Introducción al Pensamiento Científico

El reconocimiento de los argumentos

VARIEDADES DE USOS LINGÜÍSTICOS

Argumento: conjunto de enunciados, más precisamente, un conjunto de oraciones. En un argumento hay premisas y conclusión

Enunciados: oraciones que afirman o niegan que algo sea el caso.

Las remisas pretenden sostener, abonar, establecer, dar razones a favor de la conclusión.

Desde ya, el lenguaje se emplea de múltiples maneras y hay otros tipos de oraciones; por ejemplo, las preguntas, los pedidos, las ordenes. En las oraciones de este tipo no se afirma ni se niega nada y no cabe preguntarse por su verdad o su falsedad.

EL ESQUELETO DE LOS ARGUMENTOS: PREMISAS Y CONCLUSION

Las premisas pretenden sostener, abonar, establecer, dar razones a favor de la conclusión.

INDICADORES DE PREMISA	INDICADORES DE CONCLUSION
Dado que… Puesto que… Porque… Pues… En primer lugar…, en segundo lugar… Además… Se puede inferir del hecho… Debido a… Teniendo en cuenta que… Atendiendo a… En efecto…	Luego… Por lo tanto… Por consiguiente… En consecuencia… Concluyo que… Podemos inferir… Se sigue que… Queda demostrado entonces que… Lo cual prueba que… Lo cual justifica que… Consecuentemente…

ORACIONES Y PREPOSICIONES

En el marco de la lógica, se suele hacer una distinción entre las oraciones y lo que ellas expresan. Dicha distinción apunta a diferenciar el soporte material (la oración, el enunciado) de aquello de lo que las oraciones afirman, suele llamarse a esto proposición.

USO Y MENCION DE EXPRESIONES

Una palabra o conjunto de palabras es usada cuando se utiliza para referir a alguna entidad extralingüística (por ejemplo, para referirse a una persona, a un lugar, etc.). En cambio, cuando usamos palabra o conjuntos de palabras referimos a ellas mismas, las mencionamos. Se suelen utilizar letras itálicas o comillas para indicar que una expresión está siendo mencionada.

Tipos de enunciados

TIPOS DE ORACIONES

Existen dos tipos de oraciones:

SIMPLES: singulares-universales-existenciales-estadísticas

Estos no contienen expresiones lógicas y no pueden descomponerse en otros enunciados.

COMPLEJAS: conjunciones-disyunciones-condicionales-estadísticas

También las tautologías, las contradicciones y las contingencias.

¿Qué son las condiciones veritativas? También llamadas condiciones de verdad, son las condiciones en las que una oración resulta ser verdadera o falsa; es decir, en qué condiciones se puede afirmar que una oración es verdadera y en cuales que es falsa. Sin duda, debemos también conocer el valor de verdad de las oraciones simples que en ellas se combinan, pero para determinar el valor de verdad de esas oraciones complejas resulta necesario comprender el funcionamiento de las expresiones lógicas encargadas de combinar las oraciones simples allí incluidas.

EXPRESIONES LOGICAS

Términos que permiten combinar oraciones simples para dar lugar a oraciones complejas.

Y, o, bien, si, entonces, no.

Las oraciones simples:

- O. singular: es aquella que se refiere a un individuo en particular.
- O. universal: se refiere a todos los miembros de un conjunto.
- O. existencial: cuando algunos miembros cumplen con una determinada propiedad.
- O. estadísticas o probabilísticas: se refiere a una entidad a la cual se le asigna una determinada probabilidad de poseer una cierta propiedad.

CONJUNCIONES

Es una oración compleja que surge de combinar dos oraciones simples cualquiera, a partir del significado y va a ser verdadera cuando sus dos partes lo sean

Tabla de verdad:

	A	B	A y B
1	Verdadera	Verdadera	Verdadera
2	Verdadera	Falsa	Falsa
3	Falsa	Verdadera	Falsa
4	Falsa	Falsa	Falsa

LAS DISYUNCIONES

Combinan dos o más enunciados, pero, a diferencia de lo que ocurre en las conjunciones, no se afirma que las proposiciones involucradas sean el caso, sino solo que al menos una de ellas lo es.

Disyunciones inclusivas: no excluye el caso de que se den los dos diyuntos, pero tampoco se compromete con eso. Las disyunciones inclusivas son siempre verdaderas a menos que las dos oraciones simples sean falsas.

Disyunciones exclusivas: afirman que uno de los dos diyuntos es el caso, pero no excluye la posibilidad de que ambos lo sean. Ej: "el menú incluye o bien postre, o bien café"

Resultan ser falsas cuando las dos se dan o cuando ninguna de las dos.

	A	B	A y B	O bien A o bien B
1	Verdadera	Verdadera	Verdadera	Falsa
2	Verdadera	Falsa	Verdadera	Verdadera
3	Falsa	Verdadera	Verdadera	Verdadera
4	Falsa	Falsa	Falsa	Falsa

CONDICIONALES

Se expresan mediante la cláusula si…. Entonces… o si…

Condiciones suficientes: para cualquiera dos oraciones A y B, la oración condicional "A entonces B" es falsa si el antecedente A es verdadero y el consecuente B es falso; en el resto de los casos, el condicional "A entonces B" es verdadero.

	A	B	A → B
1	Verdadera	Verdadera	Verdadera
2	Verdadera	Falsa	Falsa
3	Falsa	Verdadera	Verdadera
4	Falsa	Falsa	Verdadera

La oración simple que esta antes del si es el antecedente y la oración simple que esta después del entonces es el consecuente.

CONDICION NECESARIA

Lo que varía es aquello que ocupa el lugar del antecedente y del consecuente en la reconstrucción del enunciado condicional.

El "solo si" indica el consecuente y no el antecedente como ocurriría con el "si" en las condiciones suficientes, el resto de la oración es considerado como parte del antecedente.

Sus condiciones de verdad son las mismas que las de condiciones suficiente.

ORACIONES BICONDICIONALES

Establecen entre las partes de la oración una relación condicional, que va en ambos sentidos; afirman que la relación de condicionalidad es tanto necesaria como suficiente.

	A	**B**	**A siempre y cuando B**
1	Verdadera	Verdadera	Verdadera
2	Verdadera	Falsa	Falsa
3	Falsa	Verdadera	Falsa
4	Falsa	Falsa	Verdadera

NEGACIONES

Afirman que no es el caso de que ocurra algo.

Para cualquier oración, llamémosla A, su negación "no A" es verdadera si A es falsa. A la inversa, si A fuera verdadera, su negación será falsa.

	A	**No A**
1	Verdadera	Falsa
2	Falsa	Verdadera

CONTINGENCIAS

Son oraciones que pueden resultar verdaderas o falsas según sea el caso. Su verdad o falsedad no depende de su estructura si no que está determinada por el contenido de la oración.

TAUTOLOGIAS

Son oraciones verdaderas en cualquier circunstancia, son oraciones necesariamente verdaderas.

Son verdaderas no por su contenido si no por su forma o estructura lógica.

CONTRADICCIONES

Son oraciones falsas en cualquier circunstancia. No por su contenido, si no por su forma o estructura lógica

Los argumentos deductivos y su evaluacion

La lógica es una disciplina que provee claras estrategias para evaluar los argumentos en el primer sentido; es decir, permite considerar si la conclusión se encuentra apoyada y, si fuera el caso, en qué grado se encuentra apoyada por las premisas.

ARGUMENTOS DEDUCTIVOS

En los argumentos deductivos, la conclusión queda establecida concluyentemente a partir de las premisas; quien aceptará las premisas, deberá aceptar la conclusión.

Si las premisas son verdaderas, la conclusión también lo es necesariamente. O de modo equivalente: resulta imposible que las premisas sean verdaderas y la conclusión no lo sea.

Un aspecto que caracteriza a los argumentos deductivos es la formalidad. La pretendida necesidad con que se sigue la conclusión de las premisas está asociada con la forma o estructura de dicho argumento que garantiza que, si las premisas fueran verdaderas, la conclusión también lo seria. Los ejemplos sugieren que el vínculo necesario que existe entre premisas y conclusión en estos casos está asociado a lo que los argumentos tienen cierta estructura

A y B, por lo tanto, A

Siendo A un enunciado cualquiera. O de modo más gráfico:

<u>A y B</u>

A

¿Qué ocurriría si reemplazamos la Y por una O?

Ej.: "Argentina limita con Chile o con Uruguay, por lo tanto, Argentina limita con Chile"

En este argumento la premisa no logra establecer la conclusión de modo concluyente y, por lo tanto, no es deductivo.

Hay maneras de reconstruir la estructura de los argumentos que facilitan su evaluación. Una de ellas es identificar las expresiones lógicas, por ejemplo, "no", "si… entonces", "y", "o", "todos", "algunos", etc…

La validez de un argumento garantiza que, si las premisas son verdaderas, la conclusión también lo será, pero no garantiza que sus premisas sean efectivamente verdaderas. Un argumento válido, que a su vez tiene todas sus premisas verdaderas, es un argumento sólido.

Hay solo cuatro opciones para los argumentos:

- Que las premisas y la conclusión sean todas verdaderas;
- Que tanto las premisas como la conclusión sean falsas;
- Que las premisas sean falsas y la conclusión verdadera;
- A la inversa, que las premisas sean verdaderas y la conclusión falsa.

Cabe aclarar que cuando hablamos de las premisas nos referimos al conjunto de todas ellas. Pero existe cierta asimetría entre la verdad y falsedad del conjunto de premisas. Consideramos que el conjunto de premisas es verdadero cuando todas lo son. Por el contrario, basta que un elemento del conjunto sea falso para que las premisas sean falsas.

Como ya sabemos, las conjunciones son tales para que sean verdaderas, todos los componentes deben serlo; basta que un solo componente sea falso para que la conjunción lo sea.

Modus Ponens

Si A entonces B

<u>A</u>

B

ARGUMENTOS INVALIDOS

Los argumentos inválidos, en ellos es posible que las premisas sean verdaderas y la conclusión falsa, ya que la conclusión no se infiere con la necesidad de las premisas.

El ejemplo anterior tiene una forma tal que no nos garantiza la verdad de la conclusión dada la verdad de las premisas:

Si A entonces B

<u>B</u>

A

Esta estructura o forma de argumento recibe el nombre de Falacia de afirmación del consecuente.

En conclusión, la validez o invalidez de un argumento depende de su forma. Lo único relevante es si esa forma garantiza o no la preservación de verdad de premisas a conclusión. Esto quiere decir que podemos determinar si un argumento es válido aun cuando no podamos determinar el valor de verdad de las oraciones involucradas.

REGLA DE INDIFERENCIA Y DEDUCCIONES

Dijimos que una manera de confirmar que una forma o estructura de argumento es válida era encontrar un contraejemplo. Ahora bien, ¿Cómo nos asegurarnos de que es válida?

Si no encontramos contraejemplos, estaremos bien encaminados, pero en caso de no encontrarlos puede ser por falta de imaginación o de conocimientos. Una vez hallado el contraejemplo, podemos estar seguros de la invalidez de una forma del argumento, pero no hallarlos no dice nada sobre su validez.

La lógica es también la disciplina encargada de hallar modos para probar la validez de los argumentos estudiando su forma o estructura. Un modo de hacer esto es considerando las condiciones de verdad de los enunciados incluidos como premisas y las condiciones de verdad de la conclusión, para determinar si la verdad de las premisas garantiza o no la verdad de la segunda.

Existe otro modo para probar la validez de los argumentos, este es construir deducciones utilizando reglas de indiferencia. Desarrollemos esto; podemos pensar formas de argumento validas como reglas que nos sugieren como inferir, como recetas para obtener conclusiones a partir de cierta información, o como reglas que legitiman nuestras indiferencias. Así sabremos por ejemplo que;

- Si juega Messi, la Argentina gana.
- Juega Messi,

Podemos inferir que:

- La Argentina gana.

Podemos inferir esa conclusión, y dado que el argumento que resulta de agregar esa conclusión a la información antes provista tiene la forma del Modus Ponens, podemos asegurar que lo hemos inferido válidamente.

Supongamos, ahora, que disponemos de la siguiente información:

- Si juega Messi, la Argentina ganará –

Si Messi se recupera de su lesión, jugará –

Messi se ha recuperado de su lesión

¿Podemos inferir que la Argentina ganará? Si simplemente agregamos la oración "Argentina ganará" como conclusión, obtenemos el siguiente argumento:

Si juega Messi, Argentina ganará

Si Messi se recupera de su lesión, jugará

<u>Messi se ha recuperado de su lesión</u>

Argentina ganará

Este argumento no tiene la forma del Modus Ponens. Por lo pronto, el argumento tiene tres premisas y no dos. Sin embargo, ¿se sigue necesariamente la conclusión de las tres premisas? Podemos observar, considerando las condiciones de verdad de los enunciados condicionales (los cuales, recordemos, solo son falsos cuando el antecedente es verdadero y el consecuente falso), que si aceptáramos que las premisas son verdaderas, la conclusión no podría ser falsa. El es válido. Y, si bien no podemos reducir este argumento a la forma Modus Ponens, podemos usar esa forma válida como regla de inferencia para probar su validez.

¿Hay otras formas de razonamiento válidas? ¿Hay otras reglas de inferencia de las cuales valernos para construir deducciones? La respuesta es sí, y la lista de posibles reglas es infinita. Sin embargo, hay algunas reglas que son sencillas y suelen ser generalmente aceptadas, entre ellas:

1. Modus Ponens
2. Modus Tollens
3. Silogismo hipotético
4. Simplificación
5. Adjunción
6. Silogismo disyuntivo
7. Instanciación del universal

1. Modus Ponens:

Si A entonces B

<u>**A**</u>

B

Básicamente nos autoriza a obtener como conclusión el consecuente de un enunciado condicional cuando sabemos que el antecedente es el caso. Así, pensemos en esta oración condicional:

- Si Matilde gana la lotería, será millonaria.

El Modus Ponens garantiza que, si constatamos que Matilde ganó la lotería, podemos inferir que Matilde será millonaria. Obviamente, no nos autoriza a inferir nada en caso de que no la gane.

Esta regla resulta acorde al significado que le hemos atribuido al condicional al considerar sus condiciones de verdad. Vimos en el capítulo anterior que los enunciados condicionales son falsos solo en el caso que el antecedente es verdadero y el consecuente es falso. De modo que si sabemos que el condicional es verdadero (así podría leerse la afirmación de la primera premisa de la regla), sabemos que no puede pasar que su antecedente A sea verdadero y su consecuente B falso. Ahora bien, la segunda premisa puede entenderse como afirmando la verdad del antecedente A. De ello resulta entonces que el consecuente B, debe ser verdadero también.

2. Modus Tollens:

Si A entonces B

<u>No B</u>

No A

Supongamos que nos enteramos ahora de que Matilde no es millonaria. Si sabemos nuevamente que "Si Matilde gana la lotería, será millonaria", podemos inferir entonces que no ha ganado la lotería (pues sabíamos que era suficiente que la ganase para que fuera millonaria); hemos aplicado en este caso la regla del Modus Tollens.

Supongamos que nos enteramos ahora de que Matilde no es millonaria. Si sabemos nuevamente que "Si Matilde gana la lotería, será millonaria", podemos inferir entonces que no ha ganado la lotería (pues sabíamos que era suficiente que la ganase para que fuera millonaria); hemos aplicado en este caso la regla del Modus Tollens. Esta regla también resulta plausible a la luz de las condiciones de verdad de los enunciados condicionales. Nuevamente, si sabemos que el condicional es verdadero (nótese que la primera premisa de esta regla es igual a la del Modus Ponens), sabemos que no puede pasar que su antecedente sea verdadero y su consecuente falso. Ahora bien, la segunda premisa puede entenderse como negando la verdad del consecuente (no B). De ello resulta entonces que el antecedente A, debe ser falso también (no A).

3. Silogismo hipotético:

Si A entonces B

Si B entonces C

Si A entonces C

Esta regla sirve para concatenar enunciados condicionales, nos permite concluir un condicional sobre la base de otros dos condicionales tales que el consecuente del primero es el antecedente del segundo. El condicional de la conclusión lleva el antecedente del primer condicional y el consecuente del segundo. Así, por ejemplo, ante la información de que si Miranda viaja, visitará Portugal, y que si va a

Portugal, comprará un sombrero, bien podemos concluir que si Miranda viaja, ella comprará un sombrero.

Aquí también estamos frente a una regla que se ajusta a las condiciones de verdad de los enunciados condicionales. Dejamos a nuestro lector que lo compruebe por sí mismo.

4. Simplificación:

<u>A y B</u>

A

Se trata de una regla sencilla. Indica que si sabemos, por ejemplo, que llueve y truena, sin duda podremos inferir legítimamente que llueve. O también que truena, por ello debajo de la línea podría estar B en el lugar de A.

Si atendemos a las condiciones de verdad de la conjunción veremos que esta regla resulta adecuada. Si entendemos la afirmación de una conjunción como la afirmación de su verdad, podemos inferir que ambos conyuntos son verdaderos. Pues, como vimos en el material de lectura anterior, las conjunciones son verdaderas únicamente cuando ambos conyuntos lo son.

5. Adjunción:

A

<u>B</u>

A y B

También es sencilla la regla de adjunción que nos permite introducir conjunciones. Retomando el mismo ejemplo, si sabemos que llueve y nos enteramos de que truena, podremos afirmar "Llueve y truena".

Nuevamente, esta regla rescata las condiciones de verdad de la conjunción. Si sabemos que dos oraciones son verdaderas, podemos estar seguros de que su conjunción también lo es.

6. Silogismo disyuntivo:

A o B

<u>No A</u>

B

Esta regla tiene dos premisas, una disyunción y la negación de uno de los disyuntos, a partir de eso concluye el otro disyunto. Así, si, por ejemplo, sabemos que Facundo o Federico es el culpable, y nos enteramos de que Facundo no lo es, sin duda podremos inferir que el culpable es Federico.

Para que una disyunción sea verdadera al menos uno de los disyuntos ha de serlo, de modo que si afirmamos la verdad de una disyunción (A o B) a la vez que negamos que uno de los disyuntos sea el caso (no A), el otro disyunto tiene que ser verdadero (B).

7. Instanciación del universal:

Todos los R son P

<u>x es R</u>

x es P

A diferencia de las anteriores, esta regla supone un nivel de análisis diferente. La razón es que determina aquello que puede ser concluido a partir de una expresión como "todos", la cual, tal como vimos en el material de lectura anterior, reviste diferencias con expresiones como "y", "si… entonces…", etc. En el siguiente esquema, las letras R y P están en el lugar de propiedades y la x en el lugar de individuos, y no en el lugar de enunciados como ocurría con A y B

PRUEBAS INDIRECTAS

Se trata de las pruebas por absurdo. Este tipo de estrategia es indirecta y se aplica cuando otras son inviables.

Supongamos que disponemos de un conjunto Γ de premisas y que queremos probar la oración C. Es decir, tratamos de construir una deducción para el siguiente argumento:

<u>Γ</u>

<u>C</u>

En las pruebas por absurdo, se parte de suponer que aquello que se pretende probar (la oración C, en nuestro ejemplo) no es el caso (es decir, se supone "no C") y se intenta arribar a una contradicción (siempre por aplicación de las reglas de inferencia). De obtener la contradicción (de la forma "A y no A", tal como las estudiadas en el material de lectura anterior), es posible afirmar que el supuesto del cual se partió ("no C") es falso; puesto que si fuera verdadero no habría ocurrido la contradicción -enunciado necesariamente falso-; recordemos que las reglas de inferencia garantizan la conservación de la verdad.

Los argumentos inductivos y su evaluacion

Como dijimos, la validez de un argumento depende de su forma. Veremos que, a diferencia de los deductivos, no hay un único criterio que permita evaluar a todos los argumentos inductivos, sino que deberemos distinguir diversos tipos y formular criterios de evaluación apropiados para cada uno de ellos. Por otro, la evaluación de argumentos inductivos involucra inevitablemente prestar atención a su contenido.

LOS ARGUMENTOS INDUCTIVOS

Lo que caracteriza a este tipo de argumentos es que las premisas no ofrecen un apoyo absoluto a la conclusión. De modo que, desde el punto de vista deductivo, deberíamos catalogarlos como inválidos. Pero hay argumentos que, si bien no ofrecen razones concluyentes, sí ofrecen razones y, más aún, hay argumentos que ofrecen buenas razones. no hablaremos de validez, sino de argumentos buenos o malos, fuertes o débiles.

A diferencia de lo que ocurre con la validez, la fortaleza de un argumento inductivo no puede plasmarse en un criterio unívoco tal que frente a cualquier argumento de este tipo, podamos responder si es fuerte o débil, bueno o malo. La fortaleza es una cuestión de grado; hay argumentos más o menos fuertes.

TIPOS DE ARGUMENTOS INDUCTIVOS

ARGUMENTOS INDUCTIVOS POR ANALOGIA

Los argumentos inductivos por analogía son frecuentes no solo en el ámbito de la ciencia, sino también en la vida cotidiana. Tomemos el siguiente ejemplo: suponga usted que es lunes 21 de marzo, su primer día de clases en la universidad. Tiene que estar allí a las 9 de la mañana. Sale de su casa a las 8, llega a la parada más próxima del colectivo de la línea 60, toma el colectivo, demora aproximadamente 40 minutos y arriba a su destino con tiempo suficiente para encontrar su aula. A la mañana siguiente repite el mismo ritual y así durante toda la semana. La segunda semana, a sabiendas de que tiene que estar a las 9, sale de su casa a las 8 y se dirige hacia la parada del colectivo 60, como antes. ¿Qué cree usted que va a ocurrir? Razonablemente, pensará que el viaje demorará aproximadamente 40 minutos. Pero ¿cómo puede estar tan segura? ¿Qué garantías tiene de que ello va a ser el caso?

Reconstruyamos entonces el razonamiento involucrado:

El lunes 21 de marzo salí a las 8:00 hs., tomé el 60 y demoré aproximadamente 40 minutos en llegar a la universidad.

El martes 22 de marzo salí a las 8:00 hs., tomé el 60 y demoré aproximadamente 40 minutos en llegar a la universidad.

El miércoles 23 de marzo salí a las 8:00 hs., tomé el 60 y demoré aproximadamente 40 minutos en llegar a la universidad.

El jueves 24 de marzo salí a las 8:00 hs., tomé el 60 y demoré aproximadamente 40 minutos en llegar a la universidad.

El viernes 25 de marzo salí a las 8:00 hs., tomé el 60 y demoré aproximadamente 40 minutos en llegar a la universidad.

El lunes 28 de marzo (hoy) salí a las 8:00 h y tomé el 60

El lunes 28 de marzo (hoy) demoraré 40 minutos en llegar a la universidad.

El razonamiento responde a la forma de los argumentos inductivos por analogía. Como lo ilustra el ejemplo, estos descansan en la comparación entre dos o más cosas, entidades o eventos y, a partir de la constatación de que ellos son similares en ciertos aspectos, se concluye que lo son también en otro. Este tipo de argumentos posee la siguiente estructura:

x_1 tiene las características F, G, …, Z.

x_2 tiene las características F, G, …, Z.

…………….

x_n tiene las características F, G, …

Por lo tanto, x_n tiene la característica Z.

Donde x_1 ,.., x_n han de ser reemplazados por eventos, cosas o entidades, y F, G, Z, por aspectos, características o propiedades. Los puntos suspensivos (…) que siguen a F, G indican que la comparación podría radicar en cualquier número de aspectos y no necesariamente en uno, dos o tres. La línea de puntos suspensivos que está entre la segunda y tercera premisa, indica que la cantidad de eventos, casos o entidades contemplados pueden ser dos o más de dos.

ARGUMENTOS NDUCTIVOS POR ENUMERACION INCOMPLETA

Veamos una pequeña variante del ejemplo anterior. Supongamos el mismo escenario: durante cinco días consecutivos, usted sale de su casa a las 8:00 hs. a tomar el mismo colectivo y demora aproximadamente 40 minutos en llegar a destino. Tal vez se vea tentada a concluir que el viaje hacia la facultad en su horario y colectivo habituales demora alrededor de 40 minutos. Sistematicemos el razonamiento:

El lunes 21 de marzo salí a las 8:00 hs., tomé el 60 y demoré aproximadamente 40 minutos en llegar a la universidad.

El martes 22 de marzo salí a las 8:00 hs., tomé el 60 y demoré aproximadamente 40 minutos en llegar a la universidad.

El miércoles 23 de marzo salí a las 8:00 hs., tomé el 60 y demoré aproximadamente 40 minutos en llegar a la universidad.

El jueves 24 de marzo salí a las 8:00 hs., tomé el 60 y demoré aproximadamente 40 minutos en llegar a la universidad.

El viernes 25 de marzo salí a las 8:00 hs., tomé el 60 y demoré aproximadamente 40 minutos en llegar a la universidad.

El viaje en el 60 hasta la universidad, saliendo a las 8:00 hs., demora aproximadamente 40 minutos

Tal como ocurría en los argumentos por analogía, aquí también partimos de información respecto de ciertos casos observados. Pero mientras que en la analogía se utiliza esa información para establecer similitudes entre los diversos casos e inferir algo sobre alguno de ellos, en los argumentos por enumeración incompleta, la información disponible en las premisas se utiliza para generalizar en la conclusión a partir de ellas.

