



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES, UNIDAD MORELIA

BIOLOGÍA

“LAS ACTIVIDADES LÚDICAS COMO ESTRATEGIA PARA EL APRENDIZAJE
DEL CONCEPTO DE GEN EN ALUMNOS DE BACHILLERATO”

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

PRESENTA:

Q.F.B. JOSÉ ÁNGEL JORDAN MARTÍNEZ

TUTOR PRINCIPAL

DOCTOR. HORACIO CANO CAMACHO

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

DOCTORA. NANCY CALDERÓN CORTES

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES, UNIDAD MORELIA

MAESTRO. JUSTINO VIDAL VARGAS SOLÍS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

MORELIA MICHOACÁN, MAYO 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C. P. AGUSTIN MERCADO

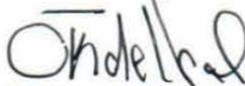
Director de Certificación y Control Documental
Dirección General de Administración Escolar, UNAM
Presente.

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Subcomité de Tesis del Comité Académico de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior, celebrada el día 15 de febrero del 2016, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestro en Docencia para la Educación Media Superior del alumno **José Ángel Jordán Martínez** con número de cuenta **514026260** con la tesis titulada: "**Las actividades lúdicas como estrategia para el aprendizaje del concepto de gen en alumnos de Bachillerato**" bajo la dirección del **Dr. Horacio Cano Camacho**.

Presidente:	Dra. Nancy Calderón Cortés
Vocal:	Dr. Víctor Hugo Anaya Muñoz
Secretario:	Dr. Horacio Cano Camacho
Suplente:	Mtro. Justino Vidal Vargas Solís
Suplente:	Dra. María Guadalupe Soto Molina

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Morelia, Mich., a, 2 de mayo de 2016.



Dra. Ek del Val de Gortari
Secretaria de Investigación y Posgrado

Agradecimientos

Al Doctor Horacio Cano Camacho, por sus valiosos comentarios, por alentarme y creer en este proyecto.

A la Doctora Nancy Calderón Cortés, por sus valiosas aportaciones en cada etapa de este trabajo.

Al Maestro Justino Vidal Vargas Solís, por su contribución y atención.

Al Doctor Víctor Hugo Anaya Muñoz, por sus comentarios y su atención.

A la Doctora María Guadalupe Soto Molina, por sus sugerencias y amable atención.

A mi esposa, por su paciencia y apoyo incondicional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico otorgado durante la realización de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior.

A la UNAM por el apoyo recibido a través del programa de PAEP.

Resumen

El gen es un concepto abstracto y fundamental en el tema de Genética, el cual representa un desafío en los procesos de enseñanza y de aprendizaje al momento de ser abordado en el salón de clases. En este trabajo, se utilizó una preprueba - posprueba para medir y comparar la efectividad el aprendizaje del concepto de gen, empleando una estrategia lúdica y material didáctico. El experimento se realizó con un grupo de 30 alumnos de tercer semestre de Bachillerato, cuyas edades oscilan entre los 15 y 17 años. Los alumnos que participaron en la actividad lúdica obtuvieron mejores resultados en la posprueba en comparación con el grupo control que tomó el mismo contenido temático de manera tradicional. El promedio general obtenido por los alumnos del grupo experimental fue superior que el del grupo control. El porcentaje de alumnos del grupo experimental que aprobó la evaluación final fue un 60% más alto que los alumnos del grupo control.

Palabras clave: Gen, estrategia lúdica, material didáctico, enseñanza, aprendizaje.

Abstract

When teaching Genetics, the concept of a gene is an abstract and fundamental idea that represents a challenge for the professor when teaching it and for the students when learning it inside the classrooms. In this study, a Pretest-posttest experiment was handled for measuring and comparing the effectiveness of using an educational game strategy and didactic material when teaching and learning the concept of gene. An experiment was conducted with a group of 30 students between 15-17 years old in the third semester of High School that used a didactic material to learn the concept of gene. Final results showed that the students using the didactic material performed 60% better in the posttest experiment getting higher scores compared against the control group that learned the same concept using a traditional method.

Keywords: Gene, educational game strategy, material didactic, teaching, learning.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
a) HIPÓTESIS	4
b) OBJETIVOS	4
c) MARCO TEÓRICO	5
Capítulo I LA PROBLEMÁTICA EN LA COMPRENSIÓN DE GENÉTICA	5
1.1 Problemática en la enseñanza de las ciencias	5
1.2 Concepciones alternativas de los alumnos sobre temas de Genética	7
1.3 La enseñanza de las ciencias, una práctica tradicional	9
1.4 La naturaleza abstracta y compleja de la Genética	10
Capítulo II EL CONCEPTO DE GEN	12
2.1 El concepto de gen, un problema dentro de la enseñanza de Genética	12
2.2 Historia y evolución del concepto de gen	15
2.3 El gen, una unidad de información	18
2.4 ¿Cómo se han abordado los temas de Genética en el aula?	18
2.5 ¿Qué sugieren los expertos sobre la enseñanza de conceptos genéticos?	20
Capítulo III LAS ACTIVIDADES LÚDICAS	21
3.1 Los juegos, una estrategia pedagógica	21
3.2 Los juegos como actividad social	22
3.3 Los juegos en la enseñanza de las ciencias	23
3.4 Las actividades lúdicas con objetos concretos	25
3.5 Modelos concretos y estilos de aprendizaje	27
Capítulo IV METODOLOGÍA	28
4.1 Población	28
4.2 Material	29
4.3 Diseño metodológico	30
4.3.1 Secuencia didáctica aplicada al grupo experimental (A)	30
4.3.2 Clase tradicional del grupo control (B)	33
4.4 Diseño del instrumento de medición	33
Capítulo V RESULTADOS	35
5.1 Discusión	46

Capítulo VI CONCLUSIONES	51
6.1 Perspectivas	51
REFERENCIAS	53
ANEXOS	62

Introducción

A finales del siglo XX la Genética comenzó a posicionarse en un lugar privilegiado como una disciplina transversal que aborda los puntos medulares de la Biología Moderna.

A partir del descubrimiento de la estructura del ADN, el código genético y en tiempos más recientes el genoma humano se han realizado un sin número de investigaciones relacionadas con esta temática encaminadas a explicar el sin fin de procesos que la involucran (Bugallo, 1995). Al continuar con las investigaciones haciendo uso de las nuevas tecnologías, surgen cada día novedosos descubrimientos que permiten generar nuevas teorías, así como comprobar, confirmar o refutar otras. Este continuo avance hace que se torne cada vez más complicado comprender algunos de los conceptos fundamentales que permiten entender ciertos procesos relacionados con la Genética y la Biología Molecular, tales como la herencia, mutaciones, replicación, transcripción, traducción, síntesis de proteínas, entre otros (Martínez-Gracia, Gil-Quílez & Osada, 2006).

Hay una gran cantidad de términos especializados necesarios para entender estos procesos y continuamente surgen más, siendo complejo comprender cabalmente la mayor parte de ellos, ya que para su entendimiento se requiere cierto grado de abstracción y conocimientos básicos. Uno de esos conceptos fundamentales en la Genética y a su vez abstracto es el concepto de “gen”, el cual ha sido redefinido continuamente a lo largo de la historia (Boujemaa et al., 2010) de tal manera que, cada vez que se descubren nuevos procesos genéticos el concepto de gen se torna más complejo, a tal grado que comprender el gen y sus procesos resulta difícil incluso para la comunidad científica (Pearson, 2006).

Una definición actual de gen fue aportada por Pearson (2006): *“Una región localizable de una secuencia genómica, correspondiente a una unidad de herencia,*

la cual está asociada con regiones regulatorias, regiones de transcripción y/ u otras secuencias regiones funcionales” (p. 401).

Este tipo de definiciones sólo tienen sentido para un pequeño grupo de especialistas en el área, pero al el resto de la población no le dice nada; por tal motivo, si es complicado comprender conceptos entre científicos, que lo haga el resto de la población resultaría todo un reto; no obstante, el conocimiento de estos temas ha contribuido para entender algunos aspectos relacionados con la vida cotidiana, tales como, el desarrollo de cultivos resistentes a plagas o sequias, la aplicación de técnicas de ADN para comprobar la paternidad o resolver asuntos de criminalística, además los científicos consideran a estos temas como la base conceptual que permite comprender la evolución y, por lo tanto, la Biología (Bugallo, 1995; Manokore & Williams, 2012).

Debido a su relevancia, algunos temas relacionados con la Genética se contemplan dentro del programa curricular de la Dirección General de Educación Tecnológica Industrial (DGETI), en la asignatura de Biología. Sin embargo, trasladar estos conceptos al salón de clase, resulta una tarea complicada puesto que la enseñanza de la Genética es una de las áreas de la Biología con más dificultades didácticas tanto para el docente como para el alumno (Rotbain, Marbach & Stavy, 2005), debido al lenguaje técnico, al “empaquetamiento” o concentración de información que involucra un concepto, además del grado de abstracción que se requiere por parte de los sujetos para comprenderlo (Meinardi, González, Chion, & Plaza, 2010).

Por otra parte la enseñanza de la ciencia se ha reducido a la educación tradicional, donde pareciera que lo único que importa es que el alumno memorice y repita definiciones sin importar, si son datos, hechos, conceptos o principios, esta dinámica ha permeado y predispuesto a los estudiantes a concebir la ciencia como un conjunto de saberes rígidos e inmutables ajenos a sus interés (Pozo & Gómez, 2001).

Las ideas alternas al conocimiento científico que tienen los estudiantes, son también un problema que ha dificultado la enseñanza de las ciencias y en particular

de la Genética en la educación formal (Dikmenli, Cardak & kiray, 2011; Galagovsky & Adúriz-Bravo, 2001), lo cual se traduce en una falta de comprensión de las ciencias tanto nacional como internacionalmente, de acuerdo a los resultados de evaluación de la prueba PISA (Programme for International Student Assessment) realizada cada tres años a alumnos de Bachillerato de 34 países según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2012). Aunado a esto, la falta de material didáctico (objetos tangibles) y estrategias dinámicas que pueda ejemplificar terminología especializada y procesos abstractos son factores que hacen aún más compleja la enseñanza de conceptos genéticos.

Estas problemáticas han propiciado que los investigadores en educación dirijan su mirada hacia la elaboración de estrategias didácticas para la comprensión de las ciencias, en especial en el área de la Genética. En trabajos de investigación recientes (Boujemaa et al., 2010; Chattopadhyay, 2005; Infante-Malachias, Padilha, Weller & Santos, 2010; Saka, Cerrah, Akdeniz & Ayas, 2006; Topçu & Sahin-Pekmez, 2009) se hace evidente la necesidad de diseñar nuevas estrategias eficaces que permitan resolver las dificultades que se han venido presentando en alumnos de diversos países con respecto a la comprensión del concepto de gen.

Se ha reportado que las actividades lúdicas contribuyen al desarrollo de procesos mentales que facilitan el desarrollo del pensamiento abstracto. Por lo que la pedagogía las ha utilizado como una estrategia eficaz para la enseñanza de diferentes disciplinas que requieren cierto grado de abstracción, como es el caso de la Genética. Las actividades lúdicas tienen el potencial de involucrar a los estudiantes en temas complejos y de formar ambientes libres de tensiones que les permitan a los alumnos expresarse con libertad (Kim, Park & Youngkyun, 2008).

Con base en lo anterior surgen las siguientes preguntas: ¿Puede explicarse un concepto complejo y abstracto como el de gen, a partir de un lenguaje no especializado? ¿Podemos diseñar material didáctico lúdico que pueda representar procesos y estructuras genéticas? ¿Puede ser el juego una estrategia eficaz para la enseñanza del concepto gen?, y se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿El uso de estrategias basadas en actividades lúdicas pueden mejorar los resultados en el aprendizaje del concepto de gen en alumnos de Bachillerato?

