

## FACTORES QUE AFECTAN EL RAZONAMIENTO PREDICTIVO EN ESTUDIANTES DE BIOLOGÍA

Aníbal Roque Bar. Facultad de Humanidades. Magister en Epistemología y Metodología de la Investigación. [anibalroque@yahoo.com.ar](mailto:anibalroque@yahoo.com.ar)

Juan Pablo Díaz. Facultad de Humanidades. UNNE. Estudiante del Profesorado en Ciencias de la Educación. [pablo\\_corr@hotmail.com](mailto:pablo_corr@hotmail.com)

Miriam Liset Flores. Facultad de Humanidades. UNNE. Estudiante del Profesorado en Ciencias de la Educación. [miriamflores\\_15@hotmail.com](mailto:miriamflores_15@hotmail.com)

**Ejes temáticos:** Educación: ¿Cómo investigar y dar cuenta de procesos y prácticas educativas? Enfoques, espacios y estrategias.

### **Introducción**

Desde la perspectiva de Hempel (2005), la función más importante de las leyes en el campo de las ciencias naturales es la de relacionar hechos con pautas, lo que se encarna en dos clases de enunciados, los predictivos y los explicativos. En la versión hempeliana, la explicación versa sobre un hecho ya acontecido sobre el que debe enunciarse sus condiciones determinantes, lo que se invierte en el caso de la predicción, donde las condiciones iniciales están dadas, y deben afirmarse sus consecuencias.

Dada la semejanza estructural entre explicación y predicción, puede decirse que toda explicación es incompleta, en tanto no pueda funcionar también como predicción. Para Hempel la diferencia entre ambas reside en sus aspectos pragmáticos, pues los requisitos que debe reunir todo acto explicativo son comunes con los exigidos para cualquier situación predictiva. La explicación hempeliana, y por ende la predicción, consta de dos partes: el *explanans* y el *explanandum*. La primera constituida por dos clases de afirmaciones, las que formulan las condiciones antecedentes del fenómeno, y las que representan las leyes generales; en tanto que el *explanandum* se forma por las oraciones que describen el fenómeno. Así, el autor señala cuatro condiciones necesarias para la explicación y la predicción: tres de ellas lógicas, y una empírica. Las condiciones lógicas de adecuación afirman: 1) el *explanandum* debe ser una consecuencia lógica del *explanans*; 2) el *explanans* debe contener leyes generales para la derivación del *explanandum*; 3) el *explanans* debe tener contenido observacional. En cuanto a la condición empírica, ésta refiere a la verdad que debe estar contenida en las afirmaciones del *explanans*.

Desde las epistemologías clásicas la predicción es un acto eminentemente deductivo, pues parte de premisas generales o universales que se aplican a casos particulares para inferir resultados. En esta concepción la verdad de las premisas se conserva necesariamente en la conclusión, cuestión que se sostiene sobre principios lógicos o de vínculos entre proposiciones. Esta perspectiva no pone usualmente en examen el valor veritativo de las premisas, sólo puede asumir que son verdaderas (independientemente de que lo sean), y si opera en estos términos su conclusión también es verdadera. Así, el razonamiento predictivo en su versión lógica soslaya el contenido de los enunciados, deteniéndose exclusivamente en la estructura del argumento.

Otra forma de predicción, pero inscrita en el marco de los razonamientos revocables, es el que se realiza mediante el uso de analogías. Fernández, González y Moreno (2003) afirman que la analogía consiste en determinar una serie de relaciones de semejanza entre los componentes de la estructura de un análogo y el tópico, a fin de alcanzar la comprensión de este último. Se entiende por análogo al núcleo de la analogía, o sea aquel que comprende lo ya conocido; el tópico refiere a los contenidos que no se conocen; y la trama o relación analógica, al conjunto de las relaciones que posibilitan comparar el análogo con el tópico.

La función de la analogía se comprende al analizar las relaciones entre modelos conceptuales y mentales. Los primeros son representaciones científicas elaboradas con el objeto de facilitar la comprensión y comunicación en la comunidad científica (Moreira, 2002). Dicha comprensión se logra a instancias de construir una representación interna o modelo mental semejante estructuralmente al modelo científico (Johnson-Laird, 1983). En estos términos, los modelos conceptuales están en el dominio de quien enseña o comunica, y el modelo mental en el de quien aprende o recibe la comunicación (González, 2005). Así, ambos modelos son análogos en tanto las relaciones que puedan establecerse entre ambos sean de semejanza estructural.

