuestros hijos, a ser mejores personas, pero ¿Qué podemos hacer cuando la ciencia no puede responder nuestras preguntas?

La ciencia requiere verificación, pero hay muchas cosas que no podemos verificar, al menos con los medios con los que contamos actualmente. Por ejemplo, que hubo antes del Big Bang, o qué hay después de la muerte, o cómo será nuestro planeta en mil años, o qué habría pasado si no se hubiese destruido La Biblioteca de Alejandría, o simplemente "para qué estoy vivo?" En muchos casos, la ciencia es limitada por la complejidad. Las interacciones irán generando información a la cual todavía no tenemos acceso.

Por lo tanto nuestra predicción es limitada. Por ejemplo, en un mercado de valores no sabemos cuándo será la próxima caída. La ciencia todavía no tiene las herramientas para poder generar esta información. No se está buscando tanto predecir el futuro sino detectar señales de alerta temprana para poder tomar acciones preventivas. Cuando no tenemos conocimiento, esto puede generar miedo. Y esto es natural porque la ignorancia es una fuente de sufrimiento porque si no conocemos cómo funcionan las cosas, es muy fácil dañarnos y también dañar a las personas que nos rodean. Y no sólo es eso, sino que también la ignorancia puede generar otros sentimientos como celos o apego, ira, enojo, violencia, las cuales pueden dañar no sólo a nosotros sino también a las personas que nos rodean. Aun así, como se muestra en la Apología de Sócrates, muchas veces es mejor estar conscientes de los límites de nuestro conocimiento.

En este sentido la ciencia reduccionista ha sido en algunos casos demasiado orgullosa tratando de vender la idea de que podemos alcanzar todo el conocimiento posible del universo. Sin embargo, pues esto no se ha logrado, y no hay ninguna señal de que este cerca de lograrse. Quizás, un ejemplo muy claro de este intento de controlar a nuestro entorno, a nuestro planeta, a la naturaleza, se puede ver con lo que se intentaba en la Unión Soviética de cambiar el sentido de los ríos en Siberia para llevar agua a las estepas asiáticas, lo cual obviamente, no se puede hacer. Los límites de la ciencia nos demandan tener humildad no sólo con lo que sabemos que no sabemos, pero más aún con respecto a lo que no sabemos todavía que no sabemos.

¿Entonces, cómo podemos tomar buenas decisiones cuando la ciencia es limitada? Bueno, que no podemos aplicar completamente la ciencia para responder a una pregunta no significa que no podamos aplicarla parcialmente. Esto nos llevaría a hablar de métodos parcialmente científicos o protocientíficos. Siempre hay que dudar para evitar dogmas y la lógica nos puede ayudar a comprobar la consistencia interna de las ideas y de los planteamientos.

Y finalmente, si tomamos una visión pragmática, ésta nos ayudará a guiar con respecto a cierta utilidad o a cierto propósito que tengamos a una explicación que estemos buscando. Por ejemplo, puedo preguntarme si desde mi contexto me conviene creer en la existencia de la vida después de la muerte y pues, esto es algo que no podemos verificar, ni si existe, ni si no existe. Entonces, para guiar nuestra opinión, podemos preguntarnos qué tan útil es creer en la vida después de la muerte, y también que tanta congruencia lógica tiene en base a las experiencias que hemos tenido y finalmente si nosotros no podemos comprobar nuestras explicaciones tampoco podemos desechar fácilmente las de los demás you que están en otros contextos.

En otros casos donde no encontremos respuestas para nuestras preguntas podemos simplemente preguntarnos ¿Por qué todo debería tener porque? Tal vez no estamos haciendo la pregunta adecuada o simplemente la pregunta no tiene respuesta. En este video, vimos los límites de la ciencia en distintas situaciones y cómo podemos tomar buenas decisiones a pesar de esto. Por un lado podemos tomar una visión pragmática y tratar de evaluar qué es lo que más nos conviene y por otro también podemos aplicar parcialmente métodos científicos.

En los próximos textos vamos a ver los límites de la ciencia, con respecto a la ética, a la estética, y a la espiritualidad.

Los límites de la ciencia con respecto a la Ética

La ética es la rama de la filosofía que estudia la moral. En otras palabras el bien y el mal. La ética tiene muchas ubicaciones para la sociedad, pero también para la política, y para el derecho. Y ou que hay muchas cuestiones de la ética que no son verificables, podemos decir que está más allá de la ciencia. Hay aspectos de la ética que son poco discutibles, que casi todas las culturas concuerdan. Entonces aunque no se puedan verificar, pues no hay mucho debate.

Por ejemplo no robarás. De hecho, muchas religiones han promovido estas ideas. Una explicación evolutiva sobre la existencia de las religiones la da

David Sloan Wilson, en su libro 'La catedral de Darwin', donde propone que las distintas religiones que pueden imponer a una población ciertas morales o ciertas costumbres que mejoran la probabilidad de convivencia y por lo tanto de supervivencia de estos grupos sociales, pues entonces van a tener más probabilidades no sólo de sobrevivir sino de propagarse.

La promesa de un castigo o de un premio divino después de la muerte es una herramienta muy eficiente para controlar las masas, precisamente porque no se puede verificar ni lo que sucede después de la muerte ni los beneficios de una moral que se está aplicando. Sin embargo, hay muchos casos donde no sólo no tenemos verificación, sino que es muy difícil llegar a un consenso. Por ejemplo, ¿ustedes que opinan? ¿Sería bueno aprobar la pena de muerte, el aborto, los matrimonios entre parejas del mismo sexo o la eutanasia? Bueno, pueden discutirlo en los foros y veremos si llegan a alguna conclusión.

En otros casos, por ejemplo, con los efectos nocivos del tabaco, la ciencia tardó varias décadas en lograr cambios en las políticas, en las leyes, en las costumbres, para que se pudiera lograr prohibiciones en muchas áreas, y en muchas todavía no se ha logrado. Me pregunto cuanto tardaremos en lograr cambios similares con los azúcares adicionados a los alimentos, que hay muchas pruebas de que también tienen efectos nocivos para nuestra salud.

En la ética hay muchas explicaciones que no podemos comprobar con la ciencia, pero, ¿qué podemos hacer mientras tanto? Bueno, siempre podemos dudar, imaginar, probar aunque no se pueda verificar, probar otra vez, y volver a dudar. Y siempre hay que tratar de ser tolerantes, porque la intolerancia genera conflictos y estos no benefician a nadie. Como escribió Samuel Beckett, 'Siempre intentaste. Siempre fallaste. No importa. Intenta otra vez. Falla otra vez. Falla mejor.'

Los límites de la ciencia con respecto a la Estética

La Estética es la rama de la filosofía que estudia el arte y la belleza. Aunque hay muchas intersecciones entre las ciencias y las artes, la ciencia todavía nos puede decir muy poco sobre los métodos creativos de las artes. Muchas veces se considera la percepción de lo bello como algo subjetivo, mientras que se considera la ciencia como algo objetivo. Hemos visto que no podemos tener algo ni completamente objetivo, ni completamente subjetivo.

Por lo tanto, ni la ciencia es completamente objetiva ni la belleza es totalmente subjetiva sin embargo, tal vez sobre simplificando, podremos decir que la ciencia trata más de conocimiento mientras que las artes tratan más de las emociones. Si hablamos de conocimiento nos interesa verificarlo y reproducirlo.

Sin embargo, si hablamos de emociones tal vez con sentir las sea suficiente. Más aún, muchas veces en el arte se busca que las obras sean únicas, lo cual es opuesto a la ciencia, donde se busca que las cosas se puedan reproducir. A pesar de las diferencias entre ciencias y artes hay algunos aspectos de la estética que empiezan a adquirir un aire de protociencia, por ejemplo, la neuroestética estudia las bases neuronales sobre la apreciación de lo bello. También hay muchas obras de arte que son creadas o criticadas por computadora. Esto no es verificable pero yo/u empezamos a tener métodos protocientíficos sobre creación artística. Finalmente, como ha sido expresado por muchos artistas para amar no se necesita tanto saber, como saber sentir. Sin embargo la ciencia sí que nos puede ayudar para poder evitar, o por lo menos sobrevivir a las consecuencias.

Los límites de la ciencia con respecto a la espiritualidad

La espiritualidad ha tenido muchos significados a través de la historia. Muchas veces se ha relacionado con el alma, el espíritu, con la mente o con la conciencia.

Aunque muchas veces se relaciona a la espiritualidad con la religión, podemos estudiar a la espiritualidad independientemente de una religión, entendiendo a la religión como una institución más que como una fe. Podemos decir que la espiritualidad trata del bienestar, la experiencia y el desarrollo personal.

Al ser algo personal, la ciencia está limitada para estudiar la espiritualidad. Sin embargo, you hay algunos avances protocientíficos sobre el estudio de la conciencia, tomando sus bases en la neurofisiología, en las ciencias cognitivas, y también en las cibernética. Por lo que no sabemos si quiera qué bien es la conciencia.

Sin embargo hay muchos resultados interesantes sobre los mecanismos neuronales subyacentes a la toma de decisiones y a la experiencia personal. Hay algunos aspectos de las religiones que se pueden evaluar científicamente; sin embargo, hay otros que no. Lo que sí podemos hacer es evaluar el efecto que una práctica religiosa puede tener en nuestras vidas. En otras palabras, qué tan útiles son. Cada religión puede ofrecer ventajas y desventajas distintas para diversas personas. Lo que sí podríamos decir que, potencialmente, nos pueden traer beneficio, sin embargo, lo que tenemos que hacer es tratar de evaluar personalmente cuál es más adecuada para nosotros. No podemos juzgar si una religión está bien o está mal; pero lo que si podemos juzgar es si una religión nos es útil o no.

