

# De la comprensión a la aplicación del conocimiento en el diagnóstico ecológico

JAIME MATUS PARADA\*

JESÚS SÁNCHEZ ROBLES\*\*

DAVID ALBERTO MARTÍNEZ ESPINOSA\*\*\*

IVÁN ERNESTO ROLDÁN ARAGÓN\*\*\*\*

MARTA M. CHÁVEZ CORTÉS\*\*\*\*

GILBERTO SVEN BINNQÜIST CERVANTES\*\*\*\*

## RESUMEN

Ante la actual crisis socioambiental, los centros de educación superior enfrentan la demanda del conocimiento aplicado en distintos campos. Este texto se refiere al campo de la Biología impartido en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco (UAM-X). El artículo explora el grado de relación que los conocimientos conceptuales pueden presentar con la capacidad de aplicación del conocimiento en un dominio cognitivo específico que posee una naturaleza procedimental: el diagnóstico ecológico. Salvo en los casos de los alumnos más aventajados, los resultados sugieren que los esquemas conceptuales que poseen los alumnos no son suficientes para garantizar un desempeño complejo como el que implica el diagnóstico ecológico. Este hallazgo se ve influido por la naturaleza del dominio cognitivo estudiado, caracterizado por una demanda conceptual relativamente moderada, pero también por un desempeño extremadamente amplio y complejo.

**Palabras clave:** Formación profesional / Conocimiento aplicado / Diagnóstico ecológico.

## ABSTRACT

Given the current socio-environmental crisis, higher education institutions face the demand for applied knowledge across different fields. This paper refers to the field of Biology taught at Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco (UAM-X). The paper explores the degree of relationship that conceptual knowledge might have with the ability to apply knowledge in a specific cognitive domain that possesses a procedural nature: ecological diagnosis. Except in the case of the most successful students, the results suggest that the conceptual schemes that students own are not sufficient to guarantee a complex performance as ecological diagnosis requires. This finding is influenced by the nature of the cognitive domain studied, characterized by a relatively moderate conceptual demand, but as well by a performance extremely large and complex.

**Key words:** Professional training / Applied knowledge / Ecological diagnosis.

## INTRODUCCIÓN

La actual crisis ambiental es uno de los factores clave que está estimulando el crecimiento del ámbito de aplicación del conocimiento biológico en general y del ecológico, en particular. Algunos ejemplos notables de este fenómeno son la planeación ambiental, el manejo de los recursos naturales, la gestión ambiental y la ecológica aplicada entre otros más. Para los centros de educación superior esta demanda del conocimiento aplicado significa todo un reto, pues tradicionalmente la formación ofrecida ha priorizado conocimientos sobre conceptos y hechos, frente a otro tipo de formación relacionado con el cómo hacer y con el cómo aplicar los conocimientos (Coll y Valls, 1992).

---

\* Profesor investigador del Departamento El Hombre y su Ambiente de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco (UAM-X).

Correo electrónico: montagno\_49@hotmail.com

\*\* Profesor investigador del Departamento El Hombre y su Ambiente de la UAM-X. Laboratorio de Sistemas Acuícolas.

\*\*\* Profesor investigador del Departamento El Hombre y su Ambiente de la UAM-X. Laboratorio de Estadística.

\*\*\*\* Profesores investigadores del Departamento El Hombre y su Ambiente de la UAM-X. Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica para la Planeación Ambiental.

Hoy en día resulta apremiante la investigación de alternativas para ofrecer una formación superior de carácter más abarcativo, capaz de conjugar distintos logros educativos tales como el aprendizaje de conceptos, de procedimientos, así como de aspectos más instrumentales o de ejecución. Ofrecer una formación como la descrita representa actualmente un desafío para la ciencia educativa, debido al desconocimiento sobre los principios capaces de sustentar una formación profesional que vaya más allá de lo conceptual (Herrera, 1996).

Particularmente en el campo de la biología y otras disciplinas afines, la formación profesional históricamente se ha centrado alrededor del conocimiento como sistematización y explicación, más que en la acción práctica dirigida a la solución de problemas cotidianos (Rodríguez, 1987). Así, resulta común que los alumnos terminen sus profesiones con avances en competencias ligadas al desarrollo conceptual y a sus aplicaciones más inmediatas, tales como la descripción y caracterización de sistemas biológicos y ecológicos. Sin embargo, presentan deficiencias en otras competencias, más ligadas a saber cómo intervenir en realidades ecológicas tales como el análisis, el diagnóstico o la construcción de propuestas para solucionar problemas ecológicos, o bien, que concluyan su formación sin aprender a manejar las relaciones entre los conocimientos teórico-conceptuales y los conocimientos aplicativos (Pickett *et al.*, 2007).

La problemática surgida de la diferencia entre la tradición y la demanda actual de formación profesional justifica que el presente estudio se aboque a examinar la relación existente entre los conocimientos conceptuales, procedimentales e instrumentales o de ejecución. La limitante para asumir un objetivo como el planteado, es el déficit de trabajos dirigidos a estudiar estos conocimientos en forma conjunta. Ciertamente existen trabajos que consideran estos elementos en forma aislada, por ejemplo los conocimientos conceptuales (Jacobs y Hersey, 2002; Thompson y Mintzes, 2002; Cassata *et al.*, 2004; D'Apollonia *et al.*, 2004; Hay, 2007), los procedimentales (Cosyn y Thiery, 2000; Cordon, 2008), o los relacionados con la aplicación-ejecución (Arts *et al.*, 2000; Blickesderfer *et al.*, 2000; Chillarege *et al.*, 2003). Inclusive existen trabajos que han documentado la relación conceptual-procedimental (Rittle y Alibani, 1999; Baroody, 2003) y la relación conceptual-ejecución (Charness y Schultetus, 1999; Eteapeyto, 2000; Day *et al.*, 2001).

