

Efecto de una intervención didáctica constructivista sobre el conocimiento y la resolución de problemas relacionados con Herencia Biológica en estudiantes de noveno grado

Effect of a didactic intervention constructivist on the knowledge and the resolution of problems related to biological inheritance in students of ninth degree

Melissa García

melyteacher@hotmail.com

Clemen Mazzarella

clemenmazzarella@hotmail.com

Universidad Pedagógica Experimental Libertador.

Instituto Pedagógico de Caracas

RESUMEN

El estudio evalúa el efecto de una intervención didáctica constructivista sobre el conocimiento de Herencia Biológica y la aplicación de procesos cognitivos vinculados a la resolución de problemas, en estudiantes de noveno grado de Educación Básica. Generalmente, en el aula se aplican estrategias basadas en la transmisión de contenidos que no promueven procesos cognitivos; en el área de Genética los contenidos son complejos y su aprendizaje está asociado a la resolución de problemas. Se realizó investigación de campo con diseño cuasi-experimental. Los datos del pre-test se utilizaron para diseñar la Unidad Didáctica aplicada al grupo experimental y el grupo control recibió clases de manera convencional. Los resultados revelan que el grupo experimental alcanzó un conocimiento más elevado y fue más efectivo en la aplicación de procesos cognitivos. La intervención didáctica promueve la resolución de problemas de manera sistemática, reflexiva y permite desarrollar un aprendizaje autónomo y autorregulado.

Palabras clave: *Herencia biológica; resolución de problemas; constructivismo; procesos cognitivos; intervención didáctica*

ABSTRACT

This study is to evaluate the effect of a didactical intervention based on the constructivist, on the knowledge of the biological heredity and the use of cognitive processes related to the solution of problems. It was applied to 9th grade Junior High students. Strategies based on the transmission of contents are usually applied in classrooms, but such strategies do not encourage or promote high level cognitive processes on the students. In the genetic area, the contents are complex and learning such contents is related to the solution of problems. A camp investigation was made, and a quasi experimental design, using Pre-Test and Post-Test. The data obtained from the pre test was used on the design of Didactic Unit applied on the experimental group. According to the data obtained it can be stated that the students on the experimental group gained a higher knowledge and were able to use the cognitive processes in a more frequent and effective way. As a conclusion, the suggested Didactical Intervention promotes a systematic and reflective process of solving problems and developing an autonomic and autoregulated learning.

Key words: *Biological heredity; solution of problems; constructivism; cognitive processes; educational intervention*

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, la enseñanza de las ciencias se ha llevado a cabo a través de la utilización de estrategias basadas en la transmisión de información haciendo énfasis en la reproducción de contenidos, que sólo brinda oportunidades para que los estudiantes se ejerciten en los procesos cognitivos *básicos*, tales como la observación, la memorización, la definición, el pensamiento lineal causa-efecto o la aplicación mecánica de fórmulas, entre otros. Es necesario complementar estos procesos básicos con los procesos cognitivos de *alto nivel*, *tales como*: pensamiento creativo, toma de decisiones, transferencia, resolución de problemas y metacognición, con el propósito de lograr que el estudiante sea más reflexivo, autónomo y consciente de su proceso de aprendizaje, y de esta manera, sea capaz de regular sus propias capacidades (Ríos, 1998).

Por otra parte, la investigación didáctica ha identificado diversas dificultades que los estudiantes presentan en su proceso de aprendizaje dentro del área científica, entre las cuales se pueden citar la estructura lógica de los contenidos conceptuales, que exige por parte del estudiante un alto nivel de abstracción, y la influencia que ejercen los conocimientos científicos alternativos (Campanario y Moya, 1999).

Adicionalmente, Hodson (1994) señala que en el aprendizaje de las ciencias se deben considerar diferentes aspectos, como el procesamiento de contenidos conceptuales y la práctica de la ciencia, de manera que los estudiantes desarrollen la capacidad de aplicar los procesos propios de la investigación en ciencias (procesos de la ciencia) y la capacidad para resolver problemas.

En este orden de ideas, el aprendizaje en ciencias debe lograrse a partir de la aplicación de estrategias de enseñanza que den lugar a un procesamiento de información que tome en cuenta las concepciones alternativas que los estudiantes poseen sobre los contenidos que debe aprender, y además, promover el ejercicio de un proceso cognitivo de alto nivel, como lo es la resolución de problemas.

En el caso particular de la Genética, sus contenidos presentan un elevado nivel de complejidad (Smith, 1988), además de que se encuentran asociados a la resolución de problemas de transmisión hereditaria, proceso que también resulta bastante complejo para los aprendices. Estas circunstancias contribuyen a que los estudiantes memoricen conceptos básicos relacionados con la herencia, no logren comprender la naturaleza de este fenómeno y se formen concepciones erróneas sobre dónde reside y cómo se transmite la información hereditaria (Banet y Ayuso, 1995; Ayuso, Banet y Abellán, 1996).

Es indispensable, por lo tanto, introducir cambios significativos en la manera de abordar los contenidos y problemas de herencia biológica en el aula. Según afirman Ayuso y Banet (2002) es posible diseñar programas de enseñanza que promuevan la construcción de conocimientos y optimicen la resolución de problemas de herencia biológica.

Para lograr que los estudiantes resuelvan problemas de manera efectiva, es importante considerar varios aspectos. En primer lugar, la resolución de un problema está fuertemente condicionado por las concepciones que tiene el sujeto sobre los conceptos que están implicados en el mismo (Perales, 1993). En segundo lugar, resolver de forma efectiva los problemas no significa simplemente que se pongan en práctica los conocimientos adecuados (Stewart, 1983). La resolución de un problema está asociado a la aplicación de procesos cognitivos, tanto básicos como de alto nivel (Ríos, 1999). Esto hace posible que el estudiante realice su proceso de resolución de forma deliberada y consciente (no intuitiva) y lo ejecute cada vez con mayor eficacia. Como consecuencia, es indispensable que los estudiantes resuelvan “verdaderos problemas”, donde se requiera desarrollar de forma razonada una estrategia que les permita obtener unos datos (numéricos o no), procesarlos, interpretarlos y llegar a una respuesta satisfactoria (Sigüenza y Sáez, 1990).

En función de estas ideas, Ayuso, Banet y Abellán (1996) sugieren analizar detenidamente la naturaleza de los problemas, y proponen abordarlos de tal manera que el estudiante formule hipótesis, planifique y desarrolle sus estrategias de resolución, interprete los resultados y elabore conclusiones.

Con el propósito de facilitar el aprendizaje significativo de los contenidos y el proceso de resolución de problemas en el aula, se llevó a cabo un estudio a través del cual se desarrolló una intervención didáctica fundamentada en el enfoque constructivista del aprendizaje, en estudiantes de noveno grado de Educación Básica. El objetivo de la investigación es evaluar su efecto en el conocimiento que los estudiantes poseen sobre herencia biológica y la aplicación de los procesos cognitivos básicos y de alto nivel, que están vinculados a la resolución de problemas de la temática referida.

Seguidamente, se expone una síntesis acerca de la información relacionada con los constructos que formaron parte del objeto de estudio de esta investigación. Básicamente, se presenta lo referente al proceso de

resolución de problemas y al constructivismo, y su vínculo con la enseñanza de las ciencias, en particular el modelo de aprendizaje que fundamenta tanto la construcción de la Unidad Didáctica como las orientaciones que permitieron estructurar las sesiones de clase de la misma.

La Resolución de Problemas

Un problema plantea una diferencia entre lo que se tiene y lo que se desea alcanzar, entre lo que es y lo que debe ser. Al respecto, Sigüenza y Sáez (1990) afirman que el problema constituye una situación para la cual el individuo no tiene respuesta inmediata. Cada individuo, dependiendo de sus conocimientos y de las estrategias y recursos de los cuales disponga, verá una situación dada como un problema o no. En este sentido, la resolución de problemas consiste en un proceso en el cual el individuo debe aplicar, en mayor o menor medida, conocimientos y procedimientos para obtener la solución (Perales, 1993), e implica la superación de un obstáculo (Ríos, 1999).

Sigüenza y Sáez (1990) proponen que el proceso de resolución de problemas se realice de un modo cíclico y sistemático. Esto implica que el estudiante debe realizar una evaluación en distintos niveles del proceso de resolución, lo que le permite desechar algunas estrategias o conclusiones y tomar nuevas decisiones.

Otro factor importante en el proceso de resolución es que el estudiante concientice cómo ha logrado la solución, esto significa que además de aplicar los conocimientos que están involucrados en el problema, se debe hacer una *reflexión metacognitiva* durante y al final del proceso de resolución. Un proceso sistemático y reflexivo no garantiza que la solución sea la correcta, pero reduce las posibilidades de cometer errores y permite que el estudiante aprenda de ellos cuando no puede evitarlos (Ríos, 1999).

Ríos (1999) propone un procedimiento sistemático y metacognitivo para resolver problemas, que consiste en abordar el proceso considerando las siguientes fases:

- *Definición del problema.* Implica hacer una lectura detallada de la situación de manera que pueda interpretarse, comprenderse en su totalidad y establecer bajo qué condiciones debe resolverse.
- *Plan de acción.* En esta fase se identifican los conocimientos que pueden ser de utilidad, se consideran diferentes estrategias para resolver el problema y se determina cuál podría ser la más pertinente y efectiva para ello.
- *Ejecución supervisada del plan.* La supervisión se da durante la producción de soluciones al problema, mientras se ejecutan las estrategias que se planearon para resolverlo, y así revisar si las acciones que se han realizado definitivamente conducen a darle respuesta a las incógnitas.
- *Evaluación de la solución.* Es indispensable revisar los resultados, con el propósito de establecer si la solución despeja las incógnitas del problema, si el resultado es satisfactorio y si el problema podía resolverse de otro modo.

De todo lo descrito anteriormente, se desprende que la resolución efectiva de un problema requiere de la aplicación de procesos cognitivos básicos y de alto nivel, por tanto la reflexión metacognitiva tiene un rol de suma relevancia, ya que hace posible optimizar el proceso y aprender a partir del mismo.

Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias

El término constructivismo es empleado para hacer referencia a diversas teorías que intentan explicar la naturaleza del conocimiento, es decir, cómo se conoce y cómo es el mundo que se cree conocer (Plonzack, 2000). No constituye una teoría pedagógica, pero es posible aplicar sus principios en el campo educativo.

Los constructivistas sostienen que lo que se conoce del mundo real es una *interpretación* que se hace del mismo a partir de las experiencias; por lo tanto, los seres humanos *crean significados*, no los adquieren (Ertmer y Newby, 1993). Desde este punto de vista, el conocimiento no es independiente del sujeto, sino que él lo construye a través de la experiencia

que tiene con el mundo que lo rodea (Plonzack, 2000) y, según Ertmer y Newby (1993), la mente filtra lo que percibe del mundo para producir una realidad personal. Esta interpretación conduce a definir de un modo diferente tanto el proceso de aprendizaje, como el rol que tiene el profesor como promotor de dicho proceso.

De acuerdo con Pope y Gilbert (1983), el estudiante tiene una participación activa en su proceso de construcción. Esto significa que es el responsable de su aprendizaje y que nadie puede sustituirlo en esta tarea (Coll, 1992). El estudiante construye esquemas de conocimiento para interpretar sus experiencias y el *aprendizaje* consiste en una *actividad mental* (cognitiva) por medio de la cual se desarrollan y modifican esos esquemas (Driver y Oldham, 1986). La construcción de nuevos significados implica, entonces, un cambio en los esquemas de conocimiento que se poseen previamente, ampliándolos o reestructurándolos a profundidad (Díaz y Hernández, 2002).

Appleton (1993), fundamentado en la teorías de Piaget y de Osborne y Wittrock, propuso un modelo para explicar el proceso de aprendizaje que realiza el estudiante en la escuela. En dicho modelo hay cuatro salidas posibles, dependiendo de lo que ocurra en la mente del estudiante y los resultados que se obtengan con la intervención didáctica llevada a cabo por el profesor.