Los argumentos inductivos por enumeración son aquellos en los que se parte en las premisas de una serie de casos observados y se generaliza en su conclusión para casos que van más allá de la evidencia disponible.

La estructura de estos argumentos suele formularse del siguiente modo:

x_1 es Z.

x_2 es Z.

x_3 es Z.

…….

xn es Z.

Por lo tanto, todos los x son Z

SILOGISMOS INDUCTIVOS

Supongamos que leemos en el diario que, de acuerdo con las estadísticas realizadas el último año, la mayoría de los egresados de la Universidad de Buenos Aires consiguen trabajo rápidamente. Nuestra amiga Jimena se acaba de recibir de licenciada en Comunicación Social y está inquieta por su futuro laboral. Al leer el diario, seguramente pensemos que es una buena idea comentarle el contenido del artículo. ¿Por qué? La respuesta obvia sería: porque ella estudió en la UBA. Esto es cierto. Este último dato, junto con la información provista por el diario, aporta ciertas esperanzas. ¿Puede Jimena descansar tranquila pensando que todo está resuelto? Sin duda que no, los datos señalan que "la mayoría" obtiene empleo rápidamente, no que todos lo hacen. Sin embargo, sin duda también, la información la habrá de dejar un poco más tranquila. Podríamos reconstruir el razonamiento o argumento del siguiente modo:

La mayoría de los egresados de la Universidad de Buenos Aires consiguen trabajo rápidamente.

Jimena es egresada de la Universidad de Buenos Aires.

Jimena conseguirá trabajo rápidamente.

Nuevamente, se trata de un razonamiento o argumento inductivo: la conclusión no se sigue necesariamente de las premisas, pero estas sí le confieren cierto apoyo. Es un caso de silogismo inductivo. La estructura general este tipo de argumentos inductivos puede delinearse del siguiente modo:

El n por ciento (o la mayoría, o muchos) de los F son G. x es F.

Por lo tanto, x es G.

A diferencia de lo que ocurre con los argumentos inductivos por enumeración, los silogismos inductivos no generalizan en la conclusión partiendo de premisas menos generales, sino a la inversa. En estos argumentos, una de las premisas posee la forma de una generalización estadística o probabilística y la otra subsume un caso en dicha generalización, para concluir que dicho caso cumple con aquello establecido por la generalización.

LA EVALUACION DE LOS ARGUMENTOS INDUCTIVOS

no podemos juzgar estos argumentos con los mismos criterios que utilizamos con los deductivos. Cuanto mayor sea ese apoyo, más fuerte será el argumento y a la inversa, cuanto menor sea el apoyo, más débil será el argumento. Por más fuerte que sea un argumento inductivo, la conclusión no queda establecida de modo concluyente –como sí ocurre en los argumentos deductivos que, por lo mismo, son argumentos válidos–. Sin embargo, hay mejores y peores argumentos inductivos y será nuestra tarea delinear algunos criterios.

La fortaleza de un argumento se presenta en grados. De lo que se trata, entonces, es de determinar cuán fuerte es un argumento, y los criterios variarán según el tipo (por analogía, por enumeración o silogismo inductivo).

or otra parte, para la determinación de la validez de un argumento deductivo bastaba con atender a su forma. No ocurre lo mismo con los inductivos: deberemos prestar particular atención al contenido para determinar qué tan fuerte o débil es el argumento. Recordemos que evaluar los argumentos involucraba dos cuestiones:

1. ¿Logran las premisas ofrecer apoyo a la conclusión? ¿En qué grado lo hacen?

2. ¿Son las premisas verdaderas? ¿Qué tan confiables son?

Si bien vimos que revisten formas diferentes, no alcanza con atender a la forma para determinar si es bueno o malo, más o menos fuerte. El contenido –aquello de lo que hablan las premisas y conclusión– es sumamente relevante al evaluar el vínculo que existe entre premisas y conclusión y determinar cuánto apoyo proveen las premisas a la conclusión. Para ilustrar este punto atendamos el siguiente ejemplo:

Insistimos en que, si bien nuestra atención se centra en el vínculo entre premisas y conclusión, los argumentos inductivos también pueden ser criticados desafiando la verdad de las premisas.

EVALUACION DE LOS ARGMENTOS POR ANALOGIA

Hay mejores y peores argumentos por analogía, más o menos fuertes, y ello depende de diversos factores. En lo que sigue mencionaremos algunos de ellos. Tomemos el siguiente ejemplo: en él se infiere algo respecto de un evento futuro sobre la base de cierta analogía con eventos acontecidos en el pasado:

Durante cada día de la última semana, Félix ha comprado vegetales en la verdulería Todo verde y estos resultaron muy buenos.

Hoy Félix comprará vegetales en la verdulería Todo verde.

Probablemente, los vegetales resulten muy buenos.

En este ejemplo se establece una analogía entre los vegetales que fueron comprados y los otros que se obtendrán: todos habrán sido adquiridos en la verdulería Todo verde y, a partir de ello, se infiere que los vegetales por comprar serán similares a los ya comprados: resultarán ser muy buenos. Inferencias de este tipo son muy comunes en nuestra vida cotidiana. Ahora bien, ¿en qué condiciones podemos fiarnos de ellas?

La consideración del ejemplo sugiere que un primer criterio para evaluar argumentos de este tipo tiene que ver con la relevancia de las similitudes sobre las que se funda la inferencia. Esto es, si las similitudes observadas entre los distintos casos son relevantes respecto de aquella similitud inferida.

Un primer criterio en la evaluación de los argumentos inductivos por analogía se funda en la relevancia del aspecto –o los aspectos– sobre los que se asienta la analogía. Lo que se pretende es que exista una genuina conexión entre las características compartidas en los distintos casos considerados y la característica adicional que se pretende atribuir al caso particular mencionado en la conclusión. Al considerar lo anterior, podemos mencionar un segundo criterio. Cuanto mayor sea el número de aspectos relevantes en los que los casos se parecen, más fuerte será el argumento. Nuevamente, es necesario insistir en que los aspectos que se citan han de ser relevantes con respecto a aquello que se quiere concluir.

Cuanto más disímiles en un sentido relevante sean las instancias comparadas, más débil tenderá a ser el argumento.

En resumen, los factores por tener en cuenta son: 1. que las propiedades a partir de las cuales planteamos la analogía sean relevantes para la propiedad que inferimos; 2. que mientras más aspectos compartan los casos analizados, más fuerte será el argumento; y 3. que mientras más casos análogos se consignen, más fuerte será el argumento por analogía.

EVALUACION DE ARGUMENTOS POR ENUMERACION INCOMPLETA

En los argumentos inductivos por enumeración, se parte en las premisas de una serie de casos, eventos o entidades observadas y se generaliza en su conclusión para casos, eventos o entidades que van más allá de la evidencia disponible.

Recordemos la estructura de estos argumentos:

x_1 es Z.

….

x_n es Z.

Todos los x son Z.

Dicha estructura sugiere que un primer criterio para evaluar este tipo de argumentos tiene que ver con cuántos casos se mencionan en las premisas y parecería que cuanto mayor sea la cantidad, más probable será que la conclusión se dé y más fuerte será el argumento.

EVALUACION DE LOS SILOGISMOS INDUCTIVOS

A diferencia de lo que ocurre con los argumentos inductivos por enumeración, vimos que los silogismos inductivos no generalizan en la conclusión partiendo de premisas menos generales, sino a la inversa. Ello quedaba reflejado en su estructura:

El n por ciento (o la mayoría, o muchos) de los F son G.

x es F.

---

x es G

En estos argumentos, una de las premisas posee la forma de una generalización estadística, que según vimos en el material de lectura 2, establece la frecuencia relativa de dos propiedades, la de ser F y la de ser G, es decir, qué porcentaje (o, cuantitativamente, qué cantidad) de los F son G. Obviamente, cuanto mayor sea la frecuencia relativa, más fuerte será el razonamiento (la conclusión será más probable, dada la verdad de las premisas). A la inversa, cuanto menor sea la frecuencia relativa, más débil será el argumento en cuestión.

Sistemas axiomaticos

ORIGEN DE LOS PRIMEROS CONOCIMIENTOS GEOMETRICOS

La geometría prehelénica –o sea, anterior a la civilización griega– constituye una técnica cuyo fin fundamental era la práctica. Intentaba dar respuesta a problemas concretos y de índole cotidiana, por eso muchos de sus resultados fueron solo aproximados. Si bien estos conocimientos no configuraban un sistema –es decir, no se hallaban relacionados entre sí, no estaban organizados–, es conveniente resaltar su importancia, ya que les permitieron construir obras de gran envergadura como diques, estatuas, templos, pirámides, repartir tierras, calcular áreas y volúmenes, entre otras múltiples aplicaciones.