El estudio de la relación entre los conocimientos conceptuales, procedimentales y la ejecución no

sólo enfrenta el problema de la carencia de información, sino también la dificultad propia de esta relación. En primer lugar, porque estas relaciones son diferentes en cada dominio cognitivo, así por ejemplo, la madurez de una ciencia define la naturaleza de sus conceptos y de las condiciones necesarias para su aplicación, o de lo que en palabras de Iñesta (2009), es la distancia entre el conocimiento científico y el conocimiento práctico y tecnológico; de esta forma, los conocimientos estudiados potencialmente pueden tener múltiples relaciones dependiendo de las características de los mismos. En segundo lugar, porque la relación entre estos conocimientos no es simple, es decir, lo conceptual está lejos de ser la única variable que influya sobre lo procedimental y la ejecución. Es decir que, además de los aspectos cognitivos en la aplicación exitosa del conocimiento, intervienen múltiples variables, tales como las relacionadas con las características psicológicas individuales de los alumnos (Voss *et al.*, 1983; Ackerman y Cianciolo, 2000), los factores emocionales (Bar-On y Parker, 2000) o los aspectos metacognitivos (Veeman y Elshout, 1999).

Debido a su especificidad y a la complejidad existente entre las relaciones que mantienen los conocimientos estudiados en este trabajo, no parece correcto plantear una hipótesis simple que relacione concepción y aplicación. No obstante, algunos estudios realizados sobre el desempeño exitoso han presentado resultados sobre una relación positiva entre la comprensión y la ejecución (Klausmeier y Sipple, 1980; Merrill, 1994), pero otros más reportan que no es del todo claro si saber más garantiza una mejor ejecución, ya que los esquemas de conocimiento (saber qué y saber cómo) no implican necesariamente la capacidad de dirigir los recursos intelectuales hacia el desempeño efectivo (Schoenfeld, 1982).

La controversia en la relación concepción-aplicación es muy comprensible pues los resultados de dominios cognitivos específicos difícilmente pueden generalizarse. Por lo demás, un estudio conclusivo sobre este punto implicaría un diseño experimental sumamente complejo, de tal manera que se pudieran controlar u homogeneizar copiosas y diversas variables; situación compleja de alcanzar dadas las dificultades que enfrenta la investigación educativa realizada sobre realidades educativas para conducir la asignación de sujetos a grupos experimentales y al control de variables temáticas, docentes, de infraestructura y de otros tipos.

Consciente de estas limitaciones, este estudio indaga la relación entre los conocimientos conceptuales,

procedimentales y la ejecución en un campo cognitivo específico: el diagnóstico ecológico, entendido aquí como un proceso en el que, a partir de datos simples (síntomas), se infiere el estado o condición de un sistema ecológico, por ejemplo, la salud del ecosistema, su grado de sustentabilidad o su fragilidad. La pretensión final no es la aún lejana meta de utilizar el nivel cognitivo de los alumnos para predecir su hacer, sino la de explorar el grado de relación que los conocimientos conceptuales pueden llegar a presentar con la capacidad de aplicación del conocimiento en un dominio cognitivo específico que posee una naturaleza procedimental. Asimismo, se exploran las relaciones de otros tipos de variables relevantes que potencialmente pueden hacer que lo conceptual impacte en mayor medida a la ejecución.

El estudio se enmarca en un cuadro reflexivo sobre lo que implica una buena aplicación del conocimiento, esto debido a que los autores del estudio consideran que la necesidad de la aplicación del conocimiento que se presenta en el campo profesional del biólogo no se ha visto acompañada de una reflexión e investigación respecto a lo que implica aplicar el conocimiento. Se espera que los resultados de este estudio de alguna forma contribuyan al establecimiento de principios básicos sobre cómo debe actuar el docente para hacer que los estudiantes logren aplicar exitosamente el conocimiento con el que trabajan en el proceso de enseñanza aprendizaje.

### DESARROLLO METODOLÓGICO

El aprendizaje de la competencia profesional del diagnóstico ecológico constituye el objeto global de este estudio desarrollado en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco (UAM-X) en una licenciatura en particular: Biología. Se estudiaron 74 alumnos universitarios (43 mujeres y 31 hombres) que en el momento de la investigación cursaban el cuarto y último año de la licenciatura. Su edad oscilaba entre los 21 y 25 años, con un promedio de calificaciones de 8.06, muy cercano al promedio general de los alumnos de esta licenciatura que es de 8.13.

El trabajo inició con la adaptación del sistema de acciones y operaciones para realizar el diagnóstico ecológico, para ello, un grupo de seis especialistas analizó y discutió la ejecución esperada de acuerdo con su experiencia. El diagnóstico ecológico como actividad fue desglosado en dos niveles: el primero de ellos, más general, constituido por las acciones y en el segundo nivel, más específico, por las operaciones.

Asimismo, se explicitó la estructura idónea que las acciones y las operaciones deberían tener al interno de la actividad.

Se efectuaron dos evaluaciones, una al inicio con carácter diagnóstico durante la primera semana y otra al final de un curso de 12 semanas cuyo objeto central de aprendizaje era el diagnóstico ecológico. Cada evaluación incluyó más de una prueba. Todas fueron de carácter individual y se realizaron bajo condiciones estandarizadas, asignando a cada uno de los alumnos tareas y pruebas con las mismas dificultades y el mismo tiempo.