La analogía como tal propicia la comprensión, a la vez que da elementos para esbozar una explicación, y desde allí establecer predicciones (Oliva, 2004).

Los estudios empíricos sobre predicciones en el marco de los razonamientos revocables muestran que, a diferencia de aquellos insertos en el marco de la lógica, los sujetos operan con información contextual devenida del conocimiento personal, o bien de la información disponible al momento de la inferencia. Así, Kahneman y Tversky (1972, 1973) diseñan

tareas donde los sujetos anticipan consecuencias partiendo de dos tipos de información, una distribucional que comunica cómo se distribuye la población en relación con cierta variable en estudio, y otra diagnóstica que aporta datos vinculados con el comportamiento de esa misma variable en casos de esa población. Los autores hallan que los sujetos prestan menor atención a las fuentes de información distribucional que a la información diagnóstica, resultado que se revierte cuando la predicción es coincidente con las expectativas previas (Nelson, Biernat y Manis, 1990). Los estudios citados, a diferencia de investigaciones realizadas con tareas descontextualizadas (Piaget e Inhelder, 1951; Edwards, 1968; Cohen, 1979), se estructuraron conforme con contenido temático cotidiano, cuestión que induce a sesgos a la hora de valorar la información y poner en juego la predicción. Tales sesgos se relacionan con teorías implícitas o esquemas que influyen a la hora de interpretar la información disponible (Martin y Little, 1990; Martin, Eisenbud y Rose, 1995).

Castañeda y Rodrigo (2001), estudian el comportamiento predictivo de sujetos en diferentes edades, concluyendo que a menor edad los juicios se modifican en función de la información distribucional, aunque con prioridad en la idiosincrática o autogenerada, y secundariamente en la diagnóstica.

Los estudios precedentes dan cuenta de las funciones que asume la predicción, tanto en el contexto científico como en el cotidiano y, en este último, hacen explícito los sesgos que induce el contenido a la hora de enunciar futuras ocurrencias. Ante tales resultados vale interrogarse si dichos sesgos siguen siendo igualmente determinantes en contextos académicos, donde el contenido está fuertemente impregnado por conceptos o nociones del ámbito científico. Suele atribuirse a dichos ámbitos un mayor y mejor desarrollo de las funciones lógicas, además de una rigurosidad expresa que los distancia taxativamente de los procesos y contenidos del sentido común. Uno de tales contextos es el de la formación disciplinar universitaria, en el cual las teorías y leyes científicas ocupan un lugar primordial, sobre todo cuando dicho marco se adscribe a un campo normativo y fuertemente monoparadigmático como lo es el de las ciencias denominadas duras, como lo son la física, la química o la biología, entre otras.

En razón de lo expuesto, es objetivo del presente revelar los modos que asume la predicción en ámbitos de la formación disciplinar inicial, particularmente en estudiantes de las carreras que enseñan biología (profesorado y licenciatura) en contexto universitario. Más

específicamente, se prevé analizar cómo se desenvuelve la predicción cuando se realiza a partir de premisas con contenido disciplinar, tanto a la manera deductiva clásica, como desde un análogo.

### **Materiales y métodos**

La muestra está conformada por veinticinco alumnos cursantes del último nivel de la carrera de biología (profesorado o licenciatura). El instrumento de recolección de datos está constituido por dos tareas; la primera se inicia con la presentación de un texto donde se explica el proceso de transpiración foliar en relación con variables climáticas y demás factores contextuales. De dicho texto se extraen dieciséis situaciones presentadas en ocho pares, que combinan información sobre diferentes espacios y tiempos. Los datos espaciotemporales refieren a distintas formaciones fitogeográficas, fases del día, tipos de suelo, y localizaciones en el espacio. Ante cada situación descrita se deben establecer predicciones sobre el comportamiento de los estomas foliares y sobre el nivel de evaporación de la planta en esos contextos.

La segunda tarea se formula sobre un texto que describe el funcionamiento de un dispositivo mecánico análogo a un vegetal. En este caso se pide establecer analogías entre los componentes de la planta y los del dispositivo, y conjeturar sobre el nivel de evaporación de este último en cuatro situaciones comparadas. Del mismo modo que en la primera tarea, sólo se consideraron correctas a aquellas respuestas donde ambas predicciones del mismo par fueron coincidentes con lo previsto por la lógica y la disciplina.

### **Resultados**

Para la primera tarea, 54% de las respuestas de los estudiantes por cada ítem o situación que demanda una predicción son coincidentes con lo esperado; no sólo en términos lógicos, sino también desde el conocimiento disciplinar.

Cuando la predicción se efectúa a partir de la comparación de los mismos espacios geográficos en dos secuencias temporales (tres situaciones), la proporción promedio de respuestas correctas se ubica por debajo de la media (34,67%), según se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 1. Cantidad de estudiantes agrupados según predicciones sobre el comportamiento foliar en tres espacios y dos tiempos. n: 25**

Calidad predictiva	Desierto durante el día y durante la noche		Selva durante el día y durante la noche		Tundra durante el día y durante la noche	
	n	%	n	%	n	%
Correcta	15	60	6	24	5	20
Incorrecta	10	40	19	76	20	80
Total	25	100	25	100	25	100

Los aciertos en la predicción se sitúan por encima de la media (65,6%) cuando se realizan a partir del análisis de casos en los que se comparan dos espacios en un mismo momento (cinco situaciones), conforme se puede identificar en el cuadro que se presenta a continuación:

**Cuadro N° 2. Cantidad de estudiantes agrupados según predicciones sobre el comportamiento foliar en cinco espacios y un mismo tiempo. n: 25**

Calidad predictiva	Selva tropical. Próximo y lejano a un cuerpo de agua		Estepa siberiana y oasis sahariano		Meseta patagónica. Próximo y lejano al mar		Suelo pedregoso y arcilloso		Suelo anegado y seco	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Correcta	13	52	15	60	14	56	20	80	20	80
Incorrecta	12	48	10	40	11	44	5	20	5	20
Total	25	100	25	100	25	100	25	100	25	100

Lo reseñado parece mostrar que el acto predictivo resulta más dificultoso cuando emerge de comparaciones donde el tiempo opera como factor de análisis. Del mismo modo, cuando la anticipación se realiza desde contenidos que refieren a espacios restringidos, tal los tipos de suelo (80%), resultan claramente más sencillas que cuando se efectúan desde aquellos más extensos y complejos como lo son la selva, la estepa y la meseta (56% en promedio).

En lo que hace a la segunda tarea, 60% de los estudiantes logra establecer analogías correctas entre los componentes de la planta y el dispositivo mecánico, o sea que la raíz, el tallo y las hojas del vegetal son análogos a la abertura inferior del tubo capilar, a su porción central, y a su extremo superior cubierto por papel celofán, respectivamente. El resto de los alumnos vincula sólo los dos últimos pares de análogos (32%), o bien el segundo exclusivamente (8%).

Identificados los componentes análogos de la planta con el dispositivo, 64% de los estudiantes logra hacer predicciones correctas, según se desprende del análisis del siguiente cuadro:

**Cuadro N° 3. Cantidad de estudiantes agrupados según predicciones sobre el comportamiento del dispositivo mecánico en cuatro situaciones comparadas. n: 25**

Calidad predictiva	Suelo arenoso y arcilloso		Celofán muy poroso y poco poroso		Humedad atmosférica escasa y excesiva		Temperatura elevada y baja	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Correcta	15	60	23	92	3	12	23	92
Incorrecta	9	36	1	4	21	84	1	4
No responde	1	4	1	4	1	4	1	4
Total	25	100	25	100	25	100	25	100

Según se deriva de la lectura del cuadro precedente, la humedad atmosférica como variable incidente en los procesos de transpiración, opera como factor cuyo análisis ofrece alguna dificultad a la hora de hacer predicciones correctas.

### **Discusión y conclusiones**

En el campo de las ciencias duras, dada su matriz fuertemente monoparadigmática, la predicción asume un rol preponderante, toda vez que habilita a anticipar resultados con altos niveles de certeza, cuestión no menor desde la perspectiva de una ciencia positiva cual es la biología, ni tampoco desde la mirada del sujeto que la aprende en el ámbito de la formación inicial, los estudiantes de dicha carrera.

La primera tarea solicitada a los estudiantes se estructuró de acuerdo con la forma deductiva clásica (Hempel, 2005), es decir la presentación del *explanans* expresado en leyes (las de la absorción, el transporte y la transpiración foliar en vegetales) y en condiciones antecedentes (un desierto en la noche y en la mañana...), a los cuales se debía incorporar el *explanandum* como respuesta. Cada predicción correcta de los alumnos cumplió con las cuatro condiciones de adecuación exigidas por Hempel, en tanto que las incorrectas omitieron el cumplimiento de la regla que prescribe que el *explanandum* debe ser una derivación lógica del *explanans*.