El modelo emplea dos términos fundamentales para describir el proceso de aprendizaje: *estructura cognitiva* y *esquema*. La *estructura cognitiva* está integrada por *esquemas* de conocimiento, que son a su vez abstracciones que los individuos hacen a partir de los objetos, hechos y conceptos, y de las interrelaciones que se dan entre éstos (Díaz y Hernández, 2002). De acuerdo con la teoría piagetiana, el sujeto construye su estructura cognitiva a medida que elabora el conocimiento sobre la realidad, de modo que el desarrollo intelectual es una progresión de estructuras cada vez más complejas (Ríos y de Tejada, 2004). Por lo tanto, los esquemas que integran la estructura cognitiva son susceptibles de cambiar a través del proceso de aprendizaje.

En el modelo de Appleton (1993), un estudiante inicia la situación de aprendizaje con sus experiencias previas, organizadas en pequeños esquemas. La experiencia de aprendizaje comienza con un *nuevo encuentro*, que interpreta y le da sentido en función de su estructura cognitiva existente. El contexto de la experiencia de aprendizaje determina qué esquemas de la estructura cognitiva el estudiante va a seleccionar para construir un significado.

Cuando el estudiante percibe que sus esquemas proveen una explicación adecuada a la nueva experiencia finaliza la situación de aprendizaje con sus esquemas existentes reforzados, lo cual constituye la primera salida en el modelo de Appleton (1993). En este caso, pudo haber ocurrido que algunos aspectos de la nueva experiencia que no encajaban con la estructura cognitiva del estudiante, no se notaron o fueron ignorados, y el aprendizaje que el profesor deseaba no se logró.

Cuando el estudiante reconoce que los esquemas existentes son inadecuados para explicar la situación, se presenta un *desequilibrio* y para reducirlo se seleccionan los esquemas que más se ajusten a los conocimientos que deben aprenderse (*asimilación*). El *desequilibrio* se traduce en incomodidad, lo que debería generar una conducta de búsqueda de información, de manera que se pueda dar una explicación satisfactoria a la nueva experiencia y se logre de nuevo el equilibrio. En consecuencia, durante el proceso de aprendizaje los esquemas seleccionados son modificados, se amplían o se construyen nuevos esquemas. Esta reestructuración se da a través de un proceso de *acomodación*. Luego, para que haya un cambio significativo en la estructura cognitiva, los nuevos conocimientos deben ser aplicados en diversas situaciones, de manera que sean útiles y accesibles en próximas experiencias de aprendizaje. Así, se logra un ajuste más completo, es decir, una *adaptación*, y con éste un *equilibrio*, lo cual representa la segunda salida del modelo.

Adaptación, asimilación y acomodación son términos de la teoría piagetiana que Appleton (1993) adopta para describir esta situación de aprendizaje, la cual es considerada como la ideal y la que se debe lograr a través de la intervención didáctica.

Ahora bien, algunos estudiantes desarrollan estrategias diferentes a la reestructuración cognitiva. El estudiante podría esperar más bien, que se le suministre información correcta para dar respuesta a sus preguntas, que puede provenir de los libros o del profesor, por ejemplo, y luego se memoriza lo que se le ha suministrado. Esta *falsa acomodación* es útil para aprobar los exámenes y demás evaluaciones escolares, pero la información no podrá ser aplicada en nuevas situaciones de aprendizaje. De esta forma, el estudiante culmina en la tercera salida del modelo de Appleton (1993). Otros estudiantes pueden considerar que no vale la pena esforzarse por culminar en la segunda o tercera salida, y optan por abandonar la situación de aprendizaje. Estos estudiantes pudieron haber experimentado fallas en repetidas oportunidades y, para evitar un nuevo fracaso, escapan del proceso, lo cual constituye la cuarta salida del modelo de Appleton (1993).

Una intervención didáctica ideal, basada en el enfoque constructivista, consiste en promover el movimiento de los estudiantes hacia la segunda salida de este modelo y minimizar el uso de todas las demás.

En definitiva, para efectuar una intervención didáctica constructivista se hace necesario explorar los esquemas de conocimiento que poseen los estudiantes (concepciones alternativas), motivarlos a aprender conocimientos que sean relevantes para ellos e invitarlos a reflexionar sobre lo que han aprendido, en otras palabras a emplear estrategias metacognitivas que le permitan planificar, supervisar y regular sus propias capacidades cognitivas (Campanario y Otero, 2000).

MÉTODO

La presente investigación de campo que se llevó a cabo a través de la aplicación de un diseño cuasi-experimental con uso de un pre-test y un post-test, con grupo control no aleatorio.

Cuadro 1. Diseño de pre-test y post-test, con grupo control no aleatorio

Grupos	Pre-test		Intervención Didáctica	Post-test	
	C	PC		C	PC
1	O ₁	O ₁	X	O ₁	O ₁
2	O ₂	O ₂	—	O ₂	O ₂

Nota. (C) conocimiento; (PC) procesos cognitivos; (O) aplicación de los instrumentos a los grupos; (X) tratamiento a través de la intervención didáctica constructivista.

La población objeto de estudio estuvo conformada por 144 estudiantes de noveno grado de Educación Básica del Colegio San Agustín El Paraíso, Caracas. Para la muestra se seleccionaron al azar dos secciones previamente constituidas (muestreo intencional); grupo experimental: 35 estudiantes y grupo control: 37 estudiantes.

Para evaluar la primera variable dependiente, *conocimiento que los estudiantes poseen sobre el proceso de herencia biológica*, se seleccionaron 25 conceptos básicos relacionados con este contenido. Esta lista de conceptos se utilizó para construir *dos instrumentos*: a) un Cuestionario de Autoevaluación, basado en el modelo propuesto por Heinze-Fry (1992), con el cual se determinó si los estudiantes “*nunca habían oído*”, “*recordaban pero no sabían*”, “*sabían pero no podían explicar*” o “*sabían bien y podían explicar*” cada uno de los conceptos seleccionados, y b) una Prueba de Selección Simple, que se empleó para evaluar el conocimiento que cada estudiante tenía sobre los 25 conceptos.

Los resultados obtenidos por la aplicación de ambos instrumentos durante el pre-test en los dos grupos, se contrastaron a través del *Cuadro Axiomático para el Diagnóstico* propuesto por Moreno y Bousquet (2000), lo que hizo posible organizar los datos obtenidos en tres categorías cognitivas: lo que el estudiante “*no sabe*”, “*creo saber*” y “*sabe*” sobre herencia biológica.

Cuadro 2. Categorías cognitivas para el diagnóstico del contenido

Autoevaluación Estudiantil	Prueba de Selección Simple	Categorías cognitivas
Nunca lo he oído	Respuesta Correcta	No lo sabe
	Respuesta Incorrecta	No lo sabe
Lo recuerdo, pero no lo sé	Respuesta Correcta	No lo sabe
	Respuesta Incorrecta	No lo sabe
Lo sé, pero no puedo explicarlo	Respuesta Correcta	Lo sabe
	Respuesta Incorrecta	Cree saberlo
Lo sé bien y puedo explicarlo	Respuesta Correcta	Lo sabe
	Respuesta Incorrecta	Cree saberlo

Por otra parte, a los estudiantes de ambos grupos se les administró un cuestionario para efectuar el diagnóstico (pre-test) de la segunda variable dependiente: *aplicación de los procesos cognitivos vinculados a la resolución de problemas*. En este instrumento se le presentaba al estudiante un problema y una matriz con una serie de proposiciones que describen los procesos cognitivos que se deben aplicar. El estudiante debía resolver el problema que se le proponía en el instrumento y luego trasladarse a la matriz para seleccionar, por cada proposición, la opción que más se ajustaba a las acciones que realiza: siempre, algunas veces o nunca.

Cuadro 3. Matriz para evaluar aplicación de procesos cognitivos

Proposiciones	Siempre	Algunas veces	Nunca
1. Leo cuidadosamente el planteamiento del problema y percibo todos los aspectos del mismo, sin obviar ningún detalle.			
2. Identifico los datos del problema.			
3. Me pregunto: ¿conozco el significado de cada uno de los términos que están en el planteamiento del problema?			
4. Me pregunto: ¿tengo los conocimientos necesarios para resolver el problema?			

Proposiciones	Siempre	Algunas veces	Nunca
5. Identifico mis deficiencias de conocimiento para resolver el problema.			
6. Me pregunto: ¿he comprendido el problema?			
7. Identifico cuáles son las incógnitas que se deben responder para resolver el problema.			
8. Antes de resolver el problema, imagino cuál será la posible solución (respuesta a las incógnitas).			
9. Agrupo los datos en clases o categorías para distinguirlos unos de otros.			
10. Organizo los datos del problema de una manera útil para resolverlo.			
11. Relaciono la información que me proporciona el problema con los contenidos estudiados en clase (ley, definición, teoría que pueda aplicarse).			
12. Me pregunto: ¿tengo conocimientos científicos (teóricos) para resolver el problema?			
13. Considero las posibles alternativas para resolver el problema.			
14. Determino cuáles son los posibles pasos o acciones que debo llevar a cabo para resolver el problema.			
15. Decido qué estrategia voy a aplicar para resolver el problema.			
16. Aplico mis conocimientos para resolver el problema.			
17. Concientizo las deficiencias y las fallas personales que tengo para resolver el problema.			
18. Superviso la efectividad de la estrategia que utilizo.			

Proposiciones	Siempre	Algunas veces	Nunca
19. Identifico los errores que voy cometiendo.			
20. Busco retroalimentación en otras personas o en alguna fuente de información.			
21. Comparo los resultados que voy obteniendo con las predicciones que hice al iniciar el proceso de resolución.			
22. Corrijo los errores que cometo mientras resuelvo el problema.			
23. Cambio, si es necesario, las estrategias que no son efectivas.			
24. Hago una revisión global de los resultados obtenidos.			
25. Visualizo mis resultados para verificar que se han respondido las incógnitas.			
26. Reflexiono sobre la manera en que llegué a la solución.			
27. Me pregunto: ¿podía resolverlo de otra manera?			
28. Me pregunto: ¿qué he aprendido?			

Una vez realizado el diagnóstico, se llevó a cabo la intervención didáctica en dos niveles: el *constructivista*, para el grupo experimental, por medio de la aplicación de un conjunto de estrategias y actividades (Unidad Didáctica) en las cuales el estudiante debía resolver problemas de Herencia Biológica, utilizando sus procesos cognitivos de manera consciente y sistemática y el *convencional*, para el grupo control, de transmisión y recepción de información, donde se le pedía al estudiante una respuesta correcta a un planteamiento, sin hacer consideración alguna de sus propios procesos.

La Unidad Didáctica diseñada se fundamentó en el modelo de aprendizaje de Appleton (1993) y las sesiones de clase fueron estructuradas atendiendo a las recomendaciones hechas por Driver y Oldham (1986) con referencia a la secuencia que debe tener el proceso de enseñanza y

aprendizaje, enmarcado en el enfoque constructivista:

Fase de orientación, para motivar al estudiante a aprender el tópico que a continuación se va a procesar.

Fase de identificación de concepciones alternativas, la cual tiene como finalidad que el estudiante haga conscientes sus esquemas de conocimientos relacionados con el tema. Esta fase y la anterior se trabajaron juntas en cada sesión de clase.

Fase de reestructuración, a través de la cual se promovía una actividad cognitiva que conducía hacia: a) el desequilibrio cognitivo necesario para que el estudiante modifique sus esquemas de conocimientos sobre herencia biológica, mediante los procesos de asimilación y acomodación, y b) la aplicación de procesos cognitivos básicos y de alto nivel vinculados a la resolución de problemas.

Fase de reflexión, para invitar al estudiante a revisar cómo habían cambiado sus concepciones alternativas sobre herencia biológica y cómo se había llevado a cabo su proceso de resolución de problemas de transmisión hereditaria.