GEOMETRIA GRIEGA

Hacia el siglo VII a.C., comienza a desarrollarse una forma de pensamiento para tratar de explicar los fenómenos de la naturaleza. Ello ocurre en las ciudades griegas de la costa egea del Asia Menor, que recibieron la influencia de los fenicios, los egipcios y los cretenses, por vía marítima, y de los pueblos del Asia Menor, por vía terrestre.

Si bien la posición geográfica fue un factor importante, ella no explica por sí sola el surgimiento del genio, es decir la imaginación creativa del pueblo griego. La nueva actitud frente a la naturaleza se basaba en el intento de ofrecer explicaciones de los fenómenos naturales sin apelar a elementos míticos o sobrenaturales.

En este contexto surgieron algunos pensadores –como Tales de Mileto, Anaximandro y Anaxímenes– que inauguraron una forma de especulación racional sobre la naturaleza que constituye el origen histórico de lo que llamamos ciencia. Ellos reconocieron la importancia de la teoría como organizadora de la práctica. Esto significa que los conocimientos prácticos, basados en la experiencia, tenían que poder explicarse a partir de nociones teóricas.

Nos interesa la figura de Tales de Mileto (nacido alrededor del 585 a.C. y muerto hacia el 545 a.C.). Fue uno de los primeros matemáticos y astrónomos griegos, y uno de los primeros en utilizar métodos deductivos en la geometría. Es decir, un método que permite justificar un enunciado a partir de otros enunciados ya conocidos.

La principal contribución de Tales no fue la resolución de problemas geométricos –muchos de los cuales ya la tenían–, sino el tratamiento general de esos problemas.

EUCLIDES Y LA GEOMETRIA

La tarea de sistematización de los conocimientos matemáticos alcanza un hito fundamental con los trabajos de Euclides, matemático considerado padre de la geometría. Si bien no existen muchos datos sobre su vida, se suele ubicar su existencia durante el reinado de Ptolomeo, entre los años 367 a.C. y 283 a.C., en Alejandría.

Euclides logró sistematizar, por primera vez, los conocimientos geométricos cuya finalidad inmediata no era la resolución de problemas concretos, a la manera de los egipcios y de los babilonios. Cuando hablamos de sistematizar, nos referimos a presentar los enunciados articulados, organizados, estructurados entre sí.

El autor adoptó la perspectiva aristotélica, según la cual:

> La ciencia es un conjunto de afirmaciones sobre un determinado objeto –en este caso la geometría–, con el requisito de que ellas sean generales y necesariamente verdaderas. La exigencia de generalidad radica en la convicción aristotélica de que la ciencia trata sobre lo general y no sobre entidades particulares (por ejemplo, sobre los triángulos en general y no sobre uno específico). El enunciado de las oraciones necesariamente verdaderas, a diferencia del enunciado de las contingentes, es de esa manera y no podría ser de otro modo.
>
> Las afirmaciones, además de ser generales y necesariamente verdaderas, deben estar articuladas de modo orgánico –tal como ya vimos a propósito de Tales–, mediante la aplicación de un razonamiento lógico que permita apoyar ciertas afirmaciones en otras que se toman como punto de partida, o como principios, y respecto de las cuales no se exige demostración (pues se trata de verdades evidentes). En relación con esto, el vocabulario utilizado en dichos enunciados distingue entre los términos que se toman como primitivos y los que se definen a partir de aquellos.

En Elementos, Euclides sistematiza no solo la geometría, sino toda la matemática conocida hasta entonces. Euclides distingue tres tipos de principios a los que denomina *postulados, nociones comunes y definiciones, respectivamente.*

• Los postulados –hoy en día denominados axiomas– son aquellos que se refieren a una ciencia en particular, en este caso la geometría, y son los siguientes (conviene aclarar que algunos postulados están reformulados por cuestiones de simplicidad, ya que su formulación original es más complicada):

> 1º Desde un punto a otro siempre se puede trazar una recta.
>
> 2º Una recta se puede prolongar indefinidamente en cualquiera de sus dos direcciones.
>
> 3º Dado un punto y un segmento, se puede construir un círculo que tenga a ese punto como centro y a ese segmento como radio.

4º Los ángulos rectos son iguales entre sí.

5º Si una línea recta corta a otras dos rectas de manera que la suma de los ángulos interiores de un mismo lado sea menor que dos ángulos rectos, entonces dichas rectas, prolongadas suficientemente, se cortarán del mismo lado de la primera línea recta en que se encuentren aquellos ángulos cuya suma es menor que dos rectos.

Este postulado 5º se conoce como Postulado de las paralelas y dará lugar –como veremos luego– a intensas discusiones y a cambios de gran importancia en la historia de la geometría.

El enfoque euclideano de la geometría, que se advierte al leer los postulados, es diferente del enfoque empírico que empleaban, por ejemplo, los egipcios. Los tres primeros postulados de Euclides muestran que no se hace referencia a ningún problema concreto que pueda ocurrir en circunstancias reales. En efecto, sobre la superficie terrestre puede haber muchos obstáculos, tales como montañas, mares, lagos, etc., que impiden el trazado de una línea recta de un punto a otro.

• Las nociones comunes hacen referencia a cuestiones generales que pueden aplicarse tanto a la geometría, como a otros ámbitos de la ciencia o de la vida cotidiana. Algunos ejemplos de estas nociones comunes son:

Cosas iguales a una misma cosa son iguales entre sí.

El todo es mayor que cualquiera de sus partes.

• Con respecto a las definiciones, Euclides se despega de los lineamientos aristotélicos, según los cuales es necesario tomar ciertos términos como puntos de partida y no definirlos. Euclides define todos los términos con los que trabaja, por ejemplo, punto o recta:

Un punto es lo que no tiene partes.

Una línea es una longitud sin anchura.

las presentaciones axiomáticas de la actualidad son afines a las recomendaciones aristotélicas y no a la estrategia empleada por Euclides.

A partir de los postulados y de las nociones comunes, Euclides obtiene deductivamente una serie de enunciados llamados por él proposiciones, o en terminología contemporánea, teoremas. Las proposiciones o teoremas –que frecuentemente tienen la forma de enunciados universales– son enunciados verdaderos, ya que se obtienen deductivamente de los postulados y las nociones comunes.

Euclides construye demostraciones de las proposiciones o teoremas, en las que a partir de las premisas se deduce la conclusión por aplicación de reglas de inferencia. Pero, a diferencia de lo que estudiamos en esta asignatura en relación con la construcción de deducciones, Euclides no explicita las reglas de inferencia, según las cuales procede en cada paso de la demostración.

EL PROBLEMA DEL QUINTO POSTLADO

Ya enunciamos los cinco postulados de Euclides. Veamos ahora cómo se puede interpretar la formulación del quinto postulado.

Recordemos que, para Euclides, un requisito de los axiomas (o postulados) era que su verdad fuera evidente. Sin embargo, esta formulación del quinto postulado resulta ser mucho menos evidente que la de los cuatro primeros. El propio Euclides parece haber tenido dudas al respecto, ya que evitó utilizarlo en las demostraciones de los teoremas

Esta aparente falta de evidencia que surge de la formulación original del quinto postulado –especialmente, en comparación con la formulación de los otros cuatro– hizo que los geómetras posteriores a la época de Euclides plantearan que el postulado era, en realidad, un teorema – es decir, que podía ser demostrado a partir de aquellos–. Si esto fuera así, implicaría que el quinto postulado no era independiente de los otros cuatro.

A lo largo de los siglos, se sucedieron diversos intentos de demostración del quinto postulado.

El matemático escocés, John Playfair (1748-1719), elaboró la siguiente versión del quinto postulado que aún sigue vigente y con la que trabajaremos de aquí en adelante:

> Por un punto exterior a una recta, puede trazarse una única paralela a dicha recta.

Los primeros intentos de demostración de este postulado se remontan al siglo I a.C y se deben a Posidonio y a Gémino –astrónomos y matemáticos de esa época–, y en las traducciones al griego y al latín de los textos árabes, se encuentran algunos comentarios referidos al quinto postulado.

EL TRABAJO DE SACCHERI

En el año 1733, fue publicado un trabajo de Giovanni Gerolamo Saccheri (1667-1733)) en el que este matemático italiano presenta un enfoque metodológico diferente a los intentos anteriores por demostrar el quinto postulado.