Para responder esta pregunta se elaboró una secuencia didáctica tomando como eje principal las actividades lúdicas, diseñando y utilizando material diseñado *ex profeso* para explicitar mejor ciertos términos especializados involucrados en el flujo de información Genética que se abordan dentro de la asignatura de Biología, los cuales presentan cierto grado de complejidad y al mismo tiempo requieren un nivel de abstracción considerable. La secuencia consiste en la formación, transcripción y traducción de mensajes genéticos con ayuda de letras que representan las distintas bases nitrogenadas de los ácidos nucleicos; la estrategia contempla la manipulación de letras diseñadas en forma de bloques, con la intención que los alumnos construyan estructuras tridimensionales simulando una proteína que les permita entender la expresión Genética con ayuda del material lúdico, para que de esta manera los alumnos sean capaces de comprender el concepto de gen, una vez que entienden su función.

Hipótesis

Los alumnos que participan en una estrategia de enseñanza basada en actividades lúdicas tienen mejores resultados en el aprendizaje del concepto de gen que los alumnos sometidos a clases tradicionales.

Objetivo general

Mejorar la comprensión del concepto de gen a través del uso de estrategias lúdicas.

Objetivos particulares:

- a) Diseñar material didáctico lúdico que facilite el aprendizaje del concepto de gen a estudiantes de Bachillerato.
- b) Diseñar una secuencia didáctica basada en actividades lúdicas para facilitar el aprendizaje del concepto de gen a los alumnos.
- c) Medir y comparar los resultados del aprendizaje del concepto de gen entre alumnos que utilicen estrategias lúdicas y alumnos que reciban el tema de manera tradicional.

Marco teórico

Capítulo 1. La problemática en la comprensión de Genética

1.1 Problemática en la enseñanza de las ciencias.

La falta de comprensión de las ciencias por parte de los alumnos de Bachillerato se ha visto reflejada en la prueba que se lleva a cabo cada tres años en los 34 países pertenecientes a la OCDE, mejor conocida como prueba PISA (Programme for International Student Assessment, es decir Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos) que se aplica a alumnos de Nivel Medio Superior. Las pruebas aplicadas muestran los siguientes resultados a partir del años 2006 al 2012:

- En 2006 sólo el 0.3 % de los estudiantes mexicanos alcanzaron un nivel alto en actividades de alta complejidad científica y por el contrario el 50.9% se colocó en un nivel insuficiente para acceder a estudios superiores y desarrollar actividades que exige la vida social.
- En 2009 el 3% alcanzó niveles altos de alta complejidad y el 48% de los estudiantes evaluados resultaron con niveles preocupantes en el área de ciencias.
- En 2012 solamente el 0.5% de los estudiantes evaluados alcanzaron niveles de alta complejidad cognitiva, y cerca de la mitad (47%) de los jóvenes

mexicanos con estudios equivalentes a Bachillerato, que presentaron la evaluación en 2010 no alcanzaron el nivel de competencias básicas en el área de ciencias.

Estos resultados indican que México se sitúa en el último lugar en educación de los 34 países pertenecientes a la OCDE, y permiten apreciar que es preocupante el nivel de comprensión de ciencias que existe entre los jóvenes mexicanos y es urgente implementar nuevas estrategias que puedan favorecer la enseñanza y el aprendizaje de las mismas (OCDE, 2012).

Algunos investigadores se han dado a la tarea de indagar sobre el origen de este rezago educativo, encontrando ciertas explicaciones a los problemas de comprensión de las ciencias, para lo cual señalan como posibles causas: La influencia de ideas alternas de los alumnos sobre un tema en particular (Galagovsky & Adúriz-Bravo, 2001), la manera tradicional de abordar los contenidos científicos (Iñiguez-Porras & Puigcerver-Oliván, 2013), así como la naturaleza abstracta y compleja de conceptos científicos (Manokore & Williams, 2012).

Dentro del campo de las ciencias, la Genética es uno de los temas que se ha caracterizado por tener un gran número de conceptos abstractos y complejos que la han convertido en una de las áreas en la que tanto alumnos como docentes han manifestado tener más problemas en los procesos de enseñanza y aprendizaje en los Niveles de Secundaria, Bachillerato e incluso el grado universitario. Investigaciones internacionales llevadas a cabo en distintos países coinciden en que existe un serio problema en la enseñanza de temas relacionados con Genética (Chattopadhyay, 2005; Dikmenli et al., 2011). Las problemáticas que se relacionan con el bajo nivel de comprensión de ciencias y en particular de la Genética están asociadas con los siguientes aspectos:

- i) Concepciones alternativas de los alumnos.
- ii) Enseñanza tradicional
- iii) Naturaleza abstracta de la Genética.

1.2 Concepciones alternativas de los alumnos sobre temas de Genética

Algunos investigadores (Chattopadhyay, 2005; Topçu & Sahin-Pekmez, 2009) señalan que una de las principales causas de la escasa comprensión de Genética es la presencia de concepciones alternativas y las formas de razonar de los alumnos (Figini & De Micheli, 2005). Cuando los estudiantes llegan al aula no son como hojas en blanco en las que los docentes pudieran plasmar todos los contenidos curriculares que se abordarán durante el curso, afortunada o desafortunadamente, todos ellos traen consigo información que han adquirido de manera formal e informal, la cual han internalizado formando esquemas mentales para interpretar su mundo; pero parte de la información que han adquirido algunas veces no concuerda con las definiciones científicas, y según Otero (1990), es posible que los alumnos no sean capaces de comprender correctamente la información que se les proporciona, debido a que no cuentan con los esquemas adecuados, o entienden los conceptos de una manera errónea; a estas definiciones se les conoce como concepciones alternativas (Pozo & Gómez, 2001).

Según Pozo y Gómez (2001), las concepciones alternativas por lo general tienen un origen sensorial, cultural o escolar que se han adquirido y arraigado de manera firme, dando lugar a una ciencia intuitiva opuesta al conocimiento científico que resulta difícil modificar en el salón de clases aun con estrategias deliberadamente diseñadas; con respecto a las concepciones de origen escolar, estas pueden tener su origen en el discurso simplificado del docente o con un mal empleo de analogías, e incluso pueden estar relacionados con los libros de texto (Saka et al., 2006). Según Campanario y Otero (2000), Pozo y Gómez (2001) algunas de las creencias de los alumnos con respecto a la ciencia son las siguientes:

- Las ciencias experimentales son hechos terminados e inmutables.
- Las ciencias son un conjunto de elementos separados de la realidad cotidiana.
- La ciencia parte de algunas presuposiciones al igual que el arte o la religión.

- Aprender ciencias es aprender fórmulas que permiten resolver ejercicios o aprender hechos y fenómenos que los científicos han ido descubriendo a lo largo del tiempo.
- Los científicos son personas inteligentes pero a la vez raras.
- Aprender ciencias es repetir de la mejor manera lo que explica el maestro.
- Aprender ciencias es la acumulación lenta e inexorable de conocimientos profundos.

Estos preconceptos erróneos o representaciones idiosincráticas que han adquirido los alumnos en su trayectoria de vida son una posible causa que obstaculizan la comprensión de la Genética (Dikmenli, et al., 2011; Galagovsky & Adúriz-Bravo, 2001). No obstante, los preconceptos no son un sinónimo de concepciones alternativas, los estudiantes poseen conocimientos previos o preconceptos que algunas veces coinciden con el conocimiento científico. En este sentido, desde el punto de vista constructivista es fundamental explorar y considerar los conocimientos previos de los estudiantes (Coll et al., 2002).

Como se ha venido mencionando la Genética posee un gran número de conceptos complejos, entre los que se encuentra el concepto de gen, el cual es uno de los principales contenidos temáticos que presenta más dificultades tanto en la enseñanza como en el aprendizaje. Alrededor de este término predominan entre los estudiantes ideas alternativas, que se han adquirido de manera informal y formal en la sociedad a través de algunos medios de comunicación (Saka et al., 2006). Algunas de las ideas asociadas a la función de los genes están relacionadas con la existencia de genes de alcoholismo, de obesidad y de actitudes o capacidades cognitivas. La falta de comprensión acerca de este tipo de términos también pueden generar ciertos temores en la población, como por ejemplo las ideas asociadas a los términos de mutaciones, transformaciones génicas y en general los conceptos relacionados con la aplicación de la ingeniería Genética; transgénesis, recombinación Genética, entre otros, son vistos como “malos” o “dañinos”. Todos estos preconceptos están asociados a una información alternativa e informal que se tiene sobre Genética y en particular de la definición y función de los genes (Ayuso

& Banet, 2002; Heredia, 2012). En seguida se muestra una lista de ideas alternas que manifiestan algunos estudiantes entrevistados de diferentes países con respecto a la definición de gen:

- El gen es una estructura diferente al ADN (Saka et al., 2006).
- Un gen se compone de un rasgo (Marbach-Ad, 2001).
- Solo las células germinales contienen cromosomas (Chattopadhyay, 2005)
- El gen está formado con las uniones de ADN (Dikmenli et al., 2011).
- El gen es una secuencia de aminoácidos los cuales están en forma de una cadena y se expresa como un fenotipo (Boujemaa et al., 2010).
- Los fenotipos son los genes que la gente puede ver como color de ojos, color de pelo y de piel; los genes y los alelos son lo mismo (Manokore & Williams, 2012)
- Los genes causan enfermedades (Boujemaa et al., 2010).
- Las proteínas son necesarias para proporcionar energía o como nutrientes y no se relacionan con genes (Duncan & Reiser, 2007).

1.3 La enseñanza de las ciencias, una práctica tradicional

Por otra parte la enseñanza de las ciencias se ha reducido a una práctica tradicional poco efectiva, donde se prioriza la enseñanza por transmisión donde el poseedor del conocimiento es el docente y el alumno es un individuo pasivo que básicamente adopta el papel de receptor, el cual debe estar callado y atento ante los conocimientos del profesor experto en el área. Esta manera de concebir la enseñanza por lo general se sustenta en las teorías implícitas y creencias epistemológicas de los profesores (Mason, 2004; Pozo & Gómez, 2001). Dicha enseñanza se fundamenta, según Campanario y Moya (1999), Campanario y Otero (2000) e Iñiguez-Porras y Puigcerver-Oliván (2013) en los siguientes supuestos:

- Enseñar ciencias es una tarea fácil y no requiere una especial preparación.
- El proceso de enseñanza y aprendizaje de ciencias se reduce a una simple transmisión y recepción de conocimientos.

- El fracaso de muchos alumnos se debe a sus propias deficiencias: falta de nivel, falta de capacidad.
- El profesor es el poseedor del conocimiento científico, y por lo tanto es él quien trasmite el conocimiento.
- El libro de texto es el material curricular de apoyo fundamental del profesor.
- El conocimiento científico se concibe por el profesor como un conjunto complejo de hechos probados y verdades absolutas.

Estas visiones tradicionalistas de enseñar y aprender ciencias han permeado las aulas en todos los niveles educativos, dando prioridad a la información y acumulación de conceptos que son memorizados en lugar de ser comprendidos y hacer una reflexión crítica sobre los mismos (Pozo & Gómez, 2001). Por lo que la enseñanza tradicional de la práctica docente es la segunda posible causa que obstaculiza la comprensión de la Genética (Iñiguez-Porras & Puigcerver-Oliván, 2013), de hecho algunos docentes tratan de evadir los temas de Genética porque consideran que son difíciles de explicar (Chattopadhyay, 2005).

Aunado a lo anterior también existe una descontextualización de los procesos y conceptos genéticos con la vida cotidiana de los alumnos. Además, los bloques y temas propuestos en los programas oficiales de la asignatura de Biología de nivel Bachillerato se encuentran organizados de manera aislada como si no tuvieran relación entre sí, presentando cada contenido de manera segmentada, donde pocas veces se expone la relación que existe entre un tema y otro, siendo este un factor que pudiera también influir para que los alumnos perciban los contenidos temáticos de Genética de una manera desorganizada y aislada (Rundgren, Hirsh, Rundgren & Tibell, 2012; Venville & Treagust, 2002).

1.4 La naturaleza abstracta y compleja de la Genética

Un tercer aspecto que dificulta la enseñanza de las ciencias, y en particular de la Genética, tiene que ver con la propia naturaleza inherente a los conceptos científicos, los cuales obstaculizan el aprendizaje en los alumnos; éstos por lo

regular poseen características cualitativas particulares que los hacen ser diferentes del resto de otros contenidos curriculares (Meinardi et al., 2010).

Por ejemplo Otero (1985), clasifica los conceptos en conocimientos declarativos y conocimientos procedimentales; define los primeros como información estática y los segundos como los procesos necesarios para usar el contenido declarativo. Con base en esta clasificación, Otero (1985), señala que los contenidos científicos son más procedimentales que declarativos, ya que un concepto científico adquiere su significado a través de su uso y de la variedad de conexiones que se establecen dentro de una red conceptual, y no de una simple definición memorística carente de funcionalidad. De ahí que para algunos investigadores el problema de la comprensión de la Genética está asociado a la naturaleza abstracta y compleja de los conceptos que se utilizan en esta disciplina, así como a su lenguaje altamente especializado (Figini & De Micheli, 2005; Knippels, Waarlo & Boersma, 2005; Manokore & Williams, 2012).

Parte de la importancia de los conceptos de Genética es que funcionan como andamios para entender otros conceptos y procesos más complejos; a éste tipo de lenguaje científico, se le define como “empaquetamiento”, haciendo referencia a la gran cantidad de información que puede ser concentrada en un solo concepto, llegando a ser tan complejos que se requiere un alto grado de abstracción para su comprensión (Meinardi et al., 2010). Dentro de la Genética existen también conceptos que están relacionados entre sí, como fenotipo y genotipo, heterocigoto-homocigoto, locus-loci, ADN-ARN, entre otros, de tal manera que si no se conoce uno de ellos, no es posible relacionar los demás (Manokore & Williams, 2012; Woody & Himelblau, 2013).

Otro aspecto que suele influir en la poca comprensión de Genética está asociado a los contenidos matemáticos y estructuras o fórmulas químicas que se encuentran en dichas temáticas, por ejemplo, en los cuadros de punnett dentro del tema de herencia mendeliana se requieren conocimientos básicos sobre probabilidad. Para entender procesos de metilación en la molécula ADN es necesario que el alumnado conozca nomenclatura y formulas Químicas, en este caso el metilo. Ya que si no se

cuenta con los conocimientos básicos sobre estas disciplinas difícilmente entenderá la parte molecular (Rotbain et al., 2005). Además, todos los procesos genéticos ocurren a nivel submicroscópico, por lo que la invisibilidad e inaccesibilidad de los conceptos y procesos que ocurren a este nivel son un factor más que hace compleja la enseñanza de esta temática en el aula (Duncan & Reiser, 2007).

Por otra parte cuando los docentes abordan este tipo de conceptos científicos, no hacen una diferenciación entre datos, hechos y conceptos, sino que por lo general son abordados por igual en el aula, sin embargo, los conceptos científicos aun cuando son categorizados dentro de los contenidos conceptuales, no se pueden considerar como sinónimos de hechos y datos, ya que tienen diferencias significativas, por lo tanto no se deberían abordar de la misma manera (Pozo & Gómez, 2001). Los datos y hechos (nombre, símbolo, fecha, número de valencia de un elemento químico, entre otros) representan información que asevera o declara algo acerca del mundo; por lo que se enseñan casi de manera literal, se aprenden por memorización y por lo general se adquieren en un solo evento; por su parte los conceptos científicos (gen, energía, meiosis, mol, entre otros) se aprenden por comprensión, relacionándose con conocimientos anteriores y su aprendizaje se logra de manera gradual (Pozo & Gómez, 2001). El gen es un ejemplo de este tipo de conceptos científicos, que dentro de su definición se parece más a un contenido procedimental que a un contenido conceptual, ya que para poder aprender este concepto, es necesario entender su naturaleza, su ubicación y desde luego tener la capacidad de saber usarlo en sus relaciones con otros conceptos y procedimientos.

Capítulo 2. El concepto de gen

2.1 El concepto de gen, un problema dentro de la enseñanza de Genética

El término gen ha sido un concepto vago y resbaladizo, no sólo para los jóvenes estudiantes que cursan su educación formal, también ha sido un tema que se ha venido discutiendo a lo largo de la historia por los propios científicos, ya que al emplear tecnologías más sofisticadas, se ha tenido nueva información sobre las

bases moleculares, por lo que debería ser más sencillo poder definir el término gen. Sin embargo, ha ocurrido exactamente lo opuesto, ya que entre más información se tiene, existe menos claridad acerca de su definición (Venville & Treagust, 2002).

Por otra parte es importante que los alumnos comprendan el concepto de gen para que puedan acceder a otros conocimientos que subyacen de éste, puesto que es un tema central en el área de Genética (Venville & Treagust, 2002), ya que si se pretende comprender procesos y conceptos genéticos es indispensable tener lo más claro posible el concepto de gen (Dikmenli et al., 2011). Tal como señala Saka et al. (2006), los alumnos deben de tener claro qué son ADN, cromosoma y gen para poder relacionar y comprender conceptos relacionados a estos como locus, alelo, genotipo, fenotipo, entre otros. Sin embargo, existe confusión acerca de la ubicación y definición adecuada del concepto de gen en alumnos que cursan el Nivel Secundaria, Bachillerato e inclusive Nivel Universitario (Iñiguez-Porras & Puigcerver-Oliván, 2013), tal como lo muestran los resultados obtenidos en diversas investigaciones realizadas a nivel internacional con estudiantes adolescentes, en los cuales se evidencia la problemática presente en la enseñanza de esta temática, haciendo énfasis en la mala y escasa comprensión del concepto gen y los procesos que lo rodean.

Por ejemplo, en uno de los resultados para determinar el nivel de comprensión de conceptos de Genética, se encontró que el 50 % de alumnos ingleses entrevistados no reconocen la presencia de material genético en todos los seres vivos (Wood-Robinson, Lewis, Leach & Driver, 1998). Otro estudio reveló que un alto porcentaje de jóvenes estudiantes que fueron parte de investigaciones independientes de España y Reino Unido, desconocen el orden estructural de conceptos básicos como gen, cromosoma, núcleo y ADN (Ayuso & Banet, 2002). Es decir los alumnos consideran que el cromosoma es más grande que el núcleo o que los genes son mayores que el núcleo de la célula, de hecho un cuarto de estos alumnos considera que un gen es mayor que un cromosoma (Lewis et al., 2000).

En Turquía un número considerable de alumnos no fueron capaces de establecer relaciones coherentes entre cromosomas y ADN (Saka et al., 2006), en

otro estudio del mismo país la mayoría de alumnos entrevistados no entienden la función de los cromosomas y no son capaces de proporcionar una definición clara del concepto de gen (Topçu & Sahin-Pekmez, 2009).

La mayoría de las respuestas emitidas por los estudiantes con respecto al concepto de gen, por lo general están asociadas con rasgos y características heredables (Lewis et al., 2000; Saka et al., 2006), pero cuando se les pide que expliquen el mecanismo por el cual se transfieren dichas características o información, los alumnos no son capaces de argumentar y comienzan a dar ideas alternas al conocimiento científico, y además casi nunca se vincula el concepto de gen con el proceso de síntesis de proteínas (Duncan & Reiser, 2007; Lewis et al., 2000).

Por otra parte, los estudiantes de Nivel Bachillerato no son los únicos que tienen problemas con la definición del concepto “gen”. Algunas investigaciones se han dirigido a jóvenes aspirantes a docentes del área de ciencias, a propios docentes y a alumnos de nivel universitario, las cuales muestran que la principal idea con que éstos relacionan la definición de gen se asocia a una definición del siglo pasado conocida como modelo mendeliano (Boujemaa et al., 2010; Dikmenli et al., 2011). Algunos aspirantes a profesores de ciencias consideran, que los genes son responsables de los rasgos en un individuo y que el ADN es responsable de la transferencia de información de una generación a otra, sin establecer relaciones entre ambos conceptos (Marbach-Ad, 2001). Estas investigaciones demuestran que existe un serio problema a nivel internacional con respecto a los temas de Genética, pero en particular, exponen la poca claridad del concepto de gen en alumnos que cursan el Nivel equivalente a Bachillerato. Entre las dificultades más frecuentes sobre la enseñanza del concepto de gen, se encuentran las siguientes:

- Los preconceptos erróneos de los alumnos (Dikmenli et al., 2011).
- La manera tradicional de cómo se aborda el tema en el aula (Iñiguez-Porras & Puigcerver-Oliván, 2013)
- Se sigue abordando bajo una visión mendeliana (Venville & Treagust, 2002).
- La naturaleza abstracta del gen (Chattopadhyay, 2005).

- La falta de visualización por parte del alumno debido al tamaño de los genes (Rundgren et al., 2012).
- La gran cantidad de información que se concentra (Manokore & Williams, 2012).
- Las estructuras químicas asociadas a éste concepto (Rotbain et al., 2005).

2.2 Historia y evolución del concepto de gen

Además de las dificultades señaladas anteriormente, la definición de gen ha estado sujeta a un proceso histórico evolutivo determinado por el avance del conocimiento científico, lo cual es un ejemplo claro que ilustra cómo el conocimiento científico es un proceso inacabado y en constante actualización (Gericke & Hagberg, 2007). Con la intención de puntualizar en lo dinámico y complejo que ha sido el concepto de gen a lo largo del tiempo, se señalan a continuación de manera breve los momentos históricos y cambios de paradigma por los que ha atravesado la definición de gen, de ser concebido como un factor heredable hasta convertirse en uno de los conceptos más controversiales y discutidos en las últimas décadas (Pearson, 2006).

Alrededor de 1865 Gregorio Mendel definió las reglas básicas de la herencia, y señaló que los rasgos son determinados por unidades discretas y transmitidas de una generación a la siguiente (Pearson, 2006).

En 1909 Johannsen acuña el término gen para designar el “algo” que se encuentra en los gametos y participa en la determinación de las propiedades específicas en un organismo en desarrollo. Poco tiempo después alrededor de 1910, Thomas Morgan aseveró que los genes estaban presentes de manera física acomodados de manera lineal en los cromosomas como una cuenta de collar y que éstos eran responsables de distintos caracteres. Para los primeros genetistas un gen era una entidad abstracta cuya existencia estaba reflejada en la forma de fenotipos que se transmitían entre generaciones (Gerstein et al., 2007).

Para 1941, Beadle y Tatum en sus reportes de investigación señalaban que los genes eran los encargados de controlar y regular las reacciones químicas en la célula actuando de manera directa o indirecta y proponen la hipótesis de un gen-

una enzima. Desde esta perspectiva el gen es considerado de manera implícita como la información detrás de las moléculas individuales en una ruta bioquímica (Gerstein et al., 2007).

A partir de 1944 gracias a las aportaciones de Avery y su grupo de trabajo sobre el descubrimiento de la naturaleza del material genético, se demostró que los genes estaban compuestos por ADN. Estos hallazgos fueron confirmados años más tarde por Hershey y Chase quienes demostraron que la molécula de ADN es el único componente del virus bacteriano que entra en la bacteria hospedera, y por lo tanto es el único portador de la información genética y no las proteínas como se creía anteriormente. En 1953 Watson y Crick proponen la estructura tridimensional de la molécula de ADN, que explica cómo podría funcionar como la molécula de la herencia. Estas investigaciones dieron lugar al comenzando un cambio de paradigma y un nuevo punto de partida, despertando el interés de varios investigadores con respecto al mecanismo de expresión y función de los genes (Portin, 2002).

A mediados de la década de los cincuentas, Benzer utiliza el término cistrón como sinónimo de gen y lo define como una región de ADN definida por mutaciones que en trans no podrían genéticamente complementarse entre sí (Gerstein et al., 2007; Portin, 2002).

En 1958, Francis Crick propone el flujo de información en la expresión génica “dogma central”, mismo que explicó en su momento de la siguiente manera: Consiste en el flujo de información de un segmento de ADN (gen) que puede duplicarse a sí mismo y a su vez servir como plantilla para la transcripción de la molécula de ácido ribonucleico (ARN) y luego ser traducido a una proteína donde una vez que llega a este punto no puede volver a salir la información. Sin embargo, en la actualidad se sabe que algunos genes codifican para diferentes tipos de ARN y nunca son traducidos en proteína, además, en algunos virus los genes están hechos de ARN y no de ADN. Esta visión en términos generales describe al gen como un código que se encuentra en el ácido nucleico que da lugar a un producto funcional (Gerstein et al., 2007).

En la siguiente década los genes eran identificados con los ORFs (de sus siglas en inglés, Open Reading frames) anotados en el genoma. Donde el OFR es un segmento continuo de ADN delimitado por un codón de inicio y parada y precedido por un promotor (Brigandt, 2009).

En los años siguientes, con los avances de la tecnología genética y la Biología molecular se fueron incorporando nuevos términos y se fue enriqueciendo y modificando aún más el concepto de gen, surgen los términos “splicing” (corte y empalme), genes repetidos, genes interrumpidos, la superposición de genes, genes móviles, promotores complejos, múltiples sitios de poliadenilación, genes poliproteína (Portin, 2002; Gerstein et al., 2007).

Posteriormente cuando en el siglo XXI se termina de secuenciar el genoma humano, el cual posee ~21,000 genes que codifican para un número mayor a este de proteínas con estructuras y funciones específicas, se logró mostrar que el número de proteínas presentes en un organismo no tiene una relación directa con el número de genes presentes en él y que por lo tanto la complejidad de un organismo no es directamente proporcional al número de genes que éste posee, como se creía anteriormente (Gerstein et al., 2007). Además, se encontró que una misma secuencia de ADN puede ser leída de varias maneras dependiendo del momento del desarrollo celular, del ambiente y del tejido, puesto que un mismo segmento físico de ADN puede alojar varias secuencias sobrepuestas, en sentido contrario o en el mismo sentido, y a la vez un par de segmentos del gen pueden estar ubicados en lugares separados de un cromosoma. Estos mecanismos de ubicación y de traslape dan como resultado que un mismo gen puede generar un gran número de proteínas alternativas como respuesta a los distintos mecanismos de control (Heredia, 2012; Portin, 2002).

Como se puede observar, todos estos nuevos descubrimientos han generado que hoy en día sea complicado dar una definición precisa del término gen ya que cada generación de científicos hace aportaciones y encuentra nuevas dificultades, aun cuando pudiera pensarse que con el avance científico y tecnológico que se presenta en la actualidad, sería más sencillo precisar el concepto de gen. No

obstante, en realidad ocurre lo contrario, ya que entre más información se tiene, resulta más complejo definir al gen y sus procesos de expresión y regulación (Boujemaa et al., 2010).

2.3 El gen, una unidad de información

Ante esta problemática, finalmente la siguiente definición fue consensada por un grupo de expertos en el área de Genética para generar un concepto que incluya todos los enfoques de investigación actuales, definiendo al gen como *“Una región localizable de una secuencia genómica, correspondiente a una unidad de herencia, la cual está asociada con regiones regulatorias, regiones de transcripción y/ u otras secuencias regiones funcionales”* (Pearson, 2006, p.401).

Es importante señalar que ésta última definición de gen no ha logrado reemplazar por completo las definiciones anteriores (Boujemaa et al., 2010). Sin embargo, partiendo de esta última definición, se entiende que los genes son unidades de los ácidos nucleicos con información, la cual es la propiedad que permite la construcción, operación y regulación de los seres vivos, permitiendo también su permanencia a lo largo de la evolución; e información que se transmite de generación en generación, y que está contenida y es regulada por los genes.

Es claro que la (s) definición (es) actuales de gen, sólo tienen sentido para cierto sector de la población, como los científicos o expertos en el área, pero para resto de la población incluidos los jóvenes que cursan el nivel Bachillerato, estos enunciados dicen poco o nada, y si estos contenidos se abordan de manera tradicional en el aula, priorizando la memorización, exponiendo estos temas como hechos factuales de una manera desordenada, difícilmente los alumnos comprenderán conceptos científicos, ya que aunque los estudiantes sean capaces de memorizar o reproducir algún término no significa que lo comprendan (Rundgren et al., 2012).

2.4 ¿Cómo se han abordado los temas de Genética en el aula?

En la búsqueda de estrategias que puedan contribuir a la enseñanza de términos y procesos relacionados con esta temática, algunos investigadores han propuesto diferentes alternativas, entre ellas, una propuesta didáctica fundamentada en los principios del constructivismo enfocado a que el alumno adquiriera un mejor conocimiento sobre la estructura del material genético y de los procesos de transmisión de la información hereditaria (Iñiguez-Porras & Puigcerver-Oliván, 2013).

Entre las diferentes estrategias reportadas, se ha recurrido al uso de analogías para ilustrar aspectos de Genética, siendo una herramienta eficaz que puede ser usada en el aula para llevar conceptos y procesos abstractos a los alumnos, partiendo de ideas u objetos bien conocidos (Galagovsky & Adúriz-Bravo, 2001). Por ejemplo, Woody y Himelblau (2013) proponen la analogía de una orquesta sinfónica para la enseñanza de dominancia Genética, y por su parte Biermann (1988) diseñó también una analogía que compara la construcción de una casa con el tema de síntesis de proteínas. Si bien algunos de estos trabajos han dado resultados favorables presentando ventajas interesantes sobre una enseñanza tradicional, también es cierto que si no se llevan a la práctica de manera responsable y adecuada se puede caer en conceptos equivocados (Raviolo, Aguilar, Ramírez & López, 2011; Venville & Treagust, 2002).

El uso de experimentos es otro de los recursos que con frecuencia se utilizan para abordar contenidos del área de ciencias, logrando en ocasiones resultados favorables en algunos alumnos. Sin embargo, uno de los inconvenientes con respecto al empleo de los experimentos en el área de Genética es que no todas las escuelas de Nivel Medio Superior están equipadas con aparatos, reactivos e instrumentos que la mayoría de las prácticas descritas en los libros de texto requieren para poder ser llevadas a cabo. No obstante, realizar prácticas de laboratorio o experimentos no significa necesariamente que el alumnado comprenda lo que ocurre a nivel molecular, ya que en ocasiones lejos de ser una herramienta donde los alumnos aprendan y visualicen los aspectos estructurales y

moleculares, en ciertas ocasiones éstas quedan reducidas en una simple demostración por parte de los docentes.

Otras propuestas se basan en actividades que emplean objetos físicos o modelos concretos para representar conceptos y procesos que son llevados a cabo a nivel molecular en el área de Genética, algunos ejemplos de esos modelos son la plastilina, los legos, hebras de algodón, cartas entre otros (Lock, 1997; Templin & Feters, 2002; Venville & Donovan, 2008), pero al igual que con las analogías el uso de estos materiales debe ser utilizado con cautela y se debe aclarar que se trata solo de representaciones.

2.5 ¿Qué sugieren los expertos sobre la enseñanza de conceptos genéticos?

Por otra parte la mayoría de las investigaciones realizadas sobre temas de Genética en adolescentes se han limitado a medir el nivel comprensión que existe en jóvenes que cursan algún grado académico, y son pocos los trabajos que proponen alguna estrategia que contribuya al aprendizaje de Genética (Knippels et al, 2005). Sin embargo, algunos trabajos de investigación hacen ciertas recomendaciones que según ellos favorecen el aprendizaje de estas temáticas, tales como:

- Implementar actividades visuales (Topçu & Sahin-Pekmez, 2009).
- Emplear estrategias donde se promuevan procesos activos de manera que los estudiantes aprendan mediante la participación (Rotbain et al., 2005; Iñiguez-Porras & Puigcerver-Oliván, 2013).
- Adecuar los temas de modo que exista coherencia en el nivel de organización (Iñiguez-Porras & Puigcerver-Oliván, 2013; Knippels et al., 2005).
- Promover el vínculo entre conceptos (Venville & Treagust, 2002).
- Hacer más énfasis en las funciones de proteínas y su rol mediático en los efectos genéticos (Duncan & Reiser, 2007).
- Planear y ejecutar adecuadamente analogías y modelos (Venville & Treagust, 2002).

- Potencializar la utilización de modelos tridimensionales (Iñiguez-Porras & Puigcerver-Oliván, 2013).
- Emplear modelos concretos que puedan ser manipulados por los alumnos (Templin & Fetters, 2002; Venville & Donovan, 2008).
- Simplificar y eliminar mecanismos que detallan procesos complejos, enfocándose más a la comprensión de conceptos básicos (Martínez-Gracia et al., 2006).
- Diseñar y emplear juegos y dramatizaciones (Sanmartí, 2009).

Las estrategias didácticas basadas en actividades lúdicas empleando modelos análogos concretos cumplen con la mayor parte de las recomendaciones emitidas por los expertos, ya que pueden facilitar la visualización, manipulación, participación activa y motivación para que los estudiantes logren comprender algunos aspectos abstractos de Genética, como el concepto de gen.

Capítulo 3. Las actividades lúdicas

3.1 Los juegos, una estrategia pedagógica

La pedagogía contemporánea ha considerado al juego como una estrategia eficaz y novedosa que puede ser utilizada en el aula con estudiantes de cualquier edad, considerándose como un recurso formal en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Damián-Díaz, 2014; Minerva, 2002). Los juegos son un medio natural de aprendizaje, donde se desarrollan los comportamientos infantiles más interesantes y genuinos; con los juegos se comienza a conocer el mundo y se generan los primeros aprendizajes. Además, se ha comprobado que el juego tiene una función importante en el desarrollo intelectual, en el crecimiento físico y social de los individuos (Moyles, 1999; Vivas & Guevara de Sequeda, 2003).

El juego facilita el desarrollo motriz e intelectual de los individuos, mejorando su capacidad de concentración, percepción y memoria; debido a estos atributos los juegos constituyen un pilar básico en el campo de la educación. (Garaigordobil, 1995). Es importante señalar que el juego como herramienta pedagógica puede

facilitar el aprendizaje, siempre y cuando se planifiquen actividades con reglas que permitan el aprendizaje y la convivencia entre los participantes (Minerva, 2002). En este sentido Chacon (2007) y Minerva (2002), mencionan que las actividades lúdicas en psicopedagogía deben poseer: Una clara intención didáctica, un propósito claro, reglas, limitaciones, condiciones, un número determinado de participantes, diversión y trabajo en equipo.

Según Cunha (2012), los juegos didácticos tienen un enfoque constructivista debido a tres aspectos:

Los juegos buscan el desarrollo de actividades centradas en el alumno, con el propósito de que pueda aprender por medio de sus acciones, ya que el constructivismo tiene como uno de sus principios, el valorar las acciones del sujeto que aprende, siendo este hecho algunas veces más importante que el conocimiento que debe ser aprendido. En este sentido se busca que el estudiante pueda llegar a ser autónomo en la construcción de su aprendizaje.

Otro aspecto que relaciona el juego con el constructivismo es el error. Si un estudiante se equivoca durante la actividad lúdica, el docente puede discutir o cuestionar la situación sin que existan consecuencias drásticas ya que los juegos son una actividad placentera. El error dentro del proceso de aprendizaje se debe entender como una oportunidad para construir conocimientos.

Un tercer aspecto que coloca a los juegos didácticos en el enfoque constructivista es la parte activa y social. Éste aspecto es uno de los más importantes dentro del paradigma del constructivismo. Ésta relación entre juego y actividad social han sido descrita por teóricos como Vigotsky y Elkonin.

3.2 Los juegos como actividad social

Para Vigotsky el juego es una actividad dinámica que está presente de manera natural a lo largo de la vida en todas las edades y que no sólo sirve como actividad placentera; afirma que el juego es una forma de establecer escenarios hacia la Zona

de Desarrollo Próximo (ZDP) y una actividad formadora, debido a dos aspectos (citado en Shuare & Montealegre, 1997; Citado en Damián-Díaz, 2014):

- El juego somete al individuo a reglas a partir de las situaciones imaginarias.
- El juego determina el desarrollo del individuo.

Vigotsky también señala que el origen de toda actividad lúdica al igual que la imaginación y cualquier otra función radica en la acción; afirma que las situaciones imaginarias son el camino al desarrollo del pensamiento abstracto (citado en Shuare & Montealegre, 1997).

Por su parte Elkonin sustenta que el juego es de origen social y que proviene de las condiciones de vida del individuo dentro de la sociedad (citado en Espejo, 2008). Autores contemporáneos afirman que los juegos didácticos deben ser realizados en equipo, con el propósito de enfatizar y promover actividades grupales que favorezcan el aprendizaje y la convivencia social (Garagordobil, 1995; Espejo, 2008; Vivas & Guevara de Sequeda, 2003). Por lo tanto, los juegos cooperativos cumplen con esta característica social, en la que los participantes trabajan en conjunto para lograr un fin común. Este tipo de juegos promueve la comunicación, la confianza y la cooperación, creando puentes de comunicación efectivos que permiten a los alumnos verbalizar ideas, aprender a aceptar otro punto de vista y a obtener resultados positivos (Garaigordobil, 1995).

3.3 Los juegos en la enseñanza de las ciencias

Debido a la naturaleza de las actividades lúdicas y a los atributos que poseen en relación al aprendizaje, la pedagogía ha utilizado los juegos didácticos como estrategias funcionales en el ejercicio de la práctica docente en distintos niveles educativos (Minerva, 2002; Moyles, 1999), donde se ha reportado que contribuyen a la inducción de procesos metacognitivos favoreciendo habilidades y destrezas en los alumnos (Kim, Park & Youngkyun, 2008), así como a la creación de un ambiente favorable que permite a los estudiantes expresarse con mayor libertad, propiciando a su vez una mejor comunicación entre pares (Varela, 2010).

Los juegos tienen un papel importante en la enseñanza de las ciencias, ya que éstos son un buen pretexto para involucrar a los jóvenes en temas complejos, siendo una estrategia didáctica que modela conceptos abstractos en objetos tangibles (Aubusson, Fogwill, Barr, & Perkovic, 1997). Particularmente, el empleo de actividades lúdicas en la enseñanza de las ciencias ha tenido resultados favorables en la adquisición de conocimientos, fortaleciendo las relaciones humanas y proporcionando ambientes agradables libres de tensión en el salón de clases (Madrado & Wood, 1980).

Cunha (2012), argumenta que los juegos deberían ser utilizados en la educación científica como recurso didáctico, ya que según él, existen aspectos sobresalientes relacionados con la enseñanza, como:

- La construcción de conceptos a través de la experiencia
- La motivación de los estudiantes mejora su desempeño en la disciplina
- La adquisición de habilidades en la formulación de preguntas y en la búsqueda de información.
- La creación de ambientes sociales que promuevan debates.
- Las representaciones de conceptos y situaciones por medio de modelos o esquemas.

No obstante, existen pocos trabajos reportados en la literatura que incorporen dentro de su estrategia de enseñanza de Genética a actividades lúdicas, aunque existen algunos reportes que resaltan la importancia del empleo de actividades lúdicas en el área de la Biología, por ejemplo:

- En 2014, Gutierrez encontró que un grupo de estudiantes que fueron expuestos a temas de Biología mediante estrategias lúdicas (juegos de cartas), lograron mayor efectividad que aquellos que tomaron el mismo tema de una manera tradicional.
- Por su parte Camero y Ochoa de Toledo (2006), también encontraron resultados positivos, al aplicar un juego de simulación denominado “sintetiza

la proteína”, donde se evidenció la comprensión del conocimiento de temas de Biología en los alumnos participantes.

- Templin y Fetters (2002) argumentan la importancia del empleo de modelos concretos en el aula para la enseñanza de conceptos abstractos; ellos proponen el uso del lego para representar la síntesis de proteínas. En su trabajo resaltan la importancia de la estructura tridimensional y recomiendan el empleo de estrategias lúdicas y material didáctico para hacer que los aprendizajes abstractos de ciencias sean más atractivos y significativos para los estudiantes.
- Clements y Jackson, (1998), en su trabajo titulado “Síntesis de proteínas- Un juego interactivo”, concluyeron que los estudiantes además de disfrutar la actividad son capaces de comprender los procesos involucrados en la temática, y argumentan que los juegos ayudan a que los estudiantes vean las ciencias de una manera divertida.
- Pigage (1991) propone enseñar el tema de síntesis de proteínas a través del juego de simulación; él concluye que dicha actividad ayuda a los estudiantes a percibir de una manera tangible y más general el proceso de síntesis de proteínas.

Los trabajos descritos anteriormente recomiendan a los profesores de ciencias implementar actividades lúdicas, así como utilizar materiales didácticos que atraigan la atención de los alumnos, ya que según ellos, son herramientas que favorecen la comprensión de temas complejos. Sin embargo, son pocos los trabajos enfocados a la enseñanza de la Genética que contemplan aspectos tangibles. En la literatura encontramos que los juegos más recurrentes que se utilizan en la enseñanza de temas abstractos, son las actividades que emplean materiales didácticos (juegos con objetos), entre los que destacan el juego de cartas. A este tipo de juegos con objetos también se les conoce con el nombre de modelos.

3.4 Las actividades lúdicas con objetos concretos

Chamizo (2010), define a los modelos como: “*representaciones, basadas generalmente en analogías, que se construyen contextualizando cierta porción del mundo, con un objetivo específico*” (p. 27). Gilbert (2004) por su parte, clasifica y define cinco modelos desde una mirada didáctica a la que nombra modelos de la enseñanza, los cuales son: modelo verbal, modelo simbólico, modelo visual, modelos gestuales y modelo concreto. Se hará énfasis en el modelo concreto por ser el que más conviene a los propósitos del presente trabajo.

Los modelos concretos por lo general son elaborados con material resistente, utilizados en tres dimensiones; son herramientas que sirven para expresar de manera objetiva y visual teorías científicas, fenómenos, procesos y conceptos que presentan cierto grado de dificultad para el alumno, creando un vínculo entre los conocimientos previos de los estudiantes con los nuevos saberes. Estos modelos pueden ser empleados para abordar temas complejos en el salón de clase, pero también es importante considerar algunos aspectos relacionados con los alumnos como son sus edades, sus conocimientos previos y el estilo de aprendizaje que poseen (Galagovsky & Adúriz-Bravo, 2001; Gilbert, 2004).

Los modelos concretos (modelos moleculares tridimensionales, representaciones de átomos, entre otras) son estrategias didácticas que por lo general solían emplearse sólo para la enseñanza de la Química, debido al gran contenido de conceptos y estructuras moleculares que presentan. A partir del descubrimiento de la estructura del ADN los avances de la Genética han influido en la manera de enseñar estos temas, buscando nuevas y mejores estrategias que permitan a los estudiantes aprender estos temas, por lo que el campo de la enseñanza de las ciencias se ha visto en la necesidad de utilizar todo tipo de herramientas para poder explicar procesos y conceptos complejos que ocurren a nivel submicroscópico, entre ellas los modelos concretos (Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2004).

En particular, se ha documentado que cuando los alumnos manipulan objetos concretos (cartas, legos, entre otros) pueden entender mejor los procesos que ocurren a nivel molecular (Lock, 1997). Dichos modelos pueden ser representados

por objetos de tres dimensiones con el propósito de simplificar o exagerar aspectos específicos. A estos modelos también se les conoce como representaciones concretas, modelos físicos, o análogos concretos (Galagovsky & Adúriz-Bravo, 2001; Gilbert, 2004). Cabe destacar que los modelos no son una copia de la realidad, sino que son herramientas que tienen como finalidad que los individuos abstraigan los contenidos de las representaciones, por lo que es importante que los modelos análogos concretos sean acompañados de estrategias eficaces que puedan promover en los alumnos una verdadera comprensión (Raviolo, 2009).

3.5 Modelos concretos y estilos de aprendizaje

Los estilos de aprendizaje son la manera en que los individuos perciben, interaccionan y responden ante los ambientes de aprendizajes. Una de las clasificaciones de los estilos de aprendizaje más conocidos reconoce tres maneras de que el individuo aprende como: el auditivo, el kinestésico y el visual (Pourhossein, 2011). Desde esta visión los individuos generalmente tienden a desarrollar mejor un canal de aprendizaje.

Los sujetos que tienen el canal de aprendizaje visual más desarrollado, por lo general recuerdan mejor cuando trabajan con imágenes, diagramas, dibujos, líneas de tiempo, demostraciones, películas entre otros; mientras que los individuos que desarrollaron mejor su canal auditivo por lo general recuerdan más lo que escuchan que lo ven, prefiriendo enseñanzas verbales. Este tipo de alumnos es favorecido con las clases tradicionales, en las cuales se prioriza el discurso del docente donde el alumnado sólo es un receptor pasivo (Tanner & Allen, 2004).

Los alumnos con características más kinestésicas aprenden mejor cuando manipulan objetos físicos, éstos aprenden básicamente por participación directa en las actividades concretas. Generalmente los individuos kinestésicos son un grupo excluido por los docentes ya que pocas veces se piensa en ellos al preparar y ejecutar una clase (Silberman, 2006; Tanner & Allen, 2004).

Desde el punto de vista de las teorías de estilos de aprendizaje, las representaciones concretas (modelos análogos) utilizadas para abordar temas abstractos puede favorecer el aprendizaje en aquellos alumnos que son kinestésicos y visuales (Tanner & Allen, 2004; Silberman, 2006), ya que los juegos con objetos pueden contribuir al aprendizaje de conceptos abstractos que se hacen visibles por medio de éstos y pueden favorecer en cierta medida a aquellos alumnos con características tanto kinestésicas como visuales. Por lo que su inclusión en el desarrollo de estrategias didácticas debería de ser un aspecto importante a considerar por parte de los docentes cuando realizan sus planeaciones didácticas.

Por otra parte, la mayoría de los trabajos relacionados a la enseñanza de Genética están enfocados a la síntesis de proteínas y a la herencia mendeliana, dejando de lado al concepto de gen, el cual es fundamental dentro del área de la Genética.

En este sentido surge la necesidad de diseñar estrategias que puedan favorecer la comprensión del concepto de gen, tomando en cuenta a aquellos alumnos con canales de aprendizaje distinto a los auditivos, como los visuales y los kinestésicos.

Capítulo IV. Metodología

4.1 Población

La estrategia se aplicó en el Centro Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 149 (C.B.T.i.s. 149) de la Ciudad de Morelia, Michoacán. El grupo en el que se aplicó la intervención pertenece al turno vespertino del área Químico-Biológica de la carrera de laboratorista clínico. El grupo está integrado por 30 alumnos, de los cuales 16 son del sexo femenino y 14 del sexo masculino, sus edades oscilan entre los 15 y 17 años, siendo la edad más frecuente la de 16 años.

La intervención se realizó con el consentimiento de los jóvenes participantes, ya que previo a la aplicación de la estrategia se les proporcionó un escrito que

informaba y pedía la autorización de cada participante (Anexo 8). La estrategia se aplicó como parte de la unidad número III del tercer semestre en el tema de Variación y Genética. El grupo se dividió de manera aleatoria de acuerdo al criterio de números pares e impares; a los alumnos con número par se les asignó como grupo experimental (A) y a los de número impar como grupo control o testigo (B). Ambos grupos recibieron el mismo número de horas y los mismos contenidos temáticos, siendo el tratamiento didáctico la única variable experimental. El mismo contenido se expuso de manera tradicional en el grupo control, mientras que con el grupo experimental se empleó una estrategia lúdica con empleo de modelos análogos concretos.

El tipo de investigación corresponde a un enfoque cuantitativo-deductivo, con un diseño de preprueba y postrueba con un grupo control (Sampieri, Fernández-Collado & Lucio, 2006), aplicándose la misma preprueba y posprueba para ambos grupos. Los resultados del instrumento de medición obtenidos se compararon mediante un análisis de varianza (ANOVA), por medio del programa estadístico (SAS, 2015).

4.2 Material

- Se adecuó el código genético con los colores correspondientes a las letras de los nucleótidos, colocando en éste el nombre completo del aminoácido, las iniciales y la letra que lo representan (Anexo 1).
- Se diseñaron 200 letras correspondientes a las bases nitrogenadas, mismas que representan a los nucleótidos de los ácidos nucleicos: A (Adenina), T (Timina), C (Citosina), G (Guanina) y U (Uracilo); las letras fueron hechas de madera de aproximadamente 11 cm de altura por 9 cm de base y 2 cm de ancho en los siguientes colores: A: Amarillo, T: Rojo, U: Rojo, C: Azul, G: Verde.
- Se diseñaron 8 carriles de madera de 1.60 m de largo y 3.5 cm de ancho, los cuales tienen como propósito contener las letras que representan a los nucleótidos (A, T, C y G). (Anexo 2).

- Se elaboraron cuatro tantos de letras en madera utilizando un tono de color distinto para cada una de las veinte letras que representan a los aminoácidos de manera que éstas puedan ser manipuladas y ensambladas (Anexo 3).

En la elaboración del material lúdico se buscó que fuera atractivo, colocando de manera intencionada diferentes tonos de colores en las distintas letras, además las letras que simulan los aminoácidos se diseñaron de modo que se asemejen a una estructura tridimensional, todo el material fue elaborado en madera por su resistencia y con el propósito de ser reutilizado en futuras ocasiones.

4.3 Diseño metodológico

4.3.1 Secuencia didáctica aplicada al grupo experimental (A)

Con el grupo experimental (A), la secuencia didáctica se realizó en tres etapas: Apertura, desarrollo y cierre (Anexo 4). Dentro de la secuencia didáctica, se diseñó una rúbrica y una lista de cotejo, las cuales se presentan solo como propuestas de evaluación ya que no fueron empleadas en el presente trabajo de investigación. (Anexos 5 y 6). Al inicio y al final de la secuencia se aplicó el mismo instrumento de evaluación; preprueba y posprueba.

Etapa 1: Apertura

Actividad 1: Preguntas generadoras.

Se plantearon las siguientes preguntas generadoras: ¿Por qué en algunas personas el cabello es lacio y en otras es rizado? ¿Tienen todas las células de tu cuerpo la misma información genética? ¿Guardan los genes mensajes en forma de códigos? ¿Qué es una mutación? ¿Qué son las proteínas y cuál es su función? ¿Qué sabes sobre los genes? ¿Qué es la anemia falciforme? ¿Qué es el código genético?

Actividad 2: Lluvia de ideas sobre ácidos nucleicos.

Se indagó sobre conocimientos previos mediante lluvia de ideas acerca de las estructuras, funciones, ubicación y relación de los ácidos nucleicos; ADN y ARN.

Actividad 3: Revisión general de los aspectos fundamentales de los ácidos nucleicos.

Se designó una sesión de dos horas para abordar esta temática de manera de general, ya que en los conocimientos previos de los alumnos se encontró que no contaban con los conocimientos básicos indispensables para comprender el concepto de gen y sus procesos. En dicha sección se abordaron los temas referentes a la molécula de ADN como estructura química y ubicación; del mismo modo se abordó la molécula de ARN y se explicaron de manera expositiva sus diferencias.

Etapa 2: Desarrollo

Actividad 1: Información Genética.

Se establecieron cuatro equipos cada uno con cuatro integrantes. A cada equipo se le proporcionó el material correspondiente: Un carril de madera y 20 letras que simulan los nucleótidos, representados por las bases nitrogenadas de ADN: cinco de cada una (A, T, C y G). En esta actividad se les pidió que formaran un mensaje genético utilizando 18 de las 20 letras ordenándolas a su gusto en forma de tripletes y colocándolas en el carril de madera.

Cuando todos los equipos construyeron su mensaje genético, se compararon entre el grupo y ningún equipo tenía el mismo mensaje. En este momento se estableció una analogía, entre los tripletes y el anagrama de la palabra AMOR; resaltando el número de combinaciones que es posible realizar con estas cuatro letras. Se hizo énfasis en el acomodo de las letras (A, T, C, G) en el carril, ya que aunque todos tenían el mismo número de letras, todos las acomodaron de manera diferente, y por lo tanto armaron mensajes distintos. Con dicha analogía se pretendía que comprendieran cómo el orden de acomodo de los nucleótidos puede generar múltiples combinaciones con mensajes distintos al igual que con la palabra del anagrama.

Actividad 2: Transcripción del gen.

Se les proporcionó nuevamente a todos los equipos, otro carril y otro tanto de letras que simulan los ribonucleótidos de las bases nitrogenadas de la molécula de ARN: A, U, C, y G. Enseguida se les indicó que transcribieran el mensaje de ADN formado en la actividad anterior. Una vez que todos los alumnos transcribieron el mensaje de ADN a ARN, se abordó de manera general el proceso de transcripción.

Actividad 3: Traducción y código genético

A cada equipo se le proporcionó una hoja con el código genético, y se les solicitó, que tradujeran el mensaje que habrían formado y transcrito previamente en las actividades 1 y 2. Para esta actividad se les proporcionó un código genético por equipo y letras de ensamble que simulan aminoácidos. Con esta actividad se pretendía que los estudiantes por si solos logaran inferir y utilizar el código genético.

Una vez que los equipos lograron ensamblar su proteína representada por seis aminoácidos se dieron cuenta que ninguno de ellos tenía la misma estructura, y en algunos casos ni los mismos aminoácidos (letras de ensamble). A cada equipo, según terminaba de ensamblar su proteína simulada de seis aminoácidos, se les cuestionaba lo siguiente: ¿Qué pasaría si se cambia de lugar un nucleótido? ¿Cómo puedo hacer para obtener cierto aminoácido en la cadena peptídica? ¿Si hago cambios en los nucleótidos del mensaje genético puedo obtener la misma proteína? Todas estas preguntas fueron hechas con base a la estructura de la proteína sintetizada.

Actividad 4: Relación Mutación - Ambiente.

Se vinculó una característica física de un individuo, “anemia falciforme” y se relacionó con una secuencia genética. Por medio del ejemplo de la anemia falciforme y con apoyo del material lúdico (letras que simulan nucleótidos y letras de ensamble que simulan aminoácidos), se explicó cómo ocurre una mutación genética y la relación que tiene el ambiente con ésta.

Etapas 3: Cierre

Actividad 1. Integración de los contenidos mediante la actividad lúdica “descifra el mensaje”

Para esta actividad, se planteó una misma secuencia genética para todos los equipos con el propósito de que transcribieran y tradujeran el mensaje genético en una secuencia de aminoácidos. La secuencia genética propuesta fue la siguiente: CCA-TCT-CGA-ACA-TAA-CGA-TCA, la cual codifica para un péptido que simula la proteína que tiene el mensaje de GRACIAS.

Posteriormente, se colocaron al frente del grupo dos contenedores que contenían las letras correspondientes a los nucleótidos y las que representaban a los aminoácidos respectivamente. Cada equipo asignó a un integrante para tomar las letras de los contenedores, el cual sólo podía tomar una letra conforme se transcribía la secuencia genética, y de igual manera cada equipo sólo podía tomar un aminoácido al momento de traducir la proteína. Al final los equipos que lograron formar su proteína la mostraron al grupo, explicando cada una de las etapas y el lugar donde tiene lugar cada parte del proceso.

Actividad 2: Producto final.

Como trabajo final, a cada alumno se le pidió un esquema (dibujo) en el que indicará el lugar y cada uno de los procesos que involucran el flujo de información genética, incluyendo una breve explicación de los procesos revisados.

4.3.2 Clase tradicional grupo control (B)

El tratamiento con el grupo control (B) fue una clase tradicional, basada en el discurso del profesor, con apoyo de la pizarra, plumones y un código genético. Se plantearon ejercicios y al igual que al grupo experimental se proporcionó la misma información, se usó el mismo número de horas, y se aplicó el mismo instrumento de evaluación al inicio preprueba y al final posprueba.

4.4 Diseño del instrumento de medición

El instrumento es un test integrado por 14 reactivos (9 son de opción múltiple y 5 son preguntas abiertas), el cual está dividido en cinco partes (Anexo 7):

- 1) La primera parte fue diseñada para indagar sobre los conocimientos básicos de los ácidos nucleicos; éstas incluyen los reactivos 1, 2, 3 y 4; todas las preguntas de este apartado son de opción múltiple, con cuatro opciones cada una.
- 2) La segunda parte se diseñó para evaluar los conocimientos sobre la naturaleza de la información genética en células somáticas y sexuales (Reactivos: 6, 7, 8 y 9). Las cuatro preguntas son de opción múltiple con tres opciones de respuesta; las preguntas indagan sobre los mismos conocimientos, sólo que están planteadas con diferentes oraciones, con el propósito de eliminar el factor azar.
- 3) La tercera parte del instrumento examina los conocimientos de los alumnos referentes de la naturaleza y función de las proteínas; incluye los reactivos 5 y 14. Esta sección establece dos preguntas que básicamente se refieren a lo mismo, pero se diferencian en que una está planteada de manera abierta y la otra ofrece opciones. Esto con la finalidad de eliminar el factor azar, ya que si la respuesta es correcta en la pregunta de opción múltiple pero no contesta o lo hace mal en la pregunta abierta, habrá sido azar.
- 4) La cuarta es una pregunta abierta que explora los conocimientos procedimentales que subyacen la comprensión del concepto de gen, mediante el planteamiento de una situación problemática (Pregunta 10). Esta pregunta se considera clave para determinar la comprensión del concepto de gen debido al planteamiento de la misma, ya que el alumno debe proponer, explicar, resolver, interpretar y argumentar diferentes aspectos relacionados al flujo de información genética. Consideramos que es una pregunta flexible que desafía a los alumnos y los lleva reflexionar sobre su propio conocimiento.
- 5) La quinta parte de cuestionario indaga sobre la naturaleza, ubicación, función y definición del concepto de gen. Los reactivos correspondientes a esta parte son el 11, 12 y 13; los tres corresponden a preguntas abiertas. La respuesta

se tomó como correcta si: se reconocía su constitución estructural de ADN de los genes; si los genes se les relacionaban con la transmisión o almacenamiento de información, si se les asociaba a la herencia de caracteres o rasgos; y desde luego si los genes se asociaba a proteínas.

Antes de aplicar el instrumento de evaluación, este fue validado por expertos en el área de Genética, donde se revisaron, modificaron y eliminaron algunos reactivos. En una segunda validación se realizó una prueba piloto con un grupo de jóvenes con características semejantes a la muestra objetivo, con la intención de evaluar el lenguaje y redacción del instrumento. Algunas de las preguntas utilizadas en este cuestionario fueron tomadas de los trabajos de Duncan y Reiser (2007), Lewis et al., (2000) y Rotbain et al., (2005) con fines comparativos.

Capítulo V. Resultados

En el presente trabajo se diseñó y aplicó una estrategia didáctica basada en actividades lúdicas con apoyo de material didáctico con la finalidad de facilitar la comprensión del concepto de gen- como un ejemplo de los conceptos complejos usados en la ciencia- y de los principales mecanismos involucrados en la expresión génica, tales como: transcripción, traducción, proteína, código genético y mutación en los estudiantes de Nivel Bachillerato.

Los resultados correspondientes a la preprueba aplicada a 30 alumnos en total, se analizaron inicialmente para el grupo control y para el grupo experimental, al comparar la calificación obtenida por cada grupo. La calificación se calculó en la escala de 1 a 10, considerando aprobados los que obtuvieron valores iguales o por encima de 6.

Al analizar las calificaciones de los alumnos de cada grupo (control y experimental), se encontró que sólo un estudiante alcanzó un nivel aprobatorio en la escala de 1 a 10 obteniendo una calificación de 7.1. El mayor número de alumnos (9) lograron una calificación de 3.5, tal como se puede apreciar en la tabla 1,

mientras que 11 alumnos en ambos grupos obtuvieron una calificación menor a 3.5 (Tabla. 1).

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba inicial (Tabla. 1), aun cuando el grupo control presentó un rango menor de calificaciones (0.7-5.7) comparado con el grupo experimental (2.1-7.1), el análisis estadístico de varianza (ANOVA) demuestra que no existen diferencias significativas en la calificación entre ambos grupos (3.1 ± 1.41 DS y 3.8 ± 1.32 DS para el grupo experimental y control, respectivamente), lo cual indica que no existen diferencias significativas con respecto al nivel de conocimientos del tema de gen entre ambos grupos antes de la intervención didáctica.

Tabla. 1. Calificaciones obtenidas de los grupos control y experimental en la preprueba

Número de alumnos	GRUPO CONTROL								GRUPO EXPERIMENTAL							
		1	1	3	3	2	2	2	1	1	2	2	6	3	1	
Calificación	5.7	5.0	4.2	3.5	2.8	2.1	1.4	0.7	7.1	5.7	4.2	3.5	2.8	2.1		
	PROMEDIO 3.1				$(\pm 1.41$ DS)		$(\pm 0.35$ ES)		PROMEDIO 3.8						$(\pm 1.32$ DS) $(\pm 0.31$ ES)	

Z=-1.55 P=0.1203

Después de la intervención con los grupos control y experimental se obtuvieron los siguientes resultados correspondientes a la posprueba (tabla 2), los cuales muestran que en el grupo experimental, 14 (93.3%) alumnos acreditaron la prueba, de los cuales dos lograron una calificación perfecta, contestando el 100% de los reactivos. En el grupo control solamente cinco (33.3%) alumnos alcanzaron una calificación aprobatoria, siendo 8.5 la máxima calificación conseguida por dos alumnos. Estos resultados muestran que los alumnos del grupo experimental lograron mejores resultados que los del grupo control. En la tabla 2, se puede

observar que 14 de los 15 alumnos del grupo experimental fueron capaces de aprobar el instrumento de evaluación, mientras que solamente 5 alumnos del grupo control consiguieron una calificación aprobatoria, evidenciado que los alumnos que participaron en una actividad lúdica consiguieron mejores resultados que los alumnos expuestos a una clase tradicional.

Esto se confirma con el análisis de varianza de la calificación obtenida para los alumnos de ambos grupos, cuyos resultados indican que existe diferencia significativa (Tabla 2) en la calificación entre ambos grupos, donde el promedio general del grupo experimental fue de 7.4 (± 1.3 DS), mientras que el promedio del grupo control fue de 5.5 (± 1.7 DS). Lo anterior demuestra que los alumnos que participaron en una secuencia didáctica basada en estrategias lúdicas obtuvieron mejores resultados que aquellos alumnos que tomaron el tema de manera tradicional.

Tabla. 2. Calificaciones obtenidas de los grupos control y experimental en la POSPRUEBA

Número de alumnos	GRUPO CONTROL							GRUPO EXPERIMENTAL					
		2	1	4	3	1	2	2	1	4	4	3	1
Calificación	2.8	3.5	5.0	5.7	6.4	7.1	8.5	5.7	6.4	7.1	7.8	9.2	10
	PROMEDIO 5.5 (± 0.44 ES) (± 1.7 DS)							PROMEDIO 7.4 (± 0.53 ES) (± 1.3 DS)					

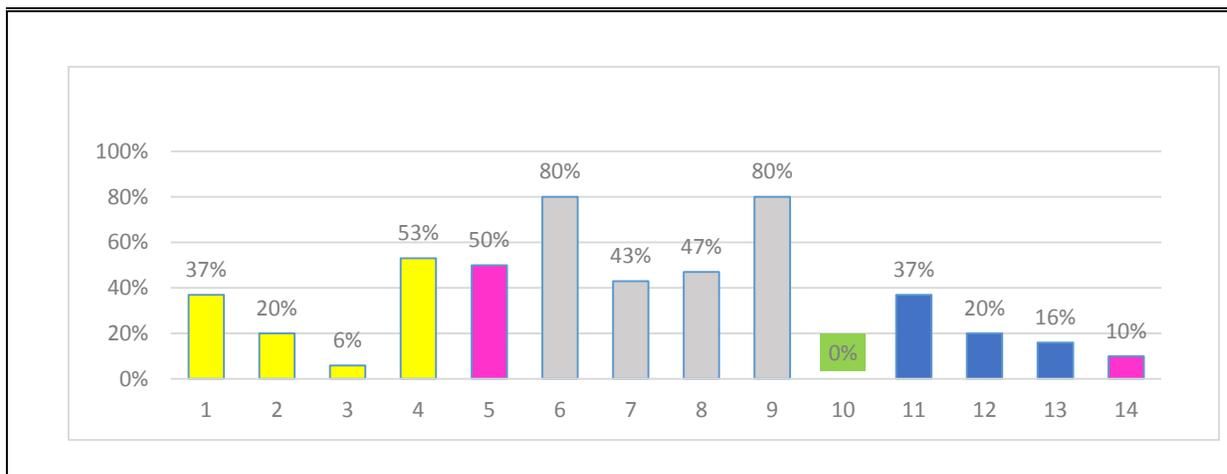
Z=-3.46

P= 0.0005

Con la intención de tener un análisis más detallado sobre el instrumento de evaluación, y dado que los grupos experimental y control pertenecen a un mismo conjunto, los resultados de la preprueba se analizaron como un solo grupo, de acuerdo al porcentaje de aciertos obtenidos del total de la muestra en cada reactivo.

En la figura 1 se muestran los porcentajes de aciertos que tuvieron los treinta estudiantes con respecto a cada reactivo. En dicha figura se puede apreciar como el instrumento de evaluación está dividido en las cinco secciones; representadas cada una por un color diferente. La evaluación detallada del instrumento de evaluación en la preprueba (Figura 2) refleja el bajo nivel de entendimiento que existe con respecto a estas temáticas en los alumnos que participaron en la intervención (grupo control y experimental).

Figura. 2. Resultados de la preprueba de acuerdo al porcentaje de aciertos en cada reactivo del total de la muestra (30 alumnos).



*Amarillo seccion de ADN. * Rosa, seccion de proteínas. *Gris, seccion de material genético, *verde, seccion de comprensión de gen. *Azul seccion del gen.

En la primera sección (amarillo), el 37% de los estudiantes contestó de manera correcta reactivo 1 que cuestiona las similitudes entre las moléculas de ADN y ARN; mientras que el 20% de los estudiantes respondió correctamente al reactivo 2 que cuestiona la relación entre nucleótidos y aminoácidos. Solamente el 6% de los alumnos contestó de manera correcta el reactivo 3, en el cual se solicitó que se transcribiera una secuencia genética (AAT GCG CTT CCA TAG CGC) eligiendo la

cadena complementaria de ARN. Este fue el segundo porcentaje más bajo de todo el instrumento de evaluación. Finalmente, el 53% de los alumnos contestó correctamente el reactivo 4, siendo el más alto de esta primera sección, el cual está relacionado con las bases complementarias de la molécula de ADN.

Los resultados de esta sección muestran que los alumnos no poseen los conocimientos básicos sobre la estructura química de los ácidos nucleicos, no conocen las diferencias entre las moléculas de ADN y ARN, no son capaces de transcribir un mensaje genético, no saben qué es un codón; un nucleótido y desconocen el código genético y su función. En particular, el reactivo 3 del instrumento de evaluación pone en evidencia que los estudiantes no conocen la relación que existe entre el orden de acomodo de los nucleótidos con la expresión de aminoácidos durante el flujo de información genética.

Los resultados de la segunda sección (rosa), muestran que los alumnos no tienen claro cuál es la naturaleza de las proteínas, ni son capaces de reconocer sus funciones. Los alumnos obtuvieron mejores resultados (50%) en la pregunta 5, posiblemente porque se planteó con opciones de respuesta, mientras que la pregunta 14 fue contestada por un menor porcentaje (10%) de alumnos, pudiera ser porque se planteó de manera abierta y la mayoría de los alumnos suelen responder cuando se les ofrecen opciones en este tipo de preguntas, pero cuando se les pide que respondan una pregunta de manera abierta, algunas veces no son capaces de responder.

La tercera sección (gris) integrada por un grupo de preguntas que indagan sobre un mismo tema –naturaleza de la información genética- están planteadas en cuatro oraciones distintas, pero hacen referencia a un mismo conocimiento. Este apartado permite explorar si los alumnos relacionan y comprenden la naturaleza de la información genética en las diferentes células somáticas de un mismo individuo, y muestra si los estudiantes entienden la diferencia en el contenido de información genética que existe entre una célula somática y una célula germinal.

Los resultados muestran altos porcentajes (80%) de efectividad en dos de los reactivos (6 y 9), y en los reactivos 7 y 8 los alumnos obtienen resultados bajos

(43% y 47%). Esta inconsistencia en los resultados, pudieran indicar que los alumnos en realidad no tienen claro cuál es la naturaleza de la información genética y podría ser que los alumnos respondieron de manera azarosa acertando en dichos reactivos.

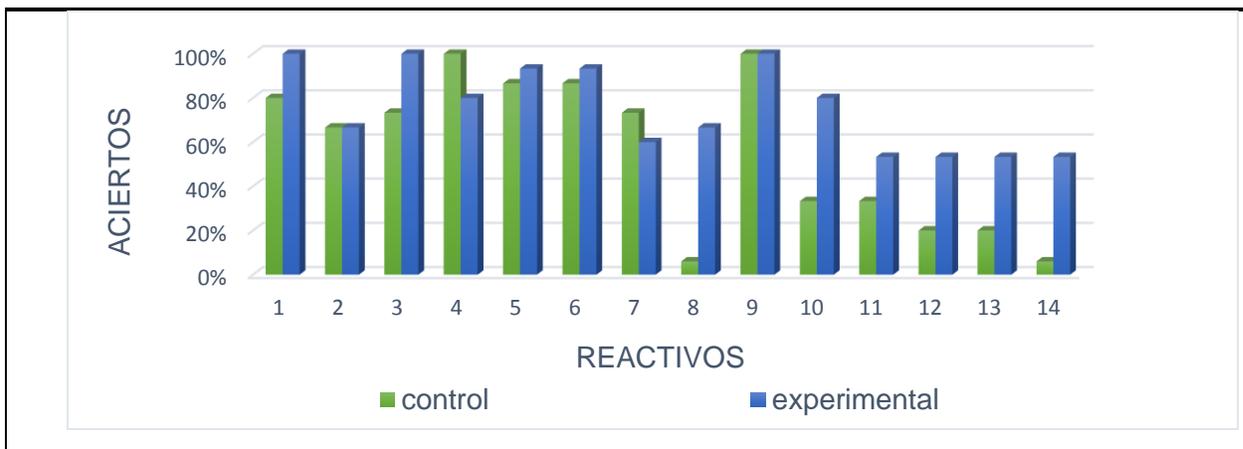
La cuarta sección (verde) aborda la comprensión del gen, mediante el planteamiento de un problema genético (reactivo 10). Esta pregunta es fundamental para determinar si el alumnado comprende el concepto y los procesos del flujo de información contenida en los genes. Ningún alumno contestó este reactivo en la preprueba, lo cual demuestra por un lado que los alumnos no cuentan con los conocimientos que les permitan hacer un adecuado uso del código genético, no conocen los términos transcripción ni traducción y por lo tanto no son capaces de proponer una secuencia genética que pueda codificar para un péptido de seis aminoácidos, y por el otro que los alumnos no son capaces de proponer, explicar e interpretar debido a que no cuentan con los conocimientos básicos que les permita resolver este tipo de situaciones problemáticas.

La quinta sección (color azul) está enfocada a examinar la función y ubicación del concepto de gen. El 37% de los alumnos logro responder cuál es la ubicación de los genes, el 20% fue capaz de definir el concepto de gen en términos de herencia, transmisión, almacenamiento y rasgos físicos, y finalmente 16% de la muestra pudo dar una respuesta relacionada a alguna función de los genes.

De manera general, los resultados indican que los alumnos tienen problemas para ubicar y explicar el concepto de gen. Específicamente, al analizar las respuestas emitidas por los alumnos, encontramos un pobre nivel de entendimiento con respecto a los genes.

Posterior a los tratamientos del grupo control (clase tradicional) y grupo experimental (actividades lúdicas) se compararon los resultados obtenidos por los grupos en cada reactivo con base al porcentaje de aciertos. Los resultados (figura 2) muestran que el grupo experimental obtuvo mejores resultados en la posprueba en la mayoría de los reactivos en comparación con el grupo control, excepto en dos reactivos (4 y 7).

Figura. 2. Comparación (en %) de aciertos obtenidos en cada reactivo por los grupos control y experimental en la posprueba.



*En el reactivo 10 referente a la comprensión del concepto de gen, se puede apreciar la enorme diferencia que existe entre los grupos (control y experimental).

Con la intención de mostrar con mayor detalle las diferencias entre los dos grupos (control y experimental), se realizó un análisis comparativo entre los resultados de la preprueba y la posprueba. Para cada reactivo se obtuvo en forma porcentual la diferencia entre el número de estudiantes que contestaron dicho reactivo de forma correcta en la posprueba y el número de estudiantes que acertaron en la preprueba.

El cálculo de estas diferencias entre la prueba final (posprueba) y la prueba inicial (preprueba) permiten ver el avance que pudo lograr cada grupo de manera general con respecto a cada reactivo (Tabla 3). Las diferencias muestran el avance general logrado por algunos alumnos después de la intervención didáctica, además permite determinar y cuantificar, si existen mejoras en los resultados de los reactivos entre el grupo control y el grupo experimental, ya que entre mayor sea la diferencia porcentual mayor habrá sido el número de alumnos que contestó de manera correcta las preguntas en el cuestionario final.

Tabla. 3. Diferencias porcentuales de la preprueba y posprueba en los grupos control y experimental

SECCIÓN	NÚMERO DE REACTIVO	GRUPO EXPERIMENTAL	GRUPO CONTROL	DESCRIPCIÓN DE LOS REACTIVOS
Ácidos Nucleicos	1	66.6%	40%	¿Cuáles son las similitudes entre las moléculas de ADN y ARN?
	2	53.3%	20%	¿Qué determina el orden de los aminoácidos en una proteína de un organismo?
	3	86.6%	73%	¿Cuál es la secuencia complementaria de ARN de: AAT GCG CTT CCA TAG CGC?
	4	33.3%	40%	¿Cuáles son las bases nitrogenadas complementarias entre sí del ADN?
Proteínas	5	26.6%	53.3%	¿De qué están formadas las proteínas?
	14	33.3%	6.6%	¿Qué son las proteínas y cuál es su función?
Identificación de material genético en diferentes células	6	6%	13.3%	¿Cómo es la información Genética de dos células tomadas del mismo tejido de un individuo?
	7	26%	20%	¿Cómo es la información Genética de dos células tomadas de tejidos diferentes del mismo individuo?
	8	13.3%	-33.3%	¿Cómo es la información Genética de una célula germinal y una célula somática del mismo individuo?
	9	60%	33.3%	¿Cómo es la información Genética de dos células del mismo tejido provenientes de diferentes individuos?
Comprensión	10	80%	33.3%	Proponer secuencia Genética, transcribir mensaje y explicar error en la adición de Timina entre los codones 63 y 64. A partir de: -61Val-62Thr-63Thr-64Phe-65Ser-66Tyr-67Gly-68Val-
Gen	11	6.6%	6.6%	¿De qué están hechos los genes y donde se localizan en tu cuerpo?
	12	33.3%	0%	¿Cómo defines un gen?
	13	26.6%	13.3%	¿Cuál es la función de los genes?

Los resultados de este análisis comparativo (tabla 3) muestran las cinco secciones del instrumento de evaluación, donde se describe el enunciado de cada reactivo y se puede comparar de manera simple cual grupo obtuvo mejores rendimientos al final de la intervención. La tabla 3 muestra tres situaciones en los resultados:

- a) Los alumnos del grupo experimental obtuvieron diferencias mayores en 10 (1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 12, 13 y 14) de los 14 reactivos.
- b) Los alumnos del grupo control obtuvieron diferencias mayores en 3 (4, 5 y 6) de los 14 reactivos.
- c) Solamente en un reactivo (11) los dos grupos mostraron la misma diferencia.

La tabla 3, muestra un análisis que nos permite ver de manera cuantitativa que los grupos control y experimental mejoraron en la mayoría de sus respuestas después de las respectivas estrategias aplicadas a los grupos, sin embargo los alumnos que fueron expuestos a estrategias lúdicas para abordar el tema de gen obtuvieron mejores resultados en la posprueba que los alumnos que tomaron el mismo tema de manera tradicional.

Con respecto a los resultados anteriores (tabla 3), los reactivos 4, 5 y 6, los alumnos del grupo control obtuvieron mejores resultados, es interesante que los tres reactivos fueron planteados con opción múltiple, lo que nos lleva a inferir que posiblemente las respuestas pudieron haber sido contestadas de manera correcta aun cuando se eligieron al azar. Por ejemplo la pregunta número 5 de opción múltiple fue contestada por más alumnos del grupo experimental (93%) que por alumnos del grupo control (86%) (Figura 2), sin embargo, al momento de determinar las diferencias entre cada grupo, la tabla 3 muestra que el grupo control fue superior en la diferencia porcentual y por lo tanto más alumnos del grupo control lograron mejores resultados en ese reactivo.

En el diseño del instrumento de evaluación, con la intención de eliminar el factor azar, se planteó la misma pregunta de manera abierta con diferente enunciado (reactivo 14), en la que se hace evidente la superioridad en las diferencias de los resultados de los alumnos del grupo experimental (33.3%) contra los del grupo control (6.6%). De modo que si analizamos los dos reactivos (5 y 14) y los tomamos como una sola pregunta, encontramos que el grupo experimental contestó en un 46% ambas preguntas de manera correcta, en contraste, el grupo control solamente el 6.6% de los alumnos contestó ambas respuestas de manera correcta. Este análisis muestra que el dato 53.3% obtenido por el grupo control en la pregunta 5, pudo haber sido por que los alumnos contestaron al azar, ya que cuando se les planteaba la misma pregunta de manera abierta, muy pocos fueron capaces de responderla.

El reactivo 4 pertenece a la primera sección del instrumento de evaluación, en esta sección el grupo experimental obtuvo mejores resultados que el grupo control, excepto en el reactivo 4, donde el grupo control tuvo una diferencia porcentual de 40% mientras que el grupo experimental de 33.3%. La pregunta es de opción múltiple y cabe señalar que en la prueba inicial el porcentaje de alumnos que acertó fue relativamente alto (53%), en comparación con el resto de la preprueba fue el tercer resultado más alto. Por otra parte este apartado fue expuesto a los dos grupos de la misma manera, utilizando una forma expositiva para que pudieran apropiarse de los conocimientos necesarios básicos de las moléculas de ADN y ARN, aun así se puede ver que dos de las cuatro preguntas correspondientes a este apartado (1 y 3) fueron contestadas correctamente por todos los integrantes (100%) del grupo experimental a diferencia del grupo control que obtuvo un 80% y un 73% respectivamente de aciertos en estos dos reactivos (Figura 2).

El reactivo 6 también aparece con un mayor porcentaje en el grupo control que el grupo experimental en los resultados expuestos en la tabla 3. Este reactivo pertenece a la tercera sección del instrumento de evaluación y tal como se describió en el diseño del instrumento, está compuesta por 4 preguntas que indagan sobre la

naturaleza de la información genética y aunque están planteadas con diferentes enunciados hacen referencia a la misma pregunta.

Cuando los resultados de esta sección (6, 7, 8 y 9) se analizan de manera aislada; es decir reactivo por reactivo, se presenta un comportamiento atípico en los resultados. En la preprueba los resultados en los que acertaron la mayor cantidad de alumnos fueron en los reactivos 6 y 9 ambos con un 80% de aciertos de la muestra total (30 alumnos) y los reactivos 7 y 8 obtuvieron un 43% y 47% de aciertos respectivamente. En los resultados de la posprueba (tabla 3) el reactivo 6 fue mayor en el grupo control que en el grupo experimental y en el reactivo 8 se presenta un resultado negativo en el grupo control (-33.3%), este resultado lo que indica en realidad es que los alumnos no tienen claro cuál es la naturaleza de la información genética aun después de la revisión del tema. Sin embargo, cuando analizamos los cuatro reactivos como un solo conjunto encontramos que los alumnos del grupo experimental mejoran de un 0% en la preprueba a un 33.3% en la posprueba y el grupo control no presenta crecimiento, pasan de 13% en la preprueba a un 0% en la posprueba, lo que pudiera indicar que los alumnos contestaron de manera azarosa y lograron acertar en varios de los reactivos, sobre todo en la preprueba, pero siguen sin entender la naturaleza de la información genética.

El reactivo 10 fue contestado correctamente por un 80% del grupo experimental contra un 33.3% del grupo control (figura 2). En esta pregunta se puede evidenciar de manera clara cómo los estudiantes que fueron expuestos a una estrategia didáctica basada en actividades lúdicas obtuvieron mejores resultados en comparación con aquellos que llevaron una clase tradicional. Esto demuestra la influencia positiva del empleo estas estrategias en la comprensión del concepto de gen, ya que la mayoría de los alumnos del grupo experimental fueron capaces de proponer de manera correcta una secuencia genética que codifica para un segmento de una proteína fluorescente, del mismo modo fueron capaces de realizar la traducción de dicho mensaje haciendo uso adecuado del código genético, además de argumentar de manera correcta cómo ocurre una mutación genética y sus posibles consecuencias. Esta pregunta es clave para determinar la

comprensión del concepto de gen y los procesos que ocurren en la síntesis de proteínas; y fue diseñada con base a la literatura para poder medir el nivel de entendimiento del concepto de gen, colocando a los estudiantes en escenarios donde tienen que explicar, argumentar y resolver problemas (Pozo & Gómez, 2001; Stone, 1999).

Finalmente la pregunta 11 forma parte de la última sección en la cual ambos grupos obtienen el mismo resultado (tabla 3), cabe señalar que en la preprueba este reactivo fue el que obtuvo el porcentaje de aciertos más altos (37%) de su sección. Continuando con los reactivos pertenecientes a este apartado, el reactivo 12 del grupo experimental obtuvo una diferencia del 33.3% en la definición del concepto de gen siendo superior que el grupo control donde no hubo ningún cambio; con respecto a la función de los genes (reactivo 13), el grupo experimental tuvo una diferencia de 26.6% en comparación con el control de 13.3%. Como se puede apreciar estos resultados muestran que los alumnos que utilizaron los juegos como estrategia de enseñanza lograron mejores resultados en la prueba final que los alumnos expuestos a la clase tradicional.

5.1 Discusión

Los resultados encontrados en la preprueba evidencian la poca claridad que presentaban los 30 estudiantes participantes con respecto al concepto de gen y su relación con los procesos de expresión, ya que al igual que otros autores (Boujemaa et al., 2010; Chattopadhyay, 2005; Dikmenli et al., 2011; Infante-Malachias et al., 2010; Saka et al., 2006; Topçu & Sahin-Pekmez, 2009) se encontró que la mayoría de los alumnos tenían problemas para definir el concepto de gen y para relacionarlo con la síntesis de proteínas; desconocían el código genético; no comprendían la función y naturaleza de las proteínas; tenían dificultades con la estructura química de los ácidos nucleicos; presentaban problemas para reconocer la presencia de información genética en los diferentes tipos de células de un mismo organismo y cuando se les cuestionó sobre la definición de gen proponían una definición

centrada en características y rasgos heredables, correspondiente a una definición de principios del siglo XX.

Al analizar de manera puntual las respuestas de los alumnos en la preprueba, encontramos que al igual que los reportes de Boujemaa et al. (2010), Iñiguez-Porras y Puigcerver-Oliván (2013), y Saka et al. (2006) los alumnos tienen ideas alternas asociadas a la ubicación, función y estructura de los genes; entre ellas encontramos las siguientes:

- Los genes se encuentran en la sangre
- Los genes se localizan en el hígado
- Los genes están en las células encargadas de la reproducción.
- Los genes heredan actitudes
- Los genes son partes hereditarias
- Los genes están hechos de cromosomas

Al igual que con el concepto de concepto de gen, también encontramos algunas ideas alternas con respecto a las proteínas, entre ellas:

- La función de las proteínas es de producