



Departamento de Ingeniería Química – FI – UNSJ

INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA

Carreras: Ing. Química – Ing. En Alimentos

CAPÍTULO VII

EL MÉTODO CIENTÍFICO

Autoras:

Mg. Ing. Ana Cristina Deiana
Dra. Ing. Dolly Lucía Granados
Mg. Ing. María Fabiana Sardella

2018

CAPÍTULO VII: EL MÉTODO CIENTÍFICO

Introducción

Cada cultura ha tenido una teoría de la formación del universo y de las leyes que lo gobiernan. La primera cosmología no-religiosa coherente se desarrolló durante la Grecia antigua. Su versión más refinada, el sistema Ptolemaico, sobrevivió por más de mil años.

Estos desarrollos prometedores se detuvieron durante la Edad Media, pero renacieron durante el Renacimiento. En esta época Copérnico desarrolló su sistema del mundo donde el centro del Universo era el Sol y no la Tierra. Galileo definió y desarrolló la ciencia de la mecánica con todos sus postulados básicos; él también fue el creador de la idea de relatividad, después usada por Einstein.

El siguiente gran jugador fue Isaac Newton, quien desarrolló un marco para la comprensión de todos los fenómenos conocidos en su momento. De hecho la mayoría de nuestra experiencia diaria se describe perfectamente bien por las formulaciones matemáticas de Newton.

La cosmología basada en las ideas de Galileo y Newton reinó hasta el fin del siglo diecinueve cuando se puso en claro que las leyes de Newton eran incapaces de describir correctamente los fenómenos eléctricos y magnéticos. Es acá donde aparece Einstein, quien muestra que el enfoque Newtoniano no describe situaciones en que los cuerpos se mueven a velocidades cercanas a la de la luz (tampoco describe la luz con precisión). Einstein generalizó las ecuaciones de Newton en el campo de dichas velocidades: la Teoría Especial de la Relatividad. También demostró que ciertas propiedades del espacio y del tiempo, tomadas por sobreentendidas, son de hecho incorrectas. Por ejemplo, el concepto de dos eventos que ocurren al mismo tiempo en lugares diferentes no es absoluto, depende del estado de movimiento del observador.

Luego argumentó que la Teoría Especial de la Relatividad era inaplicable bajo ciertas condiciones: por ejemplo, cerca de los cuerpos muy pesados. Entonces proporcionó una generalización, la Teoría General de la Relatividad. Éste es quizás el desarrollo más asombroso en la física teórica en 300 años: sin ningún móvil experimental, Einstein desarrolló esta teoría moderna de la gravitación y la utilizó para predecir algunos de los fenómenos más sorprendentes observados hasta la fecha, como el desvío de la luz cerca de los cuerpos pesados y la existencia de los agujeros negros, objetos macizos cuya fuerza gravitatoria es tan fuerte que atrapan todos los objetos, incluso la luz.

Es natural preguntar cómo nacen las teorías científicas, y por qué son desechadas. ¿Por qué afirmamos que nuestra comprensión actual del universo es más profunda que la lograda por los antiguos griegos? La respuesta a estas preguntas está basada en la manera en que los científicos evalúan la información derivada de sus observaciones y experimentos, y es el tema de la próxima sección.