En virtud de lo hallado en el presente y contrario a lo esperado, las predicciones que realizan los alumnos de biología no se presentan en el mejor nivel cuando éstas se

efectivizan siguiendo el modelo deductivo clásico (54% de predicciones correctas). Dicho resultado se debilita aún más cuando la dimensión temporal opera como factor incidente en el fenómeno que se analiza, y se fortalece cuando éste está ausente. Es posible que dicho comportamiento esté dado por improntas de la formación disciplinar que favorecerían actividades áulicas con análisis transeccionales por sobre los longitudinales.

Cuando los alumnos realizan predicciones en relación con el contexto del desierto, éstas resultan menos sesgadas que cuando se efectúan sobre ámbitos como la tundra o la selva. ¿A qué se debe dicha diferencia? Las variables ambientales cuyo comportamiento se describe en el texto para el análisis son sólo dos, la temperatura y la humedad atmosférica. Pareciera que la evaluación del comportamiento de esta última por parte de los estudiantes ofrece alguna dificultad adicional no presente al momento de predecir la acción térmica. En el desierto, dada la ausencia de humedad, la temperatura es el único factor ambiental (según el texto ofrecido para la tarea) que puede alterar la apertura de los estomas y la consiguiente evaporación, a diferencia de lo que ocurre en la tundra y en la selva, donde ambas variables interactúan entre sí y con la planta. Esta última situación no es sólo más compleja, sino que adiciona un posible problema de comprensión acerca de cómo verdaderamente funciona la humedad al momento de la transpiración.

Las diferencias en la acción de ambos factores son esencialmente diferentes. El calor genera que el agua en estado fluido se transforme en vapor. El exceso de humedad por su parte, en tanto gas ya presente en la atmósfera con altos niveles de presión, hace que el agua en estado líquido en el parénquima foliar no pueda alcanzar el estado gaseoso. Así, la temperatura covaría directamente con la evaporación, en tanto la humedad atmosférica lo hace de modo inverso. La correlación inversa supone una suerte de inhibición de una variable respecto de la otra, o bien la idea de que la variable dependiente no llega a ser lo que sería previsible que sea en ausencia de la variable independiente. Vale mencionar que de todos los factores mencionados, tanto ambientales como vegetales, la humedad atmosférica es el único que guarda relaciones inversas con las demás variables cuantitativas en concurso. Así, es posible argumentar que la dirección de la relación que se establece entre los factores incidentes en el fenómeno, es un elemento condicionante a la hora de establecer predicciones.

Además de la cuestión temporal o de la clase de vínculo entre variables, los contenidos que ofician de premisas inciden de algún modo en la calidad de las predicciones. Así, cuando lo que se compara son espacios geográficos que se diferencian por múltiples variables (estepa, meseta, selva), se exige al estudiante poner en juego conocimientos y relaciones más complejas que cuando la comparación se realiza entre meras localizaciones al interior de un mismo espacio (cerca o lejos de un cuerpo de agua, próximo o lejano al mar), y por lo tanto se incrementan los sesgos de predicción. A diferencia de un espacio restringido, las formaciones fitogeográficas constituyen tipologías, y como tales suponen la reducción de un sinnúmero de valores de variable a un tipo o clase ideal que no siempre se evidencia en la realidad. Así, aunque el comportamiento de un tipo corresponda a una ley (como parte del *explanans*), no todo ello es previsible, dado no sólo la idealidad del tipo, sino la contingencia que supone el concurso de un gran número de variables. Es posible que esta particularidad dificulte las predicciones que se realizan sobre estos espacios, puesto que su mera referencia no alcanzaría para definir con claridad los componentes del *explanans*, lo cual lo acercaría más a predicciones en el marco de los razonamientos revocables, donde el antecedente no constituye condición suficiente para la derivación del consecuente.

En la segunda tarea, cuando se pide establecer correlaciones entre dos entidades semejantes, se halla explícito que el análogo está constituido por la planta, y el tópico por el dispositivo mecánico. Lo que los estudiantes deben hacer en ese caso es construir la trama de relaciones que conectan los componentes del análogo con los del tópico (Fernández, González y Moreno, 2003). Lo que el texto para el análisis comunica es el modelo conceptual de transpiración foliar aceptado por la disciplina, hallándose en la respuesta de los estudiantes elementos que dan cuenta de sus modelos mentales en relación con el fenómeno que se explica (Johnson-Laird, 1983; González, 2005). En este contexto, la mayoría de ellos logra establecer buenas correspondencias, del mismo modo que cuando deben realizar predicciones tomando como base el modelo análogo. Este último, a diferencia de las predicciones según la forma deductiva clásica, ha posibilitado un nivel más alto de aciertos predictivos, si bien dicha diferencia no es sustancial.