Al finalizar el desarrollo de la intervención didáctica, se aplicó el post-test, lo que hizo posible evaluar en el grupo experimental el efecto de la variable independiente sobre las dependientes y comparar este resultado con lo obtenido en el grupo control.

RESULTADOS

Se comenzará por el *conocimiento sobre herencia biológica* y posteriormente se mostrarán los resultados correspondientes a la *aplicación de procesos cognitivos vinculados a la resolución de problemas*.

Conocimiento sobre Herencia Biológica

A través de la administración del pre-test, se determinó el número de estudiantes que respondió para cada uno de los conceptos, a las tres categorías cognitivas que conforman la primera variable: “no sabe”, “cree

saber” y “lo sabe”, y luego se estableció dentro de cuál categoría se ubicaba cada concepto. En ambos grupos, la mayoría de los conceptos quedaron enmarcados en la categoría “no sabe”, dado que para el momento en que se realizó el pre-test, los estudiantes de la muestra aún no habían iniciado formalmente el aprendizaje del proceso de herencia biológica. Estos resultados se pueden visualizar en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Distribución de los conceptos en cada categoría cognitiva (pre-test)

	Grupo Control		Grupo Experimental			
	No sabe	Cree saber	Lo Sabe	No sabe	Cree saber	Lo Sabe
Conceptos restantes		Fecundación	Gen	Conceptos restantes		Gen Fecundación Cromosoma Herencia Probabilidad

Igualmente se identificaron los conceptos que quedaron enmarcados en la categoría “cree saber” en cada estudiante del grupo experimental con la finalidad de realizarles una entrevista en la que definieron dichos conceptos con sus propias palabras. En esta categoría cognitiva se encuentran implícitas las concepciones alternativas que han construido los estudiantes sobre los conceptos en cuestión. Durante las entrevistas, ellos expresaron algunas de estas concepciones, las cuales se sintetizan en el Cuadro 5. Las concepciones alternativas de los estudiantes del grupo experimental constituyeron un fundamento importante para la construcción de las sesiones de clase de la Unidad Didáctica con enfoque constructivista.

Cuadro 5. Definiciones de los estudiantes entrevistados sobre los conceptos enmarcados en la categoría cognitiva “cree saber”

Concepto	Definiciones de los Estudiantes
Gen	<p>Características que posee el ser humano con respecto al ADN, es decir, es lo que heredan los padres a sus hijos.</p> <p>Es una especie de célula.</p> <p>Son las características hereditarias que caracterizan a una persona y en éste se encuentran los cromosomas.</p> <p>Es una molécula que el ser humano lleva desde que nace hasta que muere.</p> <p>Es una parte del ADN que determina las características físicas sexuales de un ser humano.</p> <p>Partícula adquirida de forma hereditaria, la cual identifica a la persona con relación a su familia.</p> <p>Estructura ubicada en el núcleo de una célula, que contiene el material genético y define las características de un ser.</p> <p>Partícula que almacena la información genética de cada persona, animal o ser vivo en general.</p>
Cromosoma	<p>Son organismos presentes en el aparato reproductor masculino y femenino.</p> <p>Estructuras que se encuentran en el núcleo de la célula y que poseen en su interior el material genético de un ser vivo.</p> <p>En el cromosoma está contenido el ADN.</p> <p>Los cromosomas pueden ser “X” o “Y” y determinan el sexo del individuo.</p> <p>Son parte del ADN que está en el cuerpo de una persona.</p> <p>Los cromosomas se encuentran en las células sexuales.</p>
Fecundación	<p>Es un proceso a través del cual un organismo o célula transfiere un gen a otro organismo.</p> <p>Es el proceso a través del cual el espermatozoide atraviesa el útero y llega al cigoto para fertilizarlo y hacer que crezca el feto.</p> <p>Es una etapa del embarazo, que se da después de que el espermatozoide entra en el óvulo.</p>
Herencia	<p>Características de un individuo que provienen de un antecesor.</p> <p>Características de un ser vivo, transmitidas de los antecesores a los descendientes, pero que no siempre se presentan en su totalidad.</p> <p>Rasgos visibles de un individuo, producto de la unión de los genes paternos.</p> <p>Componentes genéticos de un ser humano.</p>

Cuadro 5. Cont.

Concepto	Definiciones de los Estudiantes
Célula Sexual	Célula que contiene las características del hombre o la mujer. Identifica el género. Organismo microscópico que contiene la carga sexual de la persona, bien sea femenina o masculina, y que define sus caracteres sexuales. Las células sexuales son las encargadas del funcionamiento de las hormonas sexuales.
Cigoto	Órgano del aparato reproductor femenino.
Cromátidas	Son un tipo de cromosomas.
Cromosomas Homólogos	Son cromosomas uno igual a otro.
Genotipo	Tipo específico de gen.
Dominancia Completa	Se refiere a que uno de los progenitores transmitió a sus descendientes la mayor parte de su información genética. Ocurre cuando un bebé posee características que provienen por completo de uno de sus padres, nunca de los dos. Significa que un gen tiene pleno control sobre otro gen.
Dominancia Incompleta	Significa que un gen no tiene pleno dominio sobre las funciones de otro gen.
Alelos	Son cada una de las partes de un gen.
Alelo Dominante	Es un gen más activo que otro gen.
Alelo Recesivo	Es un gen menos activo que otro gen.

Una vez llevada a cabo la intervención didáctica en ambos grupos y la consecuente aplicación del post-test, se determinó que hubo un desplazamiento de los conceptos desde las categorías “no sabe” o “cree saber” a la categoría “lo sabe”. Dicho desplazamiento fue mucho más importante en el grupo experimental que en el grupo control, en donde los conceptos *Célula Haploide*, *Célula Somática*, *Dominancia Completa* y *Dominancia Incompleta* quedaron dentro de la categoría “cree saber”.