EL MÉTODO CIENTÍFICO

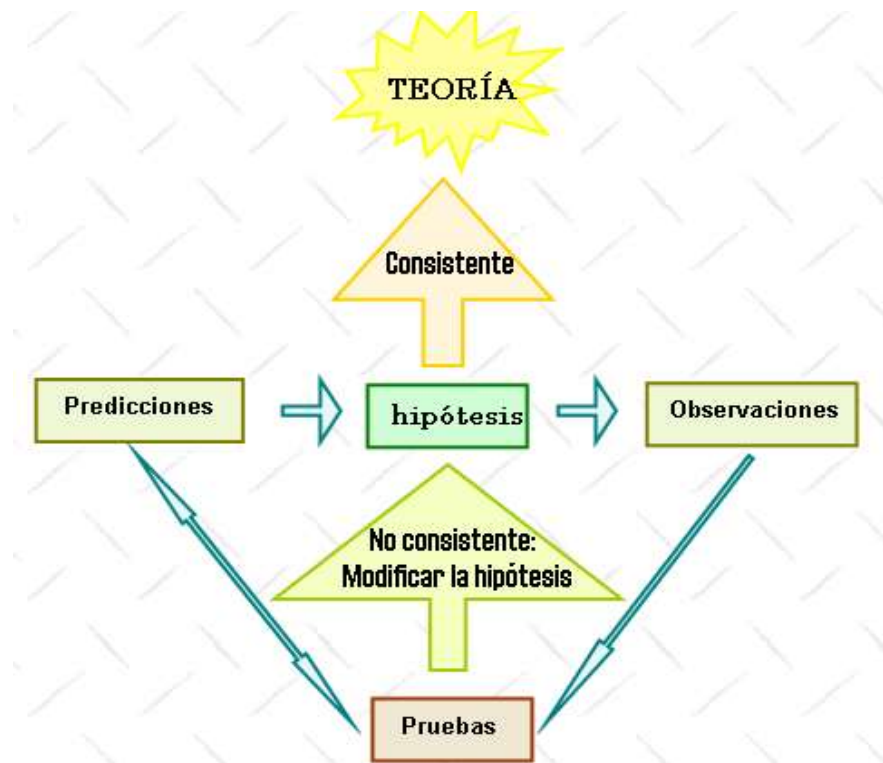
La ciencia se puede definir como una búsqueda cuidadosa, disciplinada, y lógica para conocer sobre cualquiera y todos los aspectos del universo. Este conocimiento, obtenido por el examen de la mejor evidencia disponible, siempre está sujeto a corrección y mejoras por el descubrimiento de nuevas y mejores evidencias.

¿Que es el “método científico”?

El método científico es la mejor manera utilizada para obtener la verdad. El método más corriente en la ciencia es el *hipotético-inductivo*, que parte de la *observación*, *elabora un modelo interpretativo* de los hechos observados y luego procede a *corregir el modelo inicial* a partir de nuevas observaciones. Puede además, *experimentar*: provocar situaciones nuevas relacionadas con los procesos naturales analizados, que permiten otras informaciones más allá de las logradas por la mera observación. O sea, el método científico se aplica, ante todo, observando y registrando fenómenos naturales que son evidentes.

La verdad científica es, por tanto, la correspondencia entre las realidades naturales y las teorías científicas que explican cómo son.

El científico formula una generalización, *hipótesis científica*, basada en sus observaciones. Esta generalización le permite hacer *predicciones*. Es entonces cuando el científico comprueba su hipótesis realizando *experimentos* para determinar si el resultado predicho es obtenido. Si sus predicciones prueban ser verdad, él puede considerar su hipótesis verificada. Así, su *teoría* pasa a tener el status de ley científica. En el esquema siguiente se presenta esta secuencia.



Pasos del método científico:

1. Observe algún aspecto del universo.
2. Invente una descripción tentativa, denominada hipótesis, que sea consistente con la observación realizada.
3. Use la hipótesis para hacer predicciones.
4. Pruebe esas predicciones mediante experimentos o nuevas observaciones y modifique la hipótesis a la luz de los resultados obtenidos.
5. Repita los pasos 3 y 4 hasta que no haya discrepancias entre la teoría y el experimento y/o las observaciones.

La gran ventaja del método científico es que es *imparcial y desprejuiciado*. *Las conclusiones se sostienen independientemente del estado mental, creencia religiosa o el estado de conciencia del investigador y/o el tema de la investigación. Los resultados obtenidos usando el método científico son repetibles.*

La fe, definida como creencia, que no descansa en prueba lógica o en evidencia material, no determina si una teoría científica se adopta o se desecha. Una teoría no se acepta basada en el prestigio o los poderes

convincientes de su proponente, sino en los resultados obtenidos a través de las observaciones y/o experimentos que cualquiera puede reproducir.

Otra característica muy importante de una teoría científica, que la diferencia, por ejemplo, de un acto de fe: es que *debe ser “rebatible”*. Esto significa que debe haber algún experimento o posible descubrimiento que podría demostrar la falsedad de la teoría.