De modo similar a lo ya señalado para las predicciones con estructura deductiva, se advierte que cuando la anticipación se realiza desde premisas con contenidos relativos a “humedad atmosférica”, los sesgos se incrementan notablemente. Puede decirse que en este

caso no es el contenido en sí mismo el que afecta la inferencia, sino que se trata de dificultades en la comprensión de las relaciones inversas entre variables (a mayor humedad atmosférica, menor evaporación, y viceversa). Pareciera que en estos casos operan teorías implícitas que influyen en la interpretación de la información disponible (Martin y Little, 1990; Martin, Eisenbud y Rose, 1995).

La predicción mediante el análogo ha requerido como cuestión previa que los estudiantes infieran analogías funcionales no solicitadas previamente, ya que la primera parte de la tarea sólo requería poner en juego correspondencias estructurales. Al respecto vale mencionar que, si bien parte de los alumnos no lograron analogar todos los componentes de la planta y del dispositivo (40% de la muestra), esto no ha sido un obstáculo para la predicción solicitada *a posteriori*, dado que esos mismos estudiantes han podido hacer anticipaciones correctas. Lo señalado parece mostrar que la posibilidad de relacionar estructuras análogas no es condición necesaria a la hora de definir correspondencias funcionales.

A modo de síntesis, puede decirse que los estudiantes de la carrera de biología muestra mediana eficacia predictiva a la hora de anticipar conclusiones de dominio disciplinar, y que dicha capacidad no difiere sustancialmente si se realiza bajo el formato deductivo o analógico. Se advierte además que el tiempo como variable de análisis, los tipos de vínculos entre factores incidentes en el fenómeno, y la complejidad del contenido de las premisas, afectan la asertividad de la predicción. De los elementos señalados se entiende que sólo el primero puede vincularse con sesgos formativos, en tanto que el segundo constituiría parte de las teorías intuitivas de los estudiantes. En lo que hace a la incidencia del contenido, pareciera relacionarse más con dificultades en la comprensión de los fenómenos propios del campo disciplinar, que con condicionamientos implícitos.

### **Bibliografía**

- Castañeda J. y Rodrigo M. J. (2001) La influencia del contenido en el razonamiento predictivo: un estudio evolutivo con estereotipos de género. *Anuario de Psicología*. Vol. 32, N° 1, 31-49.
- Cohen, L. J. (1979) On the psychology of prediction. Whose is the fallacy? *Cognition*, 73, 385-407.

- Edward, W. (1968) Conservationism in human information processing. En B. Kleinmuntz (Ed.), *Formal Representation of Human Judgment*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Fernández J. González B. y Moreno T. (2003) Las analogías como modelo y como recurso en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*. 35: 82-89.
- González B. (2005) El modelo analógico como recurso didáctico en ciencias experimentales. *Revista Iberoamericana de Educación*. 37 (2), 1-15.
- Hempel C. (2005) La explicación científica: Estudios sobre la filosofía de la ciencia. Paidós. Barcelona.
- Johnson-Laird, P. N. (1983) *Mental models*, Cambridge, M.A, Harvard University Press.
- Kahneman, D. & Tversky, A. (1972) Subjective probability: a judgment of representativeness. *Cognitive Psychology*, 3,430-454.
- Kahneman, D. & Tversky, A. (1973) On the psychology of prediction. *Psychological Review*, 80,237-251.
- Martin, C.L. y Little, J.K. (1990) The relation of gender understanding to children's sex-typed preferences and gender stereotypes. *Child Development*, 61, 1427-1439.
- Martin, C.L., Eisenbud, L. & Rose, H. (1995) Children's gender-based reasoning about toys. *Child Development*, 66, 1453-1471.
- Moreira, M. A. (2002) Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza-aprendizaje de la Física y en la investigación en este campo, XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, pp. 31-47.
- Nelson, T. E., Biernat, M. R. & Manis, M. (1990) Everyday Base Rates (Sex Stereotypes): Potent and Resilient. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59 (4), 664-675.
- Oliva J. M. (2004) El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de ciencias. *Rev. Electrónica de Ens. de las Ciencias*. 3 (3), 363-384.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1951) *La genèse de l'idée de hasard chez l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France.