Los conocimientos conceptuales fueron evaluados por medio de mapas conceptuales siguiendo las recomendaciones de Novak y Gowin (1984); los conocimientos procedimentales se determinaron mediante una batería de pruebas compuestas (Escoriza, 2003 y 2006) y para la evaluación de la ejecución se empleó un análisis de las tareas (Kirwan y Amsworth, 1992) y la medición de sus productos de desempeño (Song, 2006). En total se estimaron nueve variables que responden a los tipos de aprendizaje conceptual, procedimental y de ejecución. Para cada variable se estableció la condición a estimar y un índice que sintetiza el aprendizaje alcanzado (tabla 1).

Para analizar si había diferencia en la forma de aprender de los alumnos, se formaron cinco grupos, los cuales se definieron de la siguiente forma: a) se obtuvieron las diferencias de los resultados finales menos los iniciales estimando así un índice de aprendizaje logrado para cada una de las nueve variables de aprendizaje; b) se calculó el promedio de los nueve índices (uno de cada variable estudiada) de aprendizaje logrado para cada alumno, y c) se identificó el promedio máximo y mínimo, el rango establecido y se dividió entre cinco, exclusivamente con la idea de diferenciar grupos de alumnos en función del nivel de aprendizaje alcanzado (muy bajo, bajo, regular, alto y muy alto). El índice de aprendizaje logrado varió de -1 a 1, definiendo los siguientes rangos para cada grupo: 1) de -1 a -0.59; 2) de -0.6 a -0.19; 3) de -0.2 a 0.19; 4) de 0.2 a 0.59 y 5) de 0.6 a 1.

Para determinar la relación entre las tres variables del aprendizaje conceptual y las seis variables del aprendizaje procedimental y de ejecución se aplicó un análisis de correlación canónica. Este análisis es una técnica análoga al análisis de regresión, con la diferencia de que se tienen diversas variables dependientes en lugar de una, como ocurre en la regresión. De esta forma es posible determinar, por un lado, qué grupo de las variables del aprendizaje conceptual tienen una correlación más intensa con

**Tabla 1. Variables de aprendizaje consideradas, condición de aprendizaje estimada e índices y medidas empleadas.**

<b>Aprendizaje conceptual</b>	
1. Certeza conceptual	Utiliza conceptos pertinentes para representar el para qué sirve, qué es y cómo se realiza el diagnóstico ecológico. Se estimó a través de la razón $CC/CT$ : número de conceptos certeros ( $CC$ ) divididos entre el número total de conceptos ( $CT$ ).
2. Amplitud conceptual	Utiliza los conceptos necesarios para representar el para qué sirve, qué es y cómo se realiza el diagnóstico ecológico. Se calculó contando el número de conceptos utilizados por los alumnos en sus mapas conceptuales.
3. Complejidad conceptual	Estructura adecuadamente los conceptos empleados para representar el para qué sirve, qué es y cómo se realiza el diagnóstico ecológico. Se estimó mediante el índice: $IC = [r / n \times (n-1)] \times nm$ , siendo $n$ el número de nodos (conceptos); $r$ número de relaciones presentes en el mapa y $nm$ el número de nodos múltiples (conceptos que articulan a otros conceptos) usados por el alumno (Casas y Luengo, 2001).
<b>Aprendizaje operativo o procedimental</b>	
4. Ubicación estructural de las acciones	Identifica la ubicación correcta de las acciones para realizar el diagnóstico ecológico y se estimó mediante el cociente $AIA/AT$ : número de acciones ubicadas adecuadamente ( $AIA$ ) divididas entre el número total de acciones enlistas por el alumno para realizar la actividad ( $AT$ ).
5. Secuencia operativa de las acciones	Identifica la secuencia correcta de las acciones para realizar el diagnóstico ecológico y se estimó mediante el cociente $ASC/AT$ : número de acciones secuenciadas correctamente ( $ASC$ ) divididas entre el número total de acciones enlistas por el alumno para realizar la actividad ( $AT$ ).
6. Ubicación estructural de las operaciones	Identifica la ubicación correcta de las operaciones para realizar el diagnóstico ecológico y se estimó utilizando el cociente $OIA/OT$ : número de operaciones ubicadas adecuadamente ( $OIA$ ) divididas entre el número total de operaciones enlistas por el alumno para realizar la actividad ( $OT$ ).
7. Secuencia operativa de las operaciones	Identifica la secuencia correcta de las operaciones para realizar el diagnóstico ecológico y se estimó empleando la razón $OSC/AT$ : número de operaciones secuenciadas correctamente ( $OSC$ ) divididas entre el número total de operaciones enlistas por el alumno para realizar la actividad ( $AT$ ).
<b>Aprendizaje de ejecución o instrumental</b>	
8. Pertinencia de la ejecución	Utiliza las acciones y operaciones pertinentes para realizar el diagnóstico ecológico. Se estimó calculando la similitud entre el patrón de la jerarquización correcta de las acciones y operaciones para realizar la actividad y la jerarquía explicitada por los alumnos.
9. Amplitud de ejecución	Utiliza las acciones y operaciones necesarias para realizar el diagnóstico ecológico. Se calculó contando el número de acciones y operaciones aplicadas al ejecutar la actividad.

algún grupo de las variables del aprendizaje procedimental y de ejecución; esto se traduce en las “cargas canónicas”. Por otro lado, también se puede determinar con qué magnitud las variables del aprendizaje conceptual impactan significativamente a algún posible conjunto de las variables del aprendizaje procedimental y de ejecución; a esto se le

conoce como “efecto”. Finalmente, se generaron los resultados de la correlación canónica para su representación gráfica y de esta forma determinar el impacto del aprendizaje conceptual sobre el aprendizaje procedimental y el de ejecución, primero en forma global y posteriormente para cada uno de los grupos de alumnos identificados.

## RESULTADOS

### Análisis global de las relaciones entre las variables

El índice de la correlación canónica ( $r$ ) varía de -1 a 1 y se estima dentro de ciertos rangos de confianza ( $p$ ), los valores positivos indican que al incrementar los valores de una variable o grupo de variables, aumentan también los valores de la otra variable o grupo de variables correlacionado; los valores negativos, por su parte, indican una disminución simultánea. Valores cercanos a ambos extremos de este índice son indicativos de una correlación significativa, como el detectado en este caso ( $r=0.685$ ;  $p<0.05$ ) entre el conjunto de variables del aprendizaje conceptual (certeza, amplitud y complejidad), el conjunto de las variables del aprendizaje procedimental (ubicación de acciones y operaciones y secuenciación de acciones y operaciones) y las del aprendizaje de ejecución (pertinencia y amplitud). Al analizar este resultado, se observó que el valor relativamente alto de la correlación es debido fundamentalmente a que los alumnos que obtuvieron valores altos en los índices relativos a las tres variables de aprendizaje conceptual, también obtuvieron valores altos en los índices de las seis variables de aprendizaje procedimental y de ejecución.

El índice de correlación obtenido indica de forma global que todos los aprendizajes conceptuales mantienen una relación con todos los aprendizajes procedimentales y de ejecución. Revisando las cargas canónicas (tabla 2) se evidencia que no todas las variables del aprendizaje conceptual presentaron el mismo nivel de correlación con las otras variables. En dicha tabla y de acuerdo con las cargas canónicas correspondientes a cada conjunto de variables, se puede observar que la complejidad y la certeza conceptual presentaron las correlaciones más intensas

(0.982 y 0.863, respectivamente) con la pertinencia de la ejecución (0.893), con la amplitud de la ejecución (0.840) y con la secuenciación de las acciones (0.716). Así, la variable conceptual que presentó mayores valores de correlación fue la complejidad conceptual e influyó positivamente, y en mayor medida, a todas las variables de los aprendizajes procedimentales y sobre todo a las de ejecución. Por su parte, la certeza conceptual contribuye a explicar, el índice de correlación global. La variable conceptual menos correlacionada fue la amplitud, la cual presentó una influencia positiva mínima en todas las variables de aprendizaje procedimentales y de ejecución.

Es notorio que las variables conceptuales se correlacionan mayormente con las variables derivadas del aprendizaje de la ejecución que con las del aprendizaje procedimental. En estas últimas, salvo en la variable secuenciación de las acciones, las cargas canónicas fueron menores a 0.5, en cambio, las cargas canónicas de las variables del aprendizaje de la ejecución fueron cercanas a 0.9 (tabla 2).

### Análisis de las relaciones entre las variables por grupo de aprendizaje

Cada uno de los cinco grupos definidos reunió a alumnos con similares rendimientos de aprendizaje, de tal forma que el primer grupo (grupo 1) se constituye con aquellos que obtuvieron los rendimientos más bajos y, el último (grupo 5), con los rendimientos más altos. Si se toma a cada grupo de aprendizaje como una población de muestreo, se puede observar que la correlación del aprendizaje conceptual con el procedimental y la ejecución difiere en cada uno; el análisis de estas diferencias se presenta a continuación.

Tabla 2. Cargas canónicas de las variables de aprendizaje.

Aprendizaje conceptual	Cargas canónicas	Efectos	Aprendizaje procedimental y de ejecución	Cargas canónicas	Efectos
Certeza conceptual	0.863	0.152	Ubicación de las acciones	0.457	-0.151
Amplitud conceptual	0.352	-0.138	Secuenciación de las acciones	0.716	0.331
Complejidad conceptual	0.982	0.933	Ubicación de las operaciones	0.494	-0.11
			Secuenciación de las operaciones	0.355	0.089
			Pertinencia de la ejecución	0.893	0.497
			Amplitud de la ejecución	0.840	0.490

Los alumnos de menor rendimiento (primer grupo) constituyeron el 15% de los estudiados. Los resultados de aprendizaje al final del programa fueron iguales o menores a los obtenidos al inicio del módulo. Los resultados en el aprendizaje procedimental siempre fueron bajos y heterogéneos, es decir, un tercio de estos alumnos mejoró ligeramente, otro tercio presentó un aprovechamiento nulo y el tercio restante tuvo un índice de aprendizaje procedimental negativo. El aprendizaje en la ejecución fue aun más heterogéneo, por ejemplo, en la pertinencia de ejecución el 40 % de ellos mejoró y el resto presentó valores negativos; por su parte, en la amplitud de ejecución la mayoría presentó valores negativos. En este grupo se presenta una relación positiva entre el conjunto de las variables del aprendizaje conceptual y las variables del aprendizaje procedimental y la ejecución, lo cual se puede apreciar con la inclinación de la línea de ajuste (ascendente de izquierda a derecha) de la figura 1, cuadro 1.

En el grupo 2 se ubicó el 46% de los alumnos. La mayoría presentó promedios positivos bajos en los índices de aprendizaje, con valores que oscilaron entre 0 y 0.4. Alrededor del 90% evidenció mejoras en su aprendizaje conceptual, destacando más en certeza y en amplitud que en la complejidad conceptual. En el aprendizaje procedimental mejoraron ampliamente en la ubicación y secuenciación de las acciones, tuvieron un pequeño avance en la secuenciación de las operaciones, pero no en la ubicación de las operaciones. En la ejecución, el aprendizaje fue moderado en los dos aspectos considerados. En la figura 1, cuadro 2, se observa por la línea de ajuste que la relación de lo conceptual con lo procedimental y la ejecución es positiva, aunque esta relación no es tan marcada como en otros casos.

El tercer grupo se conformó por el 24% de los alumnos, la mayoría de los cuales obtuvo valores positivos en todos los aspectos de aprendizaje. Sus resultados en lo conceptual fueron contrastantes, pues destacaron con valores altos en el índice de aprendizaje de certeza conceptual, pero obtuvieron valores negativos en los índices de amplitud conceptual. En el aprendizaje procedimental, presentaron los mejores resultados en la secuenciación de las acciones y los más bajos en la secuenciación de las operaciones. En el aprendizaje de la ejecución, los promedios de los índices de aprendizaje fueron de los más altos, tanto en la pertinencia como en la amplitud de ejecución. En este caso, la relación entre los conjuntos de variables conceptuales con los conjuntos de variables procedimentales y de ejecución, es marcadamente negativa, obsérvese la inclinación

descendente de izquierda a derecha de la línea de ajuste en la figura 1, cuadro 3.

En el grupo 4 se ubicó sólo el 8% de los alumnos y la mayoría de ellos presentó valores positivos de aprendizaje en todas las variables estudiadas. En general, el promedio del índice de aprendizaje fue alto en la certeza y complejidad conceptual, pero bajo en la amplitud conceptual. En el aprendizaje procedimental presentaron los promedios más altos en el índice de la ubicación y secuenciación de las acciones, valores moderados en la ubicación de las operaciones y bajos en la secuenciación de las operaciones. En la ejecución, presentaron los valores más altos en el índice de pertinencia y moderados en la amplitud de la ejecución. Este grupo, al igual que los dos primeros, presenta una relación positiva entre las variables del aprendizaje conceptual y las variables del aprendizaje procedimental y la ejecución (figura 1, cuadro 4).

El grupo 5 se formó por el 7% de los alumnos. Su principal característica es que presentan los valores de aprendizaje más altos en todas las variables, salvo en la ubicación de las acciones, en donde el grupo 4 obtuvo el valor más alto. En la certeza y amplitud conceptual presentaron índices notoriamente altos, pero su mejora en la amplitud conceptual fue moderada. Los valores de los índices de secuenciación de las acciones y de las operaciones fueron los más altos, pero los avances fueron moderados tanto en el caso de la ubicación de las acciones como en el de las operaciones. El progreso de aprendizaje más notable se dio en la pertinencia de ejecución y el más moderado en la amplitud de la ejecución. Como el grupo 3, este también presenta una relación negativa entre el conjunto de las variables de aprendizaje conceptual y las variables del aprendizaje procedimental y la ejecución (figura 1, cuadro 5).

#### **Análisis de las relaciones entre las variables por grupo de aprendizaje**

Al correlacionar las tres variables de aprendizaje conceptual con cada una de las variables procedimentales y de ejecución, se obtuvo una estimación del grado de influencia que tienen las primeras sobre estas últimas (tabla 3). Esta influencia varía en cada grupo de alumnos, de tal forma que para los alumnos de menor aprendizaje, los aspectos conceptuales parecen tener un papel menos determinante sobre los otros tipos de aprendizaje relacionados con la aplicación del conocimiento. En cambio, para los grupos de mayor aprendizaje, los aspectos conceptuales tienen mayor incidencia en la aplicación del conocimiento. De hecho, analizando los datos se

Figura 1. Variación de la correlación canónica según el desempeño de cada grupo de estudiantes.

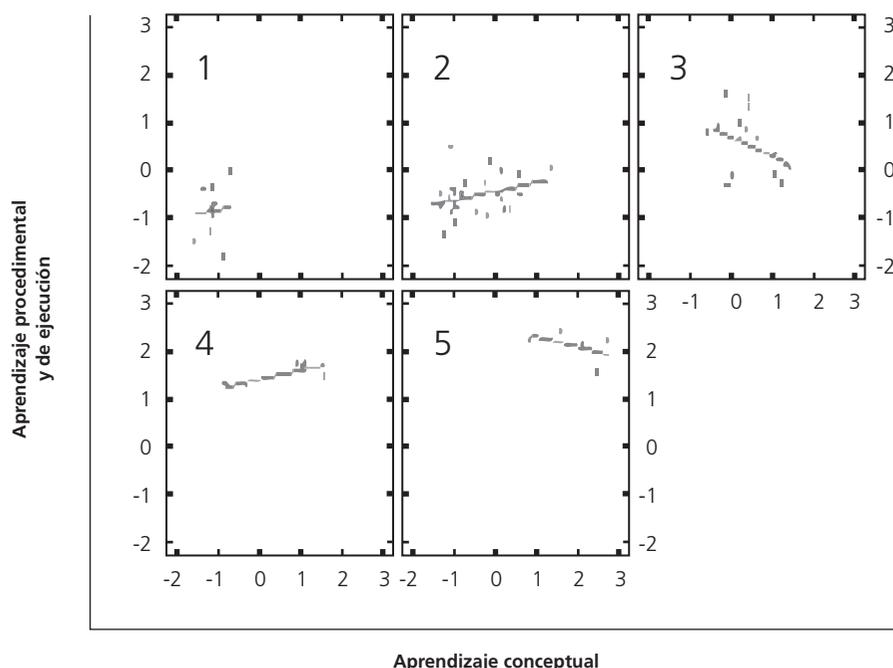


Tabla 3. Índices de correlación que presentaron las variables de los aprendizajes procedimentales y de ejecución en cada uno de los grupos estudiados.

Variables dependientes	1	2	3	4	5
Ubicación de las acciones	0.103	0.119	0.100	0.680	0.598
Secuenciación de las acciones	0.402	0.073	0.359	0.679	0.759
Ubicación de las operaciones	0.288	0.172	0.193	0.483	0.999
Secuenciación de las operaciones	0.338	0.045	0.044	0.547	0.944
Pertinencia de la ejecución	0.052	0.084	0.351	0.365	0.306
Amplitud de la ejecución	0.324	0.211	0.302	0.636	0.893

observó que solamente en los alumnos que obtenían en promedio índices de aprendizaje conceptual logrado (aprendizaje final menos aprendizaje inicial) mayores de 0.7, se evidenciaba una marcada influencia de lo conceptual sobre la aplicación del conocimiento.