Por ejemplo, la teoría de Einstein de la Relatividad hace predicciones sobre el resultado de ciertos experimentos. Estos experimentos podrían producir resultados que contradijeran a la teoría de Einstein, porque la teoría era (y todavía es) rebatible. En contraste, la teoría que dice: “la luna está poblada por hombres pequeños y verdes, que pueden leer nuestras mentes y se esconden siempre que un ser humano los busca y huyen al espacio exterior cuando se aproxima una nave espacial” no es rebatible, porque estos hombres verdes se diseñan para que nunca nadie pueda verlos.

Al explorar un nuevo conjunto de fenómenos, los científicos usan las teorías existentes, pero, al estar en un nuevo campo de investigación, siempre se tiene presente que las viejas teorías pueden fallar al explicar nuevos experimentos y observaciones. En este caso, se idean nuevas hipótesis y se prueban hasta que surja una nueva teoría.

Características de las fases o pasos del método científico

a) Observación científica

La base de un método científico y la fuente última de todos los descubrimientos de la ciencia es la observación cuidadosa y precisa, con experimentos con resultados repetitivos, con testigos adecuados y lo más cuantitativo posible. Las observaciones de un científico deben ser exactas. Cualquier idea y opinión que involucre las emociones u opiniones del investigador es viciada porque es parcial o prejuiciosa.

Además de ser exactas, las observaciones, deben también constar de un registro escrito, en película o cualquier otra forma. Ese registro de las observaciones constituye los datos del experimento. Las observaciones y los experimentos pueden analizarse así, de modo que pueda introducirse en los fenómenos observados cierto orden. Luego, las partes se sintetizan para descubrir sus interrelaciones.

b) Hipótesis

Las hipótesis son una guía para lo que se está investigando. Se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado y están formuladas a manera de proposiciones. **Una hipótesis es una suposición**

activa. Al formularlas no se tiene certeza de que vayan a comprobarse y puede sufrir modificaciones. Las hipótesis son proposiciones tentativas acerca de las relaciones entre dos o más variables. Siempre están sujetas a comprobación empírica.

Las características de una hipótesis son:

- a) Debe ser una afirmación de tipo implicativo que explique y no que pregunte.
- b) Puede ser cambiada en cualquier momento antes de ser probada, por lo que puede redefinirse. Cuando se termine la investigación y se demuestre la validez de la hipótesis entonces esta se vuelve tesis o teoría o parte de ella y ya no puede ser cambiada.
- c) Consta de variables independientes y dependiente(s). Las variables son las propiedades de las hipótesis que son susceptibles de ser medidas. Dentro de una hipótesis se presentan ***variables independientes y variables dependientes***.

Mientras la variable independiente es la **causa** de un fenómeno, la variable dependiente es el **efecto** del mismo.

c) Experimentación

La prueba científica de una hipótesis se llama experimentación. Un científico debe diseñar un conjunto de experimentos para probar la hipótesis que propone.

Mientras se realiza el experimento, deben ***registrarse las informaciones o datos*** que el mismo proporciona. Para asegurarse de que lo que se obtiene de un experimento es confiable, la ***muestra***, que es el grupo seleccionado para hacer el experimento, debe ser representativa. De esta manera, se puede obtener información suficiente y confiable. Una vez registrados los datos, deben organizarse y analizarse.

Lo ideal sería que cada nueva observación estuviera completamente de acuerdo o en desacuerdo con la hipótesis, pero a menudo es difícil realizar un experimento que de un sí o un no rotundos. Por lo tanto, deben realizarse un número suficientemente grande de experimentos para que puedan extraerse conclusiones verdaderas.

d) Conclusiones y Teorías

La información que se obtiene de un experimento se analiza con la finalidad de determinar si confirma o no la hipótesis original. Si es así, el científico ha obtenido evidencia de que la hipótesis es válida. Si no es así, llega a la conclusión de que la hipótesis es incorrecta.

Una hipótesis apoyada en muchas observaciones y experimentos distintos se transforma en **teoría**, principio general científicamente aceptado, que se ofrece para explicar los fenómenos. Para un científico **una teoría es un armazón conceptual que explica las observaciones existentes y predice los resultados de nuevas observaciones**. Una teoría es una explicación de algo en la naturaleza, que la evidencia ha apoyado repetidas veces y que tiene un alto grado de confiabilidad. Sin embargo, esto no implica que una teoría científica no pueda cambiar, ya que puede que aparezcan otras que obliguen a que se modifique o sustituya. Una teoría sirve, generalmente, como base para experimentación adicional y está sujeta a comprobación.