Saccheri suponía que negando el quinto postulado iba a encontrar una contradicción que lo llevaría a rechazar ese supuesto provisional y le permitiría, entonces, concluir la afirmación del quinto postulado.

Aclaremos este punto: si como se sospechaba, el postulado 5º se deducía de los anteriores (es decir, no era independiente) y se introducía, ahora, su negación, la contradicción habría de surgir inexorablemente.

Si bien Saccheri usó la formulación original de Euclides, aquí analizaremos la versión más sencilla de Playfair:

Por un punto exterior a una recta, pasa una sola paralela a dicha recta.

¿En qué consiste negar ese postulado? Negarlo puede consistir en afirmar alguno de estos dos enunciados (en realidad, los casos analizados por Saccheri fueron tres, pero, nos basta con analizar estos dos):

Caso 1. Por un punto exterior a una recta, no pasa ninguna paralela.

Caso 2. Por un punto exterior a una recta, pasan más de una paralela.

Saccheri avanzó en la deducción de enunciados que resultaban de negar el postulado 5º y las contradicciones esperadas surgieron en el primer caso, pero no ocurrió lo mismo en el segundo.

Obtuvo una cantidad de teoremas extraños, supuso que la contradicción estaba próxima y creyó haber vindicado, de este modo, la figura de Euclides. Paradójicamente, la contribución de Saccheri abrió las puertas para el desarrollo futuro de nuevas geometrías, pero esto ocurriría recién a principios del siglo XIX. Durante mucho tiempo y tal como Saccheri lo había hecho, los geómetras rechazaron estas dos hipótesis que negaban el quinto postulado (casos 1 y 2); y ello ocurrió así porque la autoridad de Euclides, la confianza en la intuición y el contexto en el que estaban inmersos estos matemáticos pesaron más que sus propias conclusiones.

En los años posteriores a la publicación del trabajo de Saccheri –que permitió que se empezaran a incubar nuevas ideas en torno a la geometría–, continuó el intento de demostrar, por distintos métodos, el ya famoso quinto postulado, o Postulado de las paralelas. A fines del siglo XVII, todos estaban de acuerdo con D´Alambert (1717-1783; matemático y filósofo francés), quien decía: “La definición de las paralelas es el escándalo de la geometría”

GEOMETRIAS NO EUCLIDEANAS

El matemático alemán Carl Friedrich Gauss (1777-1855) fue el primero que vio con claridad la independencia del quinto postulado y la posibilidad de construir una geometría distinta de la euclídea.

Gauss Reemplazó el quinto postulado de Euclides por el siguiente:

> Por un punto exterior a una recta, pueden trazarse infinitas paralelas a dicha recta.

Gauss trabajó con este axioma y con los otros cuatro de Euclides, y demostró propiedades y teoremas que no lo llevaban a ninguna contradicción. Esta es una de las ideas que había explorado Saccheri y que rechazó (si bien no había llegado a una contradicción) porque supuso que había algún error en el desarrollo y que la contradicción debía existir, aunque él no hubiera podido hallarla.

La nueva geometría desarrollada por Gauss, en la que existen infinitas paralelas, demuestra teoremas distintos a los de la geometría euclídea.

Es interesante señalar que Gauss solo dio a conocer su trabajo (en 1829) en forma privada; nunca lo publicó porque pensaba que sus conclusiones geométricas podían ser consideradas insensatas para la mentalidad de la época. No quiso arriesgar el prestigio que había ganado con sus investigaciones, por las cuales se lo llamaba "el príncipe de los matemáticos"

En 1823, se publicó un texto del matemático húngaro János Bolyai (1802-1860) que, con anterioridad, había sido incluido como apéndice de un libro de su padre, también matemático. En ese trabajo se exploraba la hipótesis de la existencia de infinitas paralelas. Gauss lo revisó y le dijo al padre que su hijo había llegado a las mismas conclusiones que él, pero que no pensaba publicarlas

En 1826, el matemático ruso Nikolái Lobachevski (1792-1856) presentó un trabajo –que habría de completar luego con otras publicaciones– en el que desarrolló un sistema geométrico que retomaba los cuatro primeros axiomas de Euclides y agregaba otro en el que se afirma la existencia de infinitas paralelas, tal como lo habían sugerido Gauss y Bolyai. Esta geometría – que se conoce como geometría hiperbólica– incluye teoremas que son comunes con los de la geometría euclídea (todos aquellos que se deducen solo de los cuatro primeros axiomas) y otros que no lo son (aquellos que se demuestran usando el quinto postulado; entre los últimos se encuentra el de la suma de los ángulos interiores de un triángulo que mencionamos más arriba). Muchos de los contemporáneos de Lobachevski, educados como nosotros en un mundo euclídeo, consideraron que esta geometría resultaba caricaturesca.

La geometría hiperbólica resulta de tomar la hipótesis de Saccheri que supone la existencia de infinitas paralelas. Faltaba estudiar la otra hipótesis, la de la existencia de ninguna paralela. Cuando Saccheri desarrolló esta hipótesis, había creído encontrar una clara contradicción.

En 1854, el matemático alemán Bernhard Riemman (1826-1866) presentó su tesis doctoral ante un jurado integrado, entre otros, por Gauss. En él se exploraban las consecuencias que surgían al negar el quinto postulado suponiendo la no existencia de rectas paralelas. Esta geometría se denomina geometría elíptica e implica otras modificaciones además de la del quinto postulado.

En este sistema la recta es cerrada, por lo cual tampoco se cumple el segundo postulado de Euclides (Una recta se puede prolongar indefinidamente en cualquiera de sus dos direcciones). Si la recta es cerrada, no puede ser infinita.

Resumamos, a modo de conclusión, las principales características de las geometrías presentadas:

Tipo de geometría	*Cantidad de paralelas*	*Suma de los ángulos de un triángulo*	*Recta*
Euclides	Una	180º	Infinita
Lobachevski (hiperbólica)	Infinitas	Menor que 180º	Infinita
Riemman (elíptica)	Ninguna	Mayor que 180º	Cerrada

Hemos visto que los matemáticos geómetras lograron desarrollar diferentes sistemas, todos ellos incuestionables desde el punto de vista lógico: los nuevos conjuntos de axiomas permitían deducir nuevos teoremas, y tal conjunto de enunciados –por más extraños que resultaran para la geometría anterior– no mostraban contradicciones entre sí. Surgió entonces el problema de cómo interpretar estos nuevos sistemas axiomáticos, y en principio, fueron interpretados como juegos, como muestras de los alcances del ingenio y la imaginación humanos.

Así, durante más de veinte siglos la geometría euclideana fue considerada la única geometría, y fue también la geometría describía el espacio físico.

El surgimiento de las nuevas geometrías originó un cambio en el modo de concebir la disciplina. A partir de ese momento, se hizo ininteligible la distinción entre una geometría pura y una geometría aplicada, esto es, una geometría matemática y otra física. La primera describía estructuras posibles; la segunda pretendía describir la realidad física.

Progresivamente, estos sistemas axiomáticos fueron concebidos como estructuras formales, que partiendo de ciertos enunciados permitían construir estructuras coherentes desde el punto de vista lógico, que no referían a ninguna entidad concreta.

Todo parecía indicar que la geometría euclideana era la geometría del espacio y que las otras eran más afines a la ficción que a la realidad. Una era la geometría que se aplicaba al mundo; las otras eran sistemas meramente formales. Pero esta historia tuvo un desenlace inesperado.

Las geometrías no euclideanas no resultaron ser simples ejercicios de lógica como se creyó al principio. Por el contrario, son ellas las que permiten interpretar el universo en el que vivimos. Estas geometrías han encontrado aplicaciones concretas en distintas ramas de la física, por ejemplo, la física del átomo y de las estrellas. Incluso, Einstein no habría podido desarrollar las ecuaciones de la teoría de la relatividad, si no hubiera contado con las herramientas que estas nuevas geometrías aportaron.

SISTEMAS AXOMATICOS DESDE UNA PERSPECTIVA CONTEMPORANEA

Siguiendo el criterio de sistematicidad y organización deductiva de los enunciados, en un sistema axiomático encontramos dos tipos o categorías de enunciados: axiomas y teoremas.