En forma más analítica se pudo observar que no se manifestó una relación significativa entre lo conceptual y la aplicación de conocimiento en los grupos de alumnos de menor aprendizaje (grupos 1, 2

y 3). Esta situación fue diferente para los grupos 4 y 5, en los que se detectan relaciones significativas entre las variables mencionadas (tabla 3). De esta forma, en el grupo 4, las variables independientes (conceptuales) presentaron una relación significativa con cuatro de las seis variables dependientes, principalmente con la ubicación y secuenciación de las acciones, con la amplitud de la ejecución y con la secuenciación de las operaciones. En el grupo 5, la relación más intensa se presentó con cinco de las

variables dependientes, en este caso principalmente con la ubicación y secuenciación de las operaciones, seguida por la amplitud de la ejecución y en menor medida con la secuenciación y ubicación de las acciones.

Salvo en algunas variables dependientes, como la amplitud de la ejecución, la relación entre lo conceptual y la aplicación no parece incrementarse gradualmente en los grupos de menor a mayor aprendizaje. El cambio de la no relación a la relación significativa es más abrupto que progresivo, de tal forma que parece indicar que si los alumnos no logran un cierto nivel de aprendizaje conceptual, sus alcances de aprendizaje no les serán suficientes como para impactar en otros logros educativos. Lo detectado fue que, sólo si el alumno alcanzaba cierto índice de aprendizaje (igual o mayor de 0.7), la influencia de lo conceptual se hacía notoria (tabla 3).

### DISCUSIÓN

La coherencia entre los aprendizajes conceptuales, procedimentales y de ejecución no fue lo más frecuente en los alumnos estudiados, es decir, comúnmente los alumnos con mayor aprendizaje conceptual no presentaban los mayores aprendizajes relacionados con la aplicación de conocimiento. La influencia de los aprendizajes conceptuales sobre los procedimentales y de ejecución sólo se conservó entre determinadas variables y sólo en ciertos alumnos que alcanzaron rendimientos de aprendizaje relativamente más altos.

Con base en los resultados encontrados, se puede afirmar que la incidencia de lo conceptual sobre la aplicación del conocimiento no es absoluta, sino que tiene una influencia diferencial sobre las distintas variables, es decir, sólo ciertos aspectos conceptuales influyen sobre puntos específicos de lo procedimental y de la ejecución. En este caso la certeza y la complejidad conceptual fueron las variables que mostraron tener una mayor incidencia sobre los otros aprendizajes. Debido a que la complejidad conceptual (tal como ha sido entendida en este trabajo) es un concepto muy afín a la organización conceptual, se puede decir que los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con los hallazgos de otras investigaciones realizadas sobre el desempeño experto. En esos estudios se encontró que uno de los aspectos centrales relacionados estrechamente con el desempeño exitoso ha sido la capacidad de organizar los conocimientos (De Jong y Ferguson, 1986; Cummins *et al.*, 1988; Charness y Schultetus, 1999).

También fue notoriamente marcado que la influencia detectada entre las variables conceptuales y las de ejecución fue mayor que entre las variables conceptuales y las procedimentales. Estos resultados fueron totalmente inesperados, pues debido a la similitud de las habilidades que exige el aprendizaje conceptual y procedimental en este caso cognitivo y en resultados reportados previamente (Greeno, 1978; Dorsey *et al.*, 1999; Baroody, 2003) era más probable esperarse una mayor correlación entre lo conceptual y procedimental, que entre lo conceptual y la ejecución.

La incidencia de lo conceptual sobre las otras variables también es diferencial en los sujetos, pues sólo se detectó su influencia en forma significativa en los alumnos de alto rendimiento. Así se constata una vez más la importancia que tienen las diferencias individuales de los alumnos en la aplicación del conocimiento, en la realización de una actividad o para el desempeño exitoso (Voss *et al.*, 1983; Ackerman y Cianciolo, 2000). Una explicación de este hecho está más allá de los alcances del presente trabajo, pues implicaría una teoría de la individuación, es decir, de las consistencias que caracterizan y singularizan a cada individuo en su manera de interactuar con las situaciones que configuran su ambiente funcional. Una teoría de la individuación concebida como una teoría fundamentalmente descriptiva y predictiva, basada en la especificidad biográfica del comportamiento de cada alumno. Por su importancia, esto se ha convertido en una meta que constituye parte del futuro proyectado de la presente investigación.

Las relaciones entre el aprendizaje conceptual y la aplicación del conocimiento encontradas aquí, adquieren mayor sentido si se reflexiona sobre la naturaleza del dominio cognitivo en el que se realizó esta investigación; esto es así porque las relaciones mencionadas son muy diferentes en los distintos dominios cognitivos existentes (Iñesta, 2009). Así pues, el dominio cognitivo que incluyó este estudio (el diagnóstico ecológico) pertenece al campo de los conocimientos procedimentales, los cuales poseen rasgos muy particulares.

Uno de dichos rasgos es que para pasar de la representación mental a la aplicación, los alumnos no necesitan trabajar tanto para traducir lo abstracto en operativo, tal como sucede con los conocimientos de naturaleza estrictamente conceptual. En los conocimientos procedimentales, la representación mental ya posee una cierta dimensión operativa. Por eso, en estos tipos de conocimientos su representación mental es relativamente simple, tanto a

nivel conceptual como a nivel procedimental (por eso extraña tanto la baja correlación de estos niveles encontrada aquí), pero su aplicación, para el caso del procedimiento *complejo* estudiado aquí, es extremadamente *compleja*. Es decir, la representación conceptual de un conocimiento como el diagnóstico ecológico está relativamente acotada por los conceptos pertenecientes a campos cognitivos que giran alrededor de lo que es, para qué sirve y cómo se realiza. Así, su dificultad de aprendizaje conceptual no implica grandes retos cognitivos como en otros tipos de conocimientos de mayor abstracción. Tampoco implica grandes dificultades cognitivas traducir este conocimiento de un contexto conceptual a uno operativo, la verdadera dificultad de su aprendizaje conceptual es que está ligado a su aplicación. Esto es así porque el simple enunciado de los conceptos que define al diagnóstico no resulta suficiente para que los alumnos lo aprendan realmente, pero el problema es que al aprenderlo aplicándolo sobre un objeto concreto, el alumno adquiere una representación particular del diagnóstico ligada a lo simple o complejo de su aplicación.

Se esperaría que traducir una representación conceptual de un conocimiento como el diagnóstico ecológico, a un conocimiento sintético y estructurado, característico de lo procedimental, no debiera implicar un gran reto cognitivo. El problema del aprendizaje de un conocimiento procedimental como el diagnóstico ecológico, es lograr que el alumno lo asimile con un sentido heurístico y no con un sentido técnico rígido. El diagnóstico es en realidad un sistema de procedimientos y la verdadera dificultad de su aprendizaje procedimental es que el alumno realice una sistematización de tales procedimientos y que perciba que estos adquieren relevancia en función de diferentes variables: naturaleza de los datos, la meta, el contexto. Tal vez esta dificultad sea la que se encuentre detrás de la moderada correlación detectada aquí entre lo conceptual y lo procedimental.

La ejecución autónoma de una actividad compleja como el diagnóstico ecológico representa todo un reto cognitivo si se atiende al conjunto de habilidades requeridas para alcanzar un desempeño exitoso. El alumno tiene que tomar una serie de decisiones: en principio tiene que hacer una elección valorada del camino a seguir, de tal forma que pueda construir las condiciones necesarias para hacer una inferencia sólida; posteriormente, tiene que profundizar en una realidad ecológica desarrollando una serie de acciones complejas tales como analizar, operativizar, valorar y sintetizar una serie de variables ecológicas; todo ello partiendo de fenómenos

altamente abstractos tales como las condiciones estructurales y funcionales de los sistemas ecológicos.

Aquí en la aplicación del diagnóstico, el alumno sí tiene que traducir conocimientos abstractos en operativos, siempre guiados por el camino que marca el diagnóstico. Se tiene que enfrentar a la dificultad que implica transferir el conocimiento analítico, esencialmente genérico de la teoría ecológica, a formas de conocimiento referidas y dirigidas a ecosistemas particulares, concretos y singulares, situación nada fácil de alcanzar (Anderson, 1982). Por eso, resultan un tanto asombrosos los resultados de este trabajo en lo relativo a la notoria influencia que ejercieron los aprendizajes conceptuales sobre la ejecución del diagnóstico.

### CONCLUSIONES

Lograr que los alumnos transiten de lo conceptual a la aplicación del conocimiento es una meta imperiosa en la actual formación profesional del biólogo y de muchas profesiones más, pero también es una meta más difícil de lograr de lo que parece. La relación existente entre los conocimientos conceptuales y la capacidad de aplicación es extremadamente compleja y ahondar en su conocimiento es una labor aún inconclusa.

Lo encontrado en este estudio sólo abre el camino a una serie de interrogantes e inicia una senda a seguir. Se confirma en este campo cognitivo que ciertos aspectos conceptuales (la complejidad conceptual en este caso) pueden llegar a ser decisivos para el aprendizaje de aspectos más prácticos. Este conocimiento tiene la potencialidad de sustentar principios básicos del quehacer docente, pues al indicar el valor práctico que la estructuración del conocimiento tiene en el alumno, orienta sobre el camino formativo que debe seguirse para realizar desempeños exitosos.

Salvo en los caso de los alumnos más aventajados, los datos generados en esta investigación indican que los esquemas conceptuales que poseen los alumnos no son suficientes para garantizar un desempeño complejo como el que implica el diagnóstico ecológico. Este hallazgo se ve influido por la naturaleza del dominio cognitivo estudiado, caracterizado por una demanda conceptual relativamente moderada, pero también por un desempeño extremadamente amplio y complejo. En este tipo de dominios cognitivos, los conocimientos conceptuales inherentes al desempeño pueden no ser suficientes para que el alumno llegue a alcanzar niveles elevados de aprendizaje. Es más factible que la formación profesional

vía el entendimiento sea más efectiva en desempeños simples, pero por supuesto variará principalmente en función de los métodos de formación y de la cantidad de instrucción práctica proporcionada.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Ackerman, P. L. y Cianciolo, A. T. (2000). Cognitive, perceptual-speed, and psychomotor determinants of individual differences during skill acquisition. *Journal of Experimental Psychology Applied*, 6(4), 259-290.
- Anderson, J. R. (1982). Acquisition of cognitive skills. *Psychological Review*, 89(4), 369-406.
- Arts, J. A., Gijssels, W. H., y Boshuizen, H. P. A. (2000). Expertise development in managerial sciences: the use of knowledge types in problem solving. Trabajo presentado en el *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Nueva Orleans.
- Bar-On, R., y Parker, J. D. A. (Eds.) (2000). *The handbook of emotional intelligence: theory, development, assessment, and application at home, school, and in the workplace*. San Francisco: Jossey-Bass Inc.
- Baroody, A. (2003). The development of adaptive expertise and flexibility: the integration of conceptual and procedural knowledge. En Baroody y Dowker (Eds.), *The development of arithmetic concepts and skills: constructing adaptive expertise. Studies in mathematical thinking and learning* (pp. 1-33). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Blickensderfer, E. et al. (2000). Analyzing knowledge requirements in team tasks. En Schraagen, J. M., y Chipman, S. F. (Eds.), *Cognitive tasks analysis* (pp. 431-447). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Casas G., L. M. y Luengo, G. R. (2004). Representación del conocimiento y aprendizaje. Teoría de los conceptos nucleares. *Revista Española de Pedagogía*, Año LXII(227), 59-84.
- Cassata, A. E.; Himangshu, S. y Luli, J. J. (2004). What do you know? Assessing change in student conceptual understanding in science. En Cañas, A. J., Novak J. D., y González, F. M. (Eds.), *Concept maps: theory and practice. Proceeding of the first international conference on concept mapping*. Pamplona.
- Charness, N., y Schultetus, R. S. (1999). Knowledge and expertise. En Durso F.T. (Ed.), *Handbook of applied cognition* (pp. 57-82). Nueva York: Wiley.
- Chillarege, K.; Nordstrom, C. y Williams, K. (2003). Learning from our mistakes: error management training for mature learners. *Journal of business and psychology*, 17(3), 369-385.
- Coll, C., y Valls, E. (1992). El aprendizaje y la enseñanza de procedimientos. En Coll, et al. (Eds.), *Los Contenidos en la reforma*. Madrid: Aula XXI y Santillana.
- Cordón, A. R. (2008). *Enseñanza y aprendizaje de procedimientos científicos (contenidos procedimentales) en la educación secundaria obligatoria: análisis de la situación, dificultades y perspectivas* (tesis doctoral). Departamento de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Murcia.
- Cosyn, E., y Thiery, N. (2000). A practical procedure to build a knowledge structure. *Journal of Mathematical Psychology*, 44(3), 383-407.
- Cummins D. D. et al. (1988). The role of understanding in solving word problems. *Cognitive Psychology*, 20(4), 405-38.
- D'Apollonia, S. T.; Charles, E. S. y Boyd, G. M. (2004). Acquisition of complex systemic thinking: mental models of evolution. *Educational Research and Evaluation*, 10(4-6), 499-521.
- Day, E. A. et al. (2001). Knowledge structures and the acquisition of a complex skill. *Journal of Applied Psychology*, 86(5), 1002- 1033.
- De Jong, T., y Ferguson-Hessler, M. G. M. (1986). Cognitive structures of good and poor novice problem solvers in Physics. *Journal of Educational Psychology*, 78(4), 279-288.
- Dorsey, D. W., et al. (1999). Assessing knowledge structures: relations with experience and post-training performance. *Human Performance*, 12(1), 31-57.
- Escoriza, N. J. (2003). *Evaluación del conocimiento de las estrategias de comprensión lectora*. España: Ediciones de la Universidad de Barcelona.
- Escoriza, N. J. (2006). *Estrategias de comprensión del discurso escrito expositivo*. España: Ediciones de la Universidad de Barcelona.
- Etelaepelto, A. (2000). Contextual and strategic knowledge in the acquisition of design expertise. *Learning and Instruction*, 10(2), 113-136.
- Greeno, J. G. (1978). Understanding and procedural knowledge in mathematics instruction. *Educational Psychologist*, 12(3), 262-283.
- Hay, D. B. (2007). Using concepts maps to measure deep, surface and non-learning outcomes. *Studies in Higher education*, 32(1), 39-57.
- Herrera, M. A. (1996). Formación científico-profesional: propuesta para la universidad pública de México. *Perfiles Educativos*, 71, 42-53. México: CISE-UNAM.

- Iñesta, R. E. (2009) Reflexiones sobre la aplicación del conocimiento psicológico: ¿Qué aplicar o cómo aplicar?. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 35 (1), 3-17. México.
- Jacobs-Lawson, J. M. y Hersey, D. A. (2002). Concepts maps as an assessment tool in psychology courses. *Teaching of Psychology*, 29 (1), 25-29.
- Kirwan, B., y Amsworth, L. K. (1992). *A guide to task analysis*. Londres: Taylor & Francis.
- Klausmeier, H. J., y Sipple, T. S. (1980). *Learning and teaching concepts: a strategy for testing applications of theory*. Nueva York: Academic Press.
- Merrill, M. D. (1994). *Instructional design theory*. Nueva Jersey: Educational Technology Publications.
- Novak, J., y Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pickett, S. T. A., J. Kolasa y Jones, C. G. (2007). *Ecological understanding The nature of theory and the theory of nature*. San Diego: Academic Press, Edition: 2.
- Rittle, B., y Alibali, M. (1999). Conceptual and procedural knowledge of mathematics: Does one lead to the other? *Journal of Educational Psychology*, 91(1), 175-189.
- Rodríguez, J. M. (1987). *La educación superior de la biología*. México: Facultad de Ciencias-UNAM.
- Schoenfeld, A. H. (1982). Some thoughts on problem-solving research and mathematics education. En Lester, F. K. y Garofalo, J. (Eds.), *Mathematical problem solving: Issues in research* (pp. 27-37). Philadelphia: Franklin Institute Press.
- Song, K. H. (2006). A conceptual model of assessing teaching performance and intellectual development of teacher candidates a pilot study in the US. *Teaching in Higher Education*. 11 (2), 175-190.
- Thompson, T. L., y Mintzes, J. (2002). Cognitive structure and the effective domain: on knowing and feeling in biology. *Int. Journal Science Education*, 24 (6), 645-660.
- Veeman, M., y Elshout, J. J. (1999). Changes in the relation between cognitive and metacognitive skills during the acquisition of expertise. *European Journal of Psychology of Education*, 14(4), 509-523.
- Voss, et al. (1983). Individual differences in the solving of social science problems. En R. F. Dillon y R. R. Schmeck (Eds.), *Individual differences in cognition* (pp. 205-232). Nueva York: Academic Press.