Una buena teoría relaciona hechos que previamente parecían dispares y sin explicación común. Una teoría correcta, además de señalar la relación entre distintas clases de hechos, aclara y simplifica la comprensión de los fenómenos naturales.

Por ejemplo, supongamos que usted ve la salida del Sol. Esta es una observación existente que se explica por la teoría de la gravedad propuesta por Newton. Esta teoría, además de explicar el movimiento del Sol en el cielo, también explica muchos otros fenómenos como la trayectoria seguida por el Sol cuando se mueve (vista desde la Tierra) por el cielo, las fases de la Luna, las fases de Venus, las mareas, sólo para mencionar unos pocos. Usted puede realizar hoy un cálculo y predecir la posición del Sol, las fases de la Luna y de Venus, la hora de pleamar, de aquí a 200 años. La misma teoría se utiliza para guiar una nave espacial por el Sistema Solar y llevar y traer un hombre a la Luna.

Verdad y comprobación en la ciencia

Los experimentos a veces producen resultados que no pueden explicarse con las teorías existentes. En este caso, el trabajo de los científicos es producir nuevas teorías que reemplacen a las viejas. Las nuevas teorías deben explicar todas las observaciones y experimentos que hizo la antigua teoría y, además, explicar el nuevo juego de hechos que llevan a su desarrollo. Se puede decir que las nuevas teorías devoran y asimilan a las viejas. Los científicos continuamente prueban las teorías existentes para averiguar hasta donde se pueden aplicar.

Cuando una teoría no puede explicar nuevas observaciones será (eventualmente) reemplazada por una nueva teoría. Esto no significa que las viejas sean “incorrectas” o “falsas”, sólo puede significar que la teoría antigua tenía una aplicación limitada y no puede explicar todos los datos actuales. La única cosa cierta sobre **las teorías actualmente aceptadas es que ellas explican todos los datos disponibles en un momento dado**. **No implica que puedan explicar todos los experimentos futuros.**

En algunos casos, las nuevas teorías proporcionan no sólo extensiones de las antiguas, sino una visión completamente nueva sobre el funcionamiento de la naturaleza. Así, al pasar de la teoría de la gravitación de Newton a la de Einstein, nuestra comprensión de la naturaleza del espacio y el tiempo fue completamente revolucionada. No obstante, no importa cuán bella y simple pueda ser una nueva teoría, ella debe explicar los mismos fenómenos que explicaba la vieja y los nuevos que esta no pudo representar. ***La teoría más aceptada puede aniquilarse por un solo hecho que la refute o contradiga.***

Las teorías científicas tienen variados grados de confiabilidad y uno puede pensar en ellos dentro de una ***escala de certeza***. Cerca de la cima tenemos la teoría de la gravitación basada en una cantidad asombrosa de evidencia; abajo en el fondo se encuentra la teoría que enuncia que la Tierra es plana. En el medio tendríamos la teoría del origen de las lunas de Urano. Algunas teorías científicas están más cercanas a la cima que otras, pero ninguna de ellas jamás la alcanza.

Un enunciado extraordinario es aquel que contradice un hecho que está cerca de la cima de la escala de certeza y dará lugar a mucho escepticismo. Así que si usted intenta contradecir semejante hecho, mejor que tenga disponibles ciertos hechos que estén aún más altos en la escala de certeza: “se necesita una evidencia extraordinaria para sostener un argumento extraordinario”.

¿Si las teorías científicas siguen cambiando, dónde está la Verdad?

En 1666 Isaac Newton propuso su teoría de la gravitación. Este fue uno de los logros intelectuales más grandes de todos los tiempos. La teoría explicaba todos los hechos observados y hacía predicciones que se comprobaron posteriormente dentro de la precisión de los instrumentos utilizados. Hasta donde cualquiera pudiera ver, la teoría de Newton era “la Verdad”.

En el siglo XIX, se utilizaron instrumentos más precisos para probar la teoría de Newton, y estas observaciones revelaron algunas pequeñas discrepancias. Albert Einstein propuso sus teorías de la Relatividad que explicaban los hechos recientemente observados y realizaban más predicciones. Esas predicciones se han probado ahora y se ha encontrado que son correctas dentro de la exactitud de los instrumentos utilizados. Hasta donde cualquiera pueda ver, la teoría de Einstein es “la Verdad”.

¿Como puede ser que la Verdad cambie? Bien, la respuesta es que no ha cambiado. El Universo todavía es el mismo de siempre. **Cuando se dice que una teoría es “verdadera” significa que concuerda con toda la evidencia experimental conocida.** Pero incluso, para la mejor de las teorías, se ha demostrado una y otra vez, que es incompleta: a pesar que pueden explicar muchos fenómenos usando unos pocos principios

básicos e incluso predecir muchos nuevos y excitantes resultados, finalmente nuevos experimentos (o experimentos más precisos) podrán mostrar discrepancias entre el funcionamiento de la naturaleza y las predicciones de la teoría. Cuando una teoría aceptada no puede explicar algunos datos nuevos, que han sido corroborados, los investigadores que trabajan en ese campo se esfuerzan para construir una nueva teoría.

Otra nota sobre la verdad: **la ciencia no hace juicios morales**. Cualquiera que intente extraer lecciones morales a partir de las leyes de la naturaleza está en un terreno muy peligroso. Estas justificaciones son todas completamente falsas.

¿Cuánto fraude existe en la ciencia?

La imagen que tenemos de los científicos discutiendo teorías educadamente, proponiendo nuevas teorías a la luz de nuevos datos, etc., parece estar completamente desprovista de cualquier emoción. De hecho, esta situación dista mucho de la realidad; las discusiones son muy humanas, aun cuando la mayoría de la comunidad científica aceptará finalmente una única teoría que explica los resultados y realiza una serie de predicciones verificables. Pero antes que esto se logre, ¿puede suceder que los investigadores falsifiquen los resultados o experimentos por cuestiones de prestigio y/o dinero? ¿Cuán frecuentemente ocurre este tipo de fraude científico?

Hay muchos casos conocidos de fraude en la ciencia. Algunos usan esta situación para argumentar que todos los resultados científicos, sobre todo aquéllos resultados que ellos no aceptan, no tienen valor.

Este argumento ignora la repetición de resultados que realizan rutinariamente los científicos. Cualquier resultado importante se reproducirá muchas veces por personas diferentes. Así, afirmar (por ejemplo) que los científicos que utilizan el método del carbono-14 para determinar la edad de los fósiles están mintiendo, requiere que muchos científicos de renombre estén comprometidos en una conspiración. De hecho, la existencia de fraudes conocidos y documentados es una buena ilustración de la **naturaleza auto correctora de la ciencia**. No importa, para el progreso de ciencia, si una proporción de científicos es impostora porque cualquier trabajo importante que realicen no se aceptará seriamente sin una comprobación independiente.

Además, la mayoría de los científicos es idealista. Ellos perciben la belleza en la verdad científica y ven su descubrimiento como su vocación. Estos razonamientos sugieren que el fraude no detectado en la ciencia sea raro e insignificante.

Los argumentos anteriores son más endebles en la investigación médica, donde las compañías frecuentemente suprimen o distorsionan los datos para apoyar sus propios productos. Las compañías del

tabaco generan informes “demostrando” que el fumar es inofensivo para la salud, y los laboratorios farmacéuticos han falsificado y suprimido datos relacionados a la seguridad o efectividad de ciertos productos. Sin embargo, este tipo de fraude no puede poner en duda la validez del método científico.

¿Utilizan anteojeras los científicos?

Los científicos se niegan a menudo a probar ideas marginales aduciendo que no son “científicas” y que sería una pérdida de tiempo y esfuerzo ocuparse de ellas. Se pierden de esta forma ideas que podrían ser muy valiosas. Las ideas que provienen fuera de la corriente principal de la ciencia tienen que recorrer un camino difícil antes de ser aceptadas. Pero, por otro lado la oportunidad de crear una revolución científica es muy tentadora: la riqueza, la fama y los premios Nobel son consecuencia de tales trabajos. De manera tal que *siempre habrán científicos buscando nuevos conocimientos.*

Es importante diferenciar entre las creaciones “pseudo-científicas” y los verdaderos desarrollos basados en la ciencia. La pseudo-ciencia no es rebatible o sus resultados no pueden reproducirse en un laboratorio.

Piense Como un Científico

Una Fábula Inductiva

El derecho de propiedad literaria (c) 1996 es de Kenny Felder.

La siguiente es una historia que ilustra sobre qué es realmente el método científico. Como con cualquier fábula, primero se contará la historia, y luego se dará la moraleja.

Había una vez en un tiempo, un cavernícola llamado Pepe. (Yo me niego a nombrarlo “Uog” o algo así, por principios.) Pepe era un tipo muy brillante, pero no tenía absolutamente ningún conocimiento de las leyes de la naturaleza. Por favor no pregunte cómo el pobre Pepe se manejó para crecer de esta manera: es una clase triste de historia y no muy pertinente a mi moraleja.

¿Dónde estábamos? Oh, sí. . . un día, Pepe estaba atravesando los bosques, increíblemente hambriento como todos los cavernícolas estaban a menudo y recogió una piedra. La miró, quizá le dio una mordedura experimental o dos, y decidió que no era particularmente comestible. De todas maneras, él ya había tenido piedras en el desayuno de la mañana. Así que, soltó la piedra, satisfecho de seguir su camino. ¡Bam! Abajo

se vino la piedra, justo sobre su pie. Ésta es la parte decisiva de la historia, así que preste mucha atención: él soltó la piedra y esta cayó en su pie.

¿Ha empezado la parte científica del asunto? No realmente, todo lo que Pepe tiene ahora es un pie herido. Solo ha ocurrido un incidente que por definición no se relaciona a nada más. En la ciencia, es bastante justo decir que si usted sólo sabe una cosa, usted no sabe nada.

Pepe siguió andando. Todavía hambriento. Recogió otra piedra, la soltó. ¡Bam! Esta vez le escapó a su pie, pero de todas maneras ocurrió lo mismo que con la primera piedra, se fue directamente abajo. Pensando febrilmente, Pepe empezó a sospechar sobre un patrón. Si estuviera científicamente predispuesto, él podría haber expresado algo así:

Teoría 1: Cuando yo suelto una piedra, esta se cae.

Siendo un tipo brillante (¿recuerda?), Pepe cayó en la cuenta que tenía que probar su teoría. Así que recogió otra piedra, y dijo en el idioma cavernícola: “Cuando yo suelte la próxima piedra, esta se caerá.” ¡Hizo la prueba, y sucedió lo esperado! Este es el punto donde Pepe realmente se empezó a sentir bien sobre sí mismo. Porque la habilidad de hacer una predicción y que ésta se haga realidad, es un indicador importante de estar realmente en la buena senda.

Así que, Pepe siguió caminando, mientras dejaba caer las piedras con alegría infantil. Pero todavía tenía hambre. Recogió una piña, la olfateó cautamente, y decidió soltarla. ¡Imagine su sorpresa cuando esta resonó a sus pies, casi exactamente de la misma manera que las piedras! Ahora, usted podría pensar que Pepe concluiría “Cuando yo suelto una piña, se cae”. Pero Pepe era más inteligente. Él empezó recogiendo hojas, ramitas, gatos desvalidos, cualquier cosa que pudiera conseguir con sus manos. ¡Pepe avanzaba en una teoría mucho más general! Como antes, empezó a hacer predicciones basadas en su nueva teoría; y cuando sus predicciones se hicieron realidad, él decidió confiadamente que:

Teoría 2: Cuando yo suelto cualquier cosa, ésta se cae.

Note usted que Pepe no tenía dos teorías a estas alturas, él sólo tenía una: ¡porque la teoría 1, aunque todavía cierta, ya no era más necesaria! La teoría 1 era ahora un caso especial de la teoría 2. Nada hizo a un científico cavernícola más feliz que encontrar una teoría que explicara muchos resultados diferentes. Esto es porque los científicos de las cavernas tenían que tallar sus teorías en tablillas de piedra, y francamente, mientras menos fueran mejor.

Pepe estaba probando su teoría agitadamente, cuando vio un globo rojo atado a un árbol. Pepe desató el globo y lo soltó, totalmente preparado para otra reafirmación de su maravillosa teoría. El globo flotó lejos. Arriba. ¡Se fue hacia arriba!

Ahora, en este punto, Pepe se enfrentó con su primera crisis científica seria. Sus predicciones habían sido correctas centenares de veces: pero ahora, algo había salido mal. Así que como cualquier buen científico, Pepe decidió que era un evento fortuito, que realmente no había pasado, y que su teoría original era correcta. Desgraciadamente, el próximo globo también subió. Y el próximo. Las cosas estaban poniéndose más duras y más difíciles de ignorar, sin mencionar que él no podía deducir de dónde vinieron todos estos globos y quién los había atado a los árboles.

Pepe tenía dos opciones: podía modificar levemente su teoría, o la podía tirar y volver a empezar. Ahora, una cosa que siempre un científico cavernícola odiaba, era tirar una teoría y volver a empezar (¿recuerda las tablillas de piedra?), de manera que Pepe empezó a anotar mentalmente qué cosas caían, y qué cosas subían. Saltando en el tiempo hacia adelante, nosotros encontramos uno de los descendientes de Pepe tallando lo siguiente:

Teoría 3: Las cosas que son más ligeras que el aire, suben. Las cosas que son más pesadas que el aire, caen.

¡Note que todavía tenemos sólo una teoría que explica todo! Ambas 1 y 2 son ahora casos especiales de esta más reciente y ampliada.

...Se podría seguir con esta historia. El próximo paso es descubrir que las piñas suben, no bajan, si usted está dentro del agua. Entonces reemplaza “aire” en la teoría anterior con “cualquier cosa en que esté sumergido”. Y usted sigue generalizando, hasta que alcance la ley de Newton de la gravedad, y después la desechará en favor de la teoría general de Einstein de la Relatividad, y ni siquiera podemos imaginar donde irá a partir de ese punto. Pero ésta es una fábula, no una conferencia de James Burke. De manera que es tiempo para unas moralejas.

Moraleja 1: La ciencia consiste en dos procesos, deducción e inducción.

La deducción va de lo general a lo específico: haciendo predicciones basadas en las teorías. La inducción va de lo específico a lo general: uniendo las observaciones para crear una nueva teoría. La cosa buena sobre la deducción es, si usted la hace correctamente, la conclusión siempre es correcta, ¡por lo menos tan

correcto como la teoría con que empezó!. La inducción, no importa qué bien se haga, siempre es sospechos y frecuentemente errónea.

¡No obstante, la ciencia real consiste primeramente de inducción! (Esto también explica por qué se escogió escribir esto como una fábula, historia-primero moraleja-después, en lugar de dar algunos puntos generales y después decir “he aquí una historia que los ilustra.” Si el trabajo está bien hecho, las moralejas generales son obvias de esta historia específica. ¡Usted las consiguió por inducción!)

Moraleja 2: A todos nos gusta tener teorías que son correctas.

Los Científicos gastan mucho tiempo haciendo predicciones y esperando que ellas se hagan realidad. ¡Pero ellos no aprenden mucho realmente cuando se hacen realidad! El conocimiento real se da cuando las predicciones no se hacen realidad. En muchos casos, los científicos se niegan a creer en los resultados cruciales que llevan a nuevas teorías. (Moraleja 2': los científicos también son personas. Les gusta tener la razón tanto como a cualquier ser humano).

Moraleja 3: Las teorías equivocadas todavía son útiles.

Cada una de las teorías de Pepe con el tiempo demostraba que estaba equivocada. Einstein también esté probablemente equivocado. Pero cada una es un ladrillo con que se construye la próxima teoría, más grande: y cada una de ellas también es útil, con tal de que usted trabaje dentro del dominio en que es verdad. Casi todo lo que nosotros construimos hoy en día está basado en la Física del siglo XIX, que se conoce estar equivocada hace más de cien años. Pero todavía es útil para hacer automóviles y puentes y cohetes y casas y cualquier cosa que no sea demasiado rápida o demasiado grande o demasiado pequeña.

Moraleja 4: A veces usted está tan cautivado por la excitación de la ciencia, que se olvida de comer. ¿Qué le habrá pasado a Pepe?...