Los axiomas son los enunciados que se aceptan sin demostración y constituyen los puntos de partida de las demostraciones (aquellos que eran denominados postulados por Euclides). Pero, a diferencia de Aristóteles y de Euclides, no se exige que los axiomas sean verdades evidentes; los axiomas son ahora enunciados que se aceptan como puntos de partida del sistema. De acuerdo con el nuevo enfoque formal con que se aborda la formulación de los sistemas axiomáticos, la exigencia respecto de la verdad de los axiomas pierde sentido. Esto es así, en tanto se considera que los axiomas no refieren a entidades específicas, si son meros constructos formales, no cabe ni siquiera predicar de ellos verdad o falsedad –y mucho menos, entonces, exigirla–. (Sin embargo, anticipamos que al desarrollar el sistema se trabajará con ellos "como si fueran verdaderos").

Los teoremas son enunciados que se demuestran, es decir, se obtienen deductivamente, a partir de otros enunciados mediante reglas de inferencia.

Las reglas de inferencia presentadas en esta asignatura podrían ser candidatas a ocupar este lugar dentro de un sistema axiomático (seguramente en una versión formalizada de ellas). Estas reglas lógicas garantizan que, si se parte de enunciados verdaderos, las conclusiones también serán verdaderas. Aplicado a nuestro caso: si se admiten los axiomas como verdaderos, los teoremas también lo son.

Todos estos enunciados están compuestos por términos (expresiones lingüísticas con significado), y podemos distinguir entre ellos dos tipos:

Términos lógicos (expresiones como todos, son, pasan por, si…entonces, y, o, etc.,)

Términos no lógicos: por ejemplo, en el caso de la geometría se refieren a entes geométricos (recta, punto, triángulo, círculo, ángulo, etc.)

Dentro de estos últimos podemos distinguir entre:

Términos primitivos: se aceptan y emplean sin definición

Términos definidos: se definen a partir de los primitivos

Varios siglos después, el matemático alemán David Hilbert (1862-1943) desarrolló una nueva sistematización –de carácter formal– de la geometría euclideana. En sus trabajos toma punto, recta y plano como términos primitivos, sin incluir definición alguna. El resto de los términos, por ejemplo, paralela, son definidos a partir de los términos tomados como primitivos. De modo que los sistemas axiomáticos actuales incluyen también definiciones, pero solo de ciertos términos: precisamente de aquellos llamados términos definidos.

Por último, los sistemas axiomáticos suelen incluir reglas de formación que indican cómo combinar los diferentes términos para dar lugar a expresiones complejas bien formadas. A diferencia de las reglas de inferencia –que permiten obtener consecuencias a partir de axiomas o teoremas ya probados–, las reglas de formación indican cómo construir sintácticamente los enunciados que podrán cumplir el rol de axiomas o teoremas.

LA SELECCIÓN DE LOS AXIOMAS

Podemos preguntarnos, entonces, por qué es necesario tomar estos puntos de partida y cómo decidir qué enunciados elegir como axiomas. Trataremos de contestar a la primera pregunta. Supongamos que queremos justificar el enunciado A. Para ello necesitamos otros enunciados. Supongamos por simplicidad que solo necesitamos un enunciado, llamémoslo B, del cual podamos deducir A. Pero también tenemos que justificar B. En este caso, necesitaremos otro enunciado C del cual deducirlo. Y también tenemos que justificar C. Si no tomáramos un punto de partida, seguiríamos con este proceso indefinidamente y caeríamos en lo que se conoce como regresión al infinito

La revolucion Darwiniana

ANTECEDENTES DE LA TEORIA DARWINIANA

La teoría Darwiniana incorpora varias tesis adicionales, muchas de las cuales no resultaban completamente novedosas para su época. En este apartado presentaremos algunas de estas ideas, así como sus precedentes.

Una de las tesis más conocidas de las asociadas a Darwin es la tesis evolucionista, según la cual las especies cambian sus rasgos a lo largo de las generaciones, dando a veces origen a nuevas especies. Uno de los defensores más notables de las ideas evolucionistas fue el naturalista francés Jean Baptiste Lamarck (1744-1829), aunque su visión difería de la de Darwin en varios aspectos. Este biólogo francés sostuvo que los animales evolucionan de acuerdo con una jerarquía preconcebida por dios que va de lo más simple a lo más complejo. Fundamentalmente, Lamarck afirmó que los rasgos adquiridos son heredables y que este mecanismo es el motor de la evolución.5 De acuerdo con esta teoría, el uso o desuso de ciertos órganos provoca que estos se hipertrofien o atrofien, haciendo que el organismo adquiera un nuevo rasgo. Ese rasgo es heredado por su descendencia, y su uso o desuso genera a su vez una nueva hipertrofia o atrofia. Este proceso, repetido por generaciones, moviliza la evolución de una especie.

Además de evolucionista, la teoría darwiniana es gradualista. De acuerdo con la tesis gradualista, la selección natural obra solamente mediante la conservación y acumulación gradual de pequeñas modificaciones heredadas. Con respecto a esto, cabe señalar que una de las influencias más importantes en las ideas de Darwin fue la obra del geólogo Británico Charles Lyell (1797-1875).

La tercera tesis darwiniana que cabe destacar es la del origen común. Contra la idea vigente en su momento según la cual las especies habían sido creadas en un único acto de creación, de manera independiente y en lugares geográficos específicos, la tesis del origen común sostiene que muchas especies actuales descienden de otras especies, en muchos casos, de una especie en común.

Para terminar, señalamos una última teoría que influyó significativamente en la obra de Darwin: se trata de la obra del matemático Thomas Malthus (1766-1834). En sus trabajos en torno al crecimiento demográfico, Malthus observó que mientras la población tiende a crecer exponencialmente, la producción de alimentos crece solo linealmente. Esto es, la población crece más rápido que la capacidad de producción de alimentos.

LA TEORIA DE LA SELECCIÓN NATURAL

Existen dos mecanismos que funcionan simultáneamente: la herencia y la variación. Por un lado, los organismos se parecen a sus progenitores. Más precisamente, la descendencia hereda sus rasgos en gran medida de sus progenitores. Por otro lado, no todos los rasgos presentes en un organismo son heredados: de una generación a otra suele haber cierta variación. la variación de rasgos puede producir en los organismos una diferencia en términos de eficacia, esto es, una diferencia en cuanto a su capacidad para desarrollar determinada función (por ejemplo, conseguir alimento). Esta ganancia o pérdida de eficacia puede volver a dicho organismo más o menos apto en relación con las condiciones de su medio. A su vez, la herencia garantiza que la descendencia posea a su vez varios de estos rasgos que los hacen más o menos aptos, afectando así su probabilidad de sobrevivir y/o reproducirse. Este proceso se repite de generación en generación. Así, los organismos evolucionan gradualmente.

En la teoría de la selección natural aparecen varios conceptos que es necesario aclarar. El primero de ellos es el concepto de variación. En sus investigaciones, Darwin pudo observar que en sucesivas generaciones los organismos presentan a menudo rasgos novedosos, es decir, rasgos que no estaban presentes en sus progenitores. Esta variación en la aparición de rasgos es, para Darwin, inagotable y aleatoria. Es inagotable porque Darwin consideraba que siempre aparecerían rasgos nuevos en la descendencia, aun cuando no contaba, como contamos hoy en día, con la explicación de los mecanismos de variación ofrecida por la teoría genética. Además, la variación es aleatoria, porque los rasgos de los organismos no aparecen como una respuesta a necesidades adaptativas impuestas por el medio ambiente. Es decir, que la variación sea aleatoria no significa que no exista un mecanismo que explique la aparición de tal o cual rasgo novedoso, sino que esta no se rige por la finalidad de cubrir tal o cual necesidad adaptativa del organismo impuesta por el medio ambiente.

El segundo de los conceptos que es necesario incorporar es el de herencia. Así como Darwin sostiene que a menudo aparecen en la descendencia rasgos novedosos, afirma también que la mayoría de los rasgos presentes en los progenitores son heredados por su descendencia. Darwin observó que seleccionando para la procreación únicamente a los individuos que poseían ciertos rasgos, los criadores podían, en tan solo pocas generaciones, generar a voluntad animales con los rasgos en cuestión.

Finalmente, encontramos los conceptos de eficacia y aptitud. El concepto de eficacia concierne a una determinada función; por ejemplo, entre distintos organismos de una especie, algunos pueden poseer rasgos que los hacen más eficaces para camuflarse, cazar, escapar de los depredadores, etc. Por supuesto, la eficacia con que cierto organismo desarrolla cierta función impacta en su aptitud en relación con el medio ambiente, esto es, impacta en la probabilidad de supervivencia (viabilidad) y/o de reproducirse y dejar descendencia

EVIDENCIA PARA LA TEORIA DARWINANA

SELECCIÓN NATURAL

primer tipo de evidencia a favor de la teoría darwiniana proviene de la observación directa de los mecanismos de selección natural. Uno de los ejemplos más famosos es el de las polillas inglesas (Ruse

2008). La población de polillas en el sur de Inglaterra solía ser, antes del siglo XIX, mayoritariamente blanca. Estas polillas reposaban sobre el tronco de los árboles de los bosques de la región que eran de un color más bien pálido. De esa manera, podían camuflarse y evadir con éxito a los depredadores, mayormente pájaros de la zona. A fines del siglo XIX, sin embargo, el gran desarrollo industrial que tuvo lugar en la zona hizo que la polución producida por las fábricas volviera los troncos de los árboles más oscuros. En el nuevo ambiente, las polillas blancas eran presa fácil. Sin embargo, debido a cierta variación aleatoria de rasgos, algunas polillas poseían alas negras y, de este modo, ostentaban una ventaja en eficacia: el color de sus alas les permitía camuflarse en los troncos ennegrecidos por el hollín y así escapar exitosamente de los depredadores.

SELECCIÓN ARTIFICIAL

Darwin observó el trabajo de los criadores de animales y plantas y el modo en que estos pueden seleccionar las características que desean haciendo que solo se apareen entre sí los individuos que tienen esas características y no los otros. Estas prácticas aportan evidencia a la idea de que los rasgos de los organismos son heredables.

En la actualidad, sin embargo, a través de la selección artificial los biólogos han observado que incluso pueden causar a voluntad acontecimientos de especiación. Definamos 'especie' del siguiente modo: dos individuos pertenecen a diferentes especies si y solo si no pueden producir descendencia fértil viable (Sober 1993). Modificando genéticamente ciertas plantas, en la actualidad, los biólogos pueden producir nuevos organismos reproductivamente aislados de sus progenitores. De esta manera, gracias a la selección artificial, hoy en día contamos con evidencia directa del modo en que la selección puede producir nuevas especies.

PALEONTOLOGIA

La Paleontología es la ciencia que estudia el origen y el cambio de los seres vivos en el pasado, fundamentalmente a partir del análisis del registro fósil, por ejemplo, que en el pasado existieron 'nexos' o formas intermedias entre especies, lo que sugiere que ciertas especies evolucionaron a partir de formas más antiguas.

BIOGEOGRAFIA

La Biogeografía estudia la distribución de organismos alrededor del planeta. A partir de las observaciones llevadas a cabo en su extenso viaje alrededor del mundo en el Beagle, Darwin pudo observar algunos fenómenos respecto de la distribución de especies en las islas oceánicas (esto es, islas situadas en el océano, bastante alejadas del continente) que apoyan su teoría de la selección natural. Darwin observó que las islas oceánicas no poseen mamíferos terrestres más allá de los introducidos por los humanos, mientras que sí poseen otro tipo de mamíferos como, por ejemplo, murciélagos. Ahora bien, mientras que la teoría vigente en aquel momento, según la cual las especies fueron creadas por Dios de manera independiente en lugares geográficos específicos, era incapaz de explicar todos estos hechos, la teoría de la selección natural los explica fácilmente. Por otra parte, los mamíferos terrestres no son capaces de migrar desde el continente, razón por la cual no pueden observarse este tipo de especies en las islas oceánicas, contrario a lo que ocurre en el caso de los mamíferos de otro tipo como los murciélagos, que son capaces de volar grandes distancias hasta las islas en cuestión.

HOMOLOGIAS ENTRE DIFERENTES ESPECIES

Atendamos a un ejemplo para ilustrar a qué nos referimos, a saber, las similitudes en la estructura ósea (huesos similares, en un orden similar, con un mismo patrón) entre las extremidades de diferentes animales tan diversos como las manos de los humanos, las alas de las aves y las aletas de las tortugas. Darwin piensa en las homologías como estructuras que parecen ser del mismo tipo y que están presentes en diferentes grupos de organismos, aun cuando difieran en forma o función según el caso. En este sentido, la homología estructural proporciona evidencia de la existencia de un ancestro común a partir del cual se fueron ramificando diferentes especies. La teoría de la selección natural provee una explicación apropiada para este hecho: diferentes especies poseen un antepasado común, diferenciándose luego en virtud de un proceso de selección natural.

SELECCIÓN NATURAL Y GENETICA

La teoría de la selección natural ofrece una explicación para la gran variedad, complejidad y adaptación que puede observarse en el mundo natural. Esta explicación apela a ciertos fenómenos observables como el hecho de la herencia y la variación. Sin embargo, Darwin no contaba con una explicación apropiada de los mecanismos a través de los cuales estos fenómenos tienen lugar, lo cual restaba poder explicativo a la teoría. Para elaborar una teoría que combinara la selección natural con una explicación apropiada de los mecanismos de variación y herencia fue necesario esperar hasta la integración entre la teoría de la evolución y la teoría genética en la Teoría Sintética de la Evolución (1930).

Los inicios de la genética se remontan al trabajo del monje austríaco Gregor Mendel (1822- 1884). La gran contribución de Mendel fue demostrar que las características heredadas son portadas por unidades discretas que se reparten por separado -se redistribuyen- en cada generación. Estas unidades son las que hoy conocemos como genes. Actualmente, sabemos que los genes se encuentran en los cromosomas y estos, a su vez, constituyen las moléculas de ADN (Ácido Desoxirribo Nucleico) presentes en el núcleo de las células. La constitución genética completa de un organismo se denomina genotipo y las características externas observables en un organismo se llaman fenotipo.

Comencemos con la explicación de la herencia en el marco de la Teoría Sintética de la Evolución. Esta teoría sostiene que las moléculas de ADN presentes en el núcleo de cada célula contienen la información genética completa del individuo y que esas moléculas tienen la capacidad de replicarse.

La genética puede también explicar los mecanismos de variación, esto es, la materia prima de la selección natural. Como se dijo anteriormente, una de las características de las moléculas de ADN es su capacidad para hacer copias fieles de sí mismas y pasarlas a su descendencia. Sin embargo, a menudo la copia no es perfecta, sino que difiere levemente del original (mutaciones). Estas variaciones, que pueden ocurrir durante el proceso de replicación del ADN, pueden originarse por diferentes motivos (pueden deberse a una simple falla en el proceso de copiado o a factores externos como la radiación o la exposición a ciertos químicos, entre otros). En cualquier caso, las variaciones producen cambios genéticos visibles en la conformación del ADN, que luego son heredados por la descendencia, produciendo así en muchos casos la aparición de rasgos novedosos que pueden ser ventajosos o desventajosos en la competencia.

Así, de acuerdo con la Teoría Sintética de la Evolución, la selección natural actúa sobre los genes seleccionando aquellos que poseen una ventaja en eficacia.

REPERCUSIONES DEL PENSAMIENTO DARWNIANO

Cabe señalar, la teoría de la selección natural es incompatible con la doctrina cristiana del creacionismo, según la cual Dios creó todas las especies a la vez, tal y como son en la actualidad y en locaciones geográficas específicas. La propuesta evolucionista de Darwin atenta contra esta concepción en dos formas. En primer lugar, es incompatible con la idea de que las especies fueron creadas tal y como son actualmente, pues mantiene que estas evolucionaron gradualmente a través de millones de años. Más radicalmente, el evolucionismo darwiniano presupone que el desarrollo de la vida no responde a ningún plan o diseño divino. Si bien la palabra 'selección' evoca la idea de una actividad voluntaria o activa, el proceso propuesto de selección natural es pasivo, más parecido al filtrado de variaciones heredables por parte del medio ambiente. De acuerdo con la teoría de la evolución el mundo de la vida avanza a ciegas, sin un sentido predeterminado. En lugar de un plan divino, desde esta perspectiva, lo que ocurre es la aparición aleatoria de rasgos que de manera azarosa resultan ventajosos, neutros o desventajosos en relación con un medio y con otros organismos de la misma especie.

Esta ruptura se agudiza aún más con la publicación de El origen del Hombre (1871), donde Darwin presentan una versión completamente naturalista del origen de los seres humanos como producto de la evolución a través de la selección natural a partir de ancestros que compartimos con otras especies como los simios.

Más aun, la nueva concepción de la naturaleza no solo contraviene la cosmovisión cristiana. La tradición filosófica moderna, a partir del siglo XVIII (con algunas excepciones), concebía el desarrollo de la historia y del hombre como un proceso de continuo avance hacia lo mejor, idea condensada en el concepto de progreso. La concepción desarrollada en El Origen de las especies, da por tierra con esta idea.