En los Gráficos 1 y 2, se expone el conocimiento alcanzado por cada estudiante del grupo control y el grupo experimental. El inicio de la barra

representa, en porcentaje, el conocimiento de los estudiantes antes de iniciar el proceso de aprendizaje de los conceptos sobre herencia biológica (pre-test), y el final de la barra equivale al conocimiento alcanzado al culminar la aplicación de las estrategias y actividades de enseñanza-aprendizaje (post-test).



Gráfico 1. Conocimientos alcanzados por los estudiantes del grupo control sobre herencia biológica

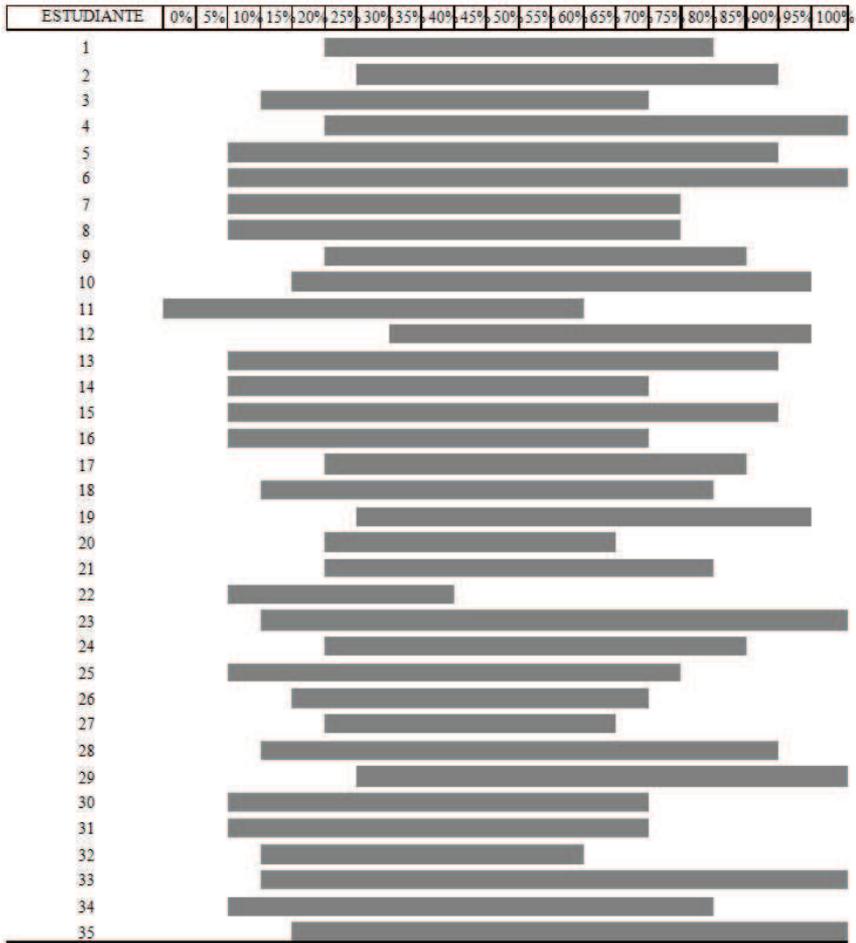


Grafico 2. Conocimientos alcanzados por los estudiantes del grupo experimental sobre herencia biológica

El conocimiento ha sido medido en función del número de conceptos que cada estudiante logró aprender (enmarcados en la categoría “lo sabe”), lo cual se representa en el gráfico en términos relativos. Las medias y medianas obtenidas por cada grupo se muestran en el Cuadro 6, con una dispersión más o menos similar en ambos, y se observa que el conocimiento alcanzado por el grupo experimental es más alto que en el

control, lo cual se ha demostrado por medio del contraste de hipótesis que se presenta en el Cuadro 7.

Cuadro 6. Medidas de tendencia central y dispersión del conocimiento obtenido por los estudiantes de ambos grupos

Estadísticos	Grupo Control	Grupo Experimental
Media	17,4	20,37
Mediana	16	20
Desviación Estándar	3,86	3,68
Varianza	14,92	13,53

Cuadro 7. Prueba Z para la diferencia de las medias obtenidas por ambos grupos

Hipótesis Nula	Hipótesis de la Investigación	Valor crítico	Valor calculado
Con la aplicación de una intervención didáctica constructivista en el grupo experimental, el conocimiento de este grupo es igual al del grupo control.	Con la aplicación de una intervención didáctica constructivista en el grupo experimental, el conocimiento de este grupo es mayor al del grupo control.	1,65 (si $\alpha=0,05$)	3,32
		2,33 (si $\alpha =0,01$)	

El contraste se efectuó con un nivel de significación de 95% ($\alpha =0,05$) y de 99% ($\alpha = 0,01$), y en ambos casos el estadístico calculado (valor de Z) es superior al valor crítico, razón por la cual se acepta la hipótesis de la investigación.

Aplicación de Procesos Cognitivos vinculados a la Resolución de Problemas

A continuación se muestran, en primer lugar, los resultados correspondientes a las categorías establecidas para el análisis de la variable producto del contraste entre los resultados del pre-test y el post-test. Estas categorías están referidas a si el estudiante *progres*a, se *mantiene*, *disminuye la frecuencia*, *nunca ejecuta* o *retrocede* en la realización de las

acciones relacionadas con el uso de los procesos cognitivos vinculados a la resolución de problemas. Las medias y medianas obtenidas por los grupos control y experimental en cada categoría se exponen en el Cuadro 8, así como también la prueba Z efectuada en cada caso.

Cuadro 8. Resultados del grupo control y grupo experimental en el post-test para cada categoría

CATEGORÍA	MEDIA		MEDIANA		Z calculado	Z crítico
	C	E	C	E		
Progreso	5,78	8,54	6	8	4,52	
Mantenimiento	13,16	14,09	13	15	1,21	1,65
Disminución de la Frecuencia	3,54	2,91	3	3	1,29	(si $\alpha = 0,05$) 2,33
Retroceso	3,27	0,74	2	0	4,28	(si $\alpha = 0,01$)
No ejecución	2,19	1,66	2	1	1,15	

C=grupo control; E=grupo experimental

El *progreso* de un estudiante implica que durante el post-test efectúe acciones (al menos algunas veces) que en el pre-test afirmaba no llevarlas a cabo, o bien, aumentar la frecuencia en la ejecución de estas acciones (de hacerlo algunas veces a realizarlo siempre). En este caso, el valor calculado de la prueba estadística efectuada muestra que los estudiantes del grupo experimental lograron un número de progresos más elevado que los del grupo control, con una diferencia bastante significativa.

La próxima categoría está representada por el *mantenimiento* en la aplicación de los procesos. El estudiante se mantiene si en el post-test ejecuta una acción con la misma frecuencia que en el pre-test (continuar realizando una acción algunas veces o siempre). En este caso, los valores de la media y la mediana son más elevados en el grupo experimental que en el grupo control, aunque no hay evidencia estadística de que el número de mantenimientos del grupo experimental sea significativamente más alto que en el grupo control.

Una tercera categoría está constituida por la *disminución de la frecuencia*, la cual implica que el estudiante ejecute una acción con menor

frecuencia durante el post-test que en el pre-test. La disminución de la frecuencia es muy similar en ambos grupos, y la prueba realizada así lo demuestra.

La cuarta categoría enmarca los *retrocesos* de los estudiantes, que consisten en ejecutar una determinada acción en el pre-test y dejar de realizarla durante el post-test. Los retrocesos fueron más frecuentes y numerosos en el grupo control que en el experimental. Adicionalmente, más del 60% de los estudiantes del grupo experimental no entran en esta categoría.

La última categoría que forma parte de esta sección de análisis lo constituye la *no ejecución* de las acciones a través de las cuales se aplican los procesos vinculados a la resolución de problemas. En esta categoría, el estudiante nunca ejecutó la acción, ni en el pre-test ni en el post-test. Las medidas de tendencia central del grupo control al parecer son más altas que las del grupo experimental, pero no hay evidencia estadística para afirmar que el número de no ejecuciones en el grupo control sea significativamente más alto que en el experimental.

En síntesis, el grupo experimental alcanzó un número importante de progresos y mantenimientos, la disminución de la frecuencia no es importante, al igual que el número de retrocesos y de no ejecuciones. Por el contrario, el número de progresos del grupo control fue menor y se observa que una alta proporción de estudiantes manifiesta retrocesos. La disminución de la frecuencia, por su parte, no necesariamente es negativa, especialmente si el estudiante hace consciente su proceso y determina cuándo debe efectuar una acción y cuando no, dependiendo de las características del problema planteado. Para lograr esto, es indispensable llevar a cabo una actividad metacognitiva que induzca al estudiante a reflexionar sobre la ejecución de sus acciones, situación de aprendizaje que fue posible en la intervención didáctica desarrollada para el grupo experimental, mas no para el grupo control.

En este orden de ideas, la disminución de la frecuencia en el grupo control, unido a la cantidad de retrocesos que presentaron, se puede

considerar como un indicador de que la enseñanza tradicional limita a los estudiantes en el desarrollo de sus capacidades para ser cada vez más efectivos en la resolución de problemas de diferente naturaleza.

Seguidamente, se realiza un análisis cuantitativo (prueba Z) de las medias obtenidas por ambos grupos, durante el post-test, en la aplicación de cada proceso cognitivo en particular (Cuadro 9), y también del proceso de resolución de problemas de manera global, tanto en el pre-test como en el post-test (Cuadro 10).

Cuadro 9. Medias obtenidas por cada grupo y prueba Z efectuada para la aplicación de cada proceso cognitivo, durante el post-test

Fases	Procesos Cognitivos	Control Media	Experimental Media	Z calculado	Z crítico
Definición del Problema	Observación	2,5	2,7	3,33	
	Metacognición	2,1	2,4	2,72	
	Inferencia	2,4	2,5	0,71	
Planificación de la Estrategia de Resolución	Clasificación	2,0	2,6	5,45	1,65
	Análisis	2,3	2,6	3,33	(si α
	Toma de decisiones	2,7	2,8	0,9	=0,05)
Desarrollo de la Estrategia de Resolución	Aplicación	2,9	3,0	1,67	2,33
	Metacognición	2,0	2,2	2,22	(si α
	Comparación	1,9	2,3	2,35	=0,01)
	Análisis	2,3	2,6	3,0	
Evaluación del Proceso	Síntesis	2,4	2,7	3,0	
	Metacognición	1,6	1,8	1,53	

Para efectuar el análisis referente a la aplicación de cada proceso cognitivo, se realizó una equivalencia numérica para la frecuencia con la que los estudiantes llevaban a cabo sus acciones al resolver un problema. La resolución de un problema consta de cuatro fases, en las que se deben aplicar diferentes procesos cognitivos. Cada proceso, a su vez, está conformado por una o varias acciones, que se pueden realizar *siempre* (3), *algunas veces* (2) o *nunca* (1).

Particularmente, en procesos como la observación, la clasificación, el análisis, la comparación y la síntesis, la prueba realizada demuestra que

los resultados del grupo experimental son más satisfactorios que en el grupo control. Todos estos procesos, sin restarles relevancia a los demás, hacen que la resolución de problemas se efectúe de manera sistemática y efectiva.

A través de la observación se revisa cuidadosamente el planteamiento del problema para extraer del mismo todos los detalles indispensables que conduzcan a la obtención de respuestas satisfactorias; inclusive, el proceso reflexivo que debe realizar el estudiante al revisar sus conocimientos y limitaciones para resolver el problema.

Al planificar la estrategia de resolución, los procesos de clasificación y análisis dan lugar a la organización de todos los datos e incógnitas del problema, así como también la revisión de las diferentes alternativas de solución disponibles para despejar dichas incógnitas.

La comparación, por su parte, se aplica para verificar las hipótesis planteadas durante el proceso de resolución, y a través de la síntesis se hace una revisión global del mismo. Los resultados del grupo control en la aplicación de la inferencia son muy similares a los del grupo experimental pero cuando se observan los estadísticos en el proceso de comparación, la diferencia es más notoria, al igual que en la síntesis.