Pero esto solo lo podemos hacer de manera personal. Yo no podría decirle a otra persona qué práctica espiritual va a ser la más apropiada para ella, simplemente puedo evaluar distintas prácticas en mí mismo y tratar de ser una mejor persona, porque es la única manera de poder beneficiar a otros. No es necesario ver a la ciencia peleada con la espiritualidad, you que generalmente tienen dominios distintos. Es como si un gorrión quisiera enseñarle a una ballena a nadar, o como si una ballena quisiera enseñarle a volar a un gorrión, cada quien tiene su propio dominio, y uno será mejor you sea para volar, o para nadar.

Hay cuestiones donde tanto las ciencias como las religiones comparten su dominio. En esto casos, podemos seguir una receta: si la cuestión es falsificable, entonces, escuchemos a la ciencia, que ha desarrollado métodos efectivos para verificar el conocimiento, en contraste con las religiones dogmáticas. Si no podemos verificar la cuestión, entonces escuchemos al sentido común, el cual puede ser distinto para distintas personas. Por ejemplo, con respecto al creacionismo, la teoría de la evolución tiene mucha evidencia científica, en contraste con el diseño inteligente que no tiene ninguna evidencia. Por otro lado, hay ejemplos donde tanto ciencia como religión coinciden. Por ejemplo, "ama a tu prójimo", o "no matarás". Bueno, esto, por lo menos en teoría, porque en la práctica hemos tenido guerras santas y también bombas atómicas.

Vimos que la mayoría de los conflictos entre ciencia-religión se han dado por los dogmas, más que por la fe. Sin embargo, hay religiones que por su naturaleza tienden a tener más conflictos con la ciencia. Por ejemplo, las religiones brahmánicas, en otra palabra el judaísmo, el cristianismo y el islam, se basan en la noción de que un Dios da una verdad absoluta, lo cual no se puede cuestionar. Esto las vuelve dogmáticas, lo cual tiende a entrar en conflicto con la ciencia cuando emerge evidencia que contradice la palabra divina.

Sin embargo, podemos tomar una postura pragmática y tomar de estas religiones solo lo que nos convenga para nuestra vida cotidiana. Y, en los casos donde hay evidencia científica, hacerle caso a la ciencia. Por otro lado, en Asia se desarrollaron religiones que podríamos clasificar como religiones de la experiencia: el hinduismo, el taoísmo y el budismo. Estas religiones toman una postura crítica, diciendo que los preceptos que enseñan tienen que probarse y los practicantes deben de adoptarlos solo después de verificar sus beneficios. De esta manera son más similares y afines a la ciencia, you que todo el conocimiento y las ideas que proponen, tratan de verificarse. Y también si decimos que podemos equivocarnos, pues nunca nos equivocaremos, independientemente de nuestra definición de espiritualidad, es mejor desarrollarla que descuidarla.

La ciencia todavía no nos ofrece una práctica verificada espiritual. Sin embargo, empieza a encontrar múltiples beneficios de la meditación. El Dalai Lama dijo recientemente que si enseñase a todos los niños de 8 años a meditar, en una generación se podría acabar con la violencia en el mundo. Eso es algo que no se puede verificar a menos que se pruebe. Sin embargo, sí hay mucha evidencia de que la meditación tiene beneficios sobre nuestra mente, así como el ejercicio tiene beneficios sobre nuestro cuerpo.

Como dijo Carl Sagan, "La ciencia no solo es compatible con la espiritualidad, sino que es una fuente de espiritualidad profunda. Cuando reconocemos nuestro lugar en una inmensidad de años luz y en el paso de las eras, cuando captamos la complicación, belleza y sutileza de la vida, la elevación de este sentimiento, la sensación combinada de regocijo y humildad, es sin duda espiritual." La ciencia, la filosofía y la religión, buscan el porqué de las cosas. ¿Pero por qué todo debería de tener por qué? Epistemológicamente podemos buscar el porqué de cualquier cosa, pero ontológicamente, las cosas simplemente son, independientemente de la utilidad de las explicaciones que les encontremos. Podemos decir que los objetos son independientes de las explicaciones que engamos de ellos. Podríamos no preguntarnos las cosas, no dudar y tener una fe ciega; pero esta postura conformista no nos permitirá mejorar.

Parece más fácil vivir a la deriva, pero sufrimos más y lastimamos más. Como dice el proverbio ruso "Doveray, no proveryay." "Confía, pero verifica." Casi concluimos este curso, en su proyecto final traten de aplicar todos los conceptos que hemos visto, algunos de ellos a su vida cotidiana.

En este curso hemos visto cómo podemos usar el pensamiento científico en nuestra vida cotidiana para tomar mejores decisiones, para nuestro beneficio y el de los demás. No necesitamos solo a los científicos de laboratorio. Seamos todos científicos en nuestras vidas.

_