Finalmente, las estrategias y actividades fundamentadas en el enfoque constructivista del aprendizaje que fueron aplicadas al grupo experimental, promovieron el proceso de metacognición durante todo el desarrollo de la unidad didáctica, y en general, los estudiantes del grupo experimental ejecutaron con mayor frecuencia las acciones relacionadas con el proceso de metacognición con respecto a los del grupo control, salvo en la última fase del proceso, de acuerdo con lo que se obtuvo en la prueba estadística efectuada, donde las medias son bastante similares, aunque la del grupo experimental es un poco más elevada.

Los valores hasta ahora presentados conducen a la aplicación del último tratamiento estadístico. En el Cuadro 10 se muestra la prueba Z

para la diferencia de las medias, que se llevó a cabo con un nivel de significación del 95% ($\alpha = 0,05$) y del 99% ($\alpha = 0,01$), y en ambos casos, el valor calculado de Z es significativamente mayor que el valor de Z crítico. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis planteada en esta investigación.

Cuadro 10. Prueba Z para la diferencia de las medias obtenidas por ambos grupos

Hipótesis Nula	Hipótesis de la Investigación	Z crítico	Z calculado
Los estudiantes del grupo experimental aplicarán sus procesos con la misma efectividad y frecuencia que los del grupo control.	Los estudiantes del grupo experimental	1,65	5,19
	aplicarán sus procesos con mayor efectividad y	($\alpha = 0,05$) 2,33	
	frecuencia que los del grupo control.	($\alpha = 0,01$)	

CONCLUSIONES

La Unidad Didáctica contempló el uso de estrategias y actividades que favorecieron entre los estudiantes los procesos de asimilación y acomodación enmarcados en la salida ideal del modelo de aprendizaje de Appleton (1993).

La intervención didáctica logró promover un proceso de reflexión metacognitiva que dio lugar a una evaluación constante por parte del estudiante de las modificaciones que se iban generando en su propia estructura cognitiva, lo que generó una autogestión de los propios procesos cognitivos y un aprendizaje responsable y sistematizado, que condujo a la obtención de resultados satisfactorios para los estudiantes.

Igualmente se logró evidenciar que los estudiantes del grupo experimental alcanzaron un conocimiento más elevado en comparación a los del grupo control, tanto en relación al número de conceptos que cada estudiante demostró haber aprendido, como en la proporción de estudiantes que para cada concepto de herencia biológica respondió a la categoría "lo sabe".

Por otra parte, los estudiantes del grupo experimental aplicaron los procesos cognitivos vinculados a la resolución de problemas de una manera más efectiva y usaron sus procesos del pensamiento con mayor frecuencia, a diferencia de los estudiantes del grupo control.

A través de este estudio es posible señalar que, en el marco de la muestra y las condiciones en las que fue llevada a cabo, la intervención didáctica de tipo constructivista promueve un proceso de aprendizaje significativo, autónomo y autorregulado, que genera una construcción de conocimientos sobre herencia biológica lo más cercano posible a lo científicamente aceptado y optimiza el proceso de resolución de problemas de manera sistemática y reflexiva.

REFERENCIAS

- Appleton, K (1993, May-June). Using theory to guide to practice teaching science from a constructivist perspective. *School Science and Mathematics*, 93(5), 269-274
- Ayuso, E., Banet, E. y Abellán, T. (1996). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato: II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios? *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 127-142
- Ayuso, E. y Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 133-157
- Banet, E. y Ayuso, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 137-153
- Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192
- Campanario, J.M. y Otero, J.C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 155-169
- Coll, C. (1992). Constructivismo e intervención educativa ¿Cómo enseñar lo que ha de construirse? *Aula de Innovación Educativa*, 3, 79-85
- Díaz Barriga, F. y Hernández Rojas, G. (2002). *Estrategias docentes para*

- un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*, 2ª ed. México, D.F.: Mc Graw-Hill
- Driver, R. y Oldham, V. (1986). Un enfoque constructivista del desarrollo curricular en ciencias. En R. Porlán, J.E. García y P. Cañal (Comps.). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias* (pp. 113-134). Sevilla: Díada
- Ertmer, P.A. y Newby, T.J. (1993). Behaviorism, cognitivism, constructivism: comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 6(4), 50-72
- Heinze-Fry, J. (1992). Using student self assessment of biological concepts in an introductory biological course. *Journal of College Science Teaching*, 22(1), 10-20
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313
- Moreno, E. y Bousquet, M. (2000, Julio). *Un modelo para detectar lo que el estudiante conoce, desconoce y cree conocer sobre temas seleccionados de Botánica*. Taller presentado en el XIV Congreso Venezolano de Botánica en homenaje al profesor Omar Castro Robles, UPEL, Caracas
- Perales Palacios, F.J. (1993). La resolución de problemas: una revisión estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 170-178
- Plonzack, I. (2000). Constructivismo y enseñanza de las ciencias. *Revista de Investigación*, 47, 107-135
- Pope, M. y Gilbert, J. (1983). La experiencia personal y la construcción del conocimiento en ciencias. En R. Porlán, J.E. García y P. Cañal (Comps.). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias* (pp.73-88). Sevilla: Díada
- Ríos, P. (1998). Desarrollo del pensamiento. *Educación*, LIX (181), 48-63
- Ríos, P. (1999). *La aventura de aprender*. Caracas: Cognitus
- Ríos, P. y de Tejada, M. (2004). El desarrollo cognitivo según Jean Piaget. En M. de Tejada Lagonell, P. Ríos y A. Silva (Coords.). *Teorías vigentes sobre el desarrollo humano* (pp. 19-68). Caracas: Fedupel
- Sigüenza, A.F. y Sáez, M.J. (1990). Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 223-230.

- Smith, M.U. (1988). Successful and unsuccessful problem solving in classical genetics pedigrees. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(6), 411-433
- Stewart, J.H. (1983). Student problem solving in high school genetics. *Science Education*, 67(4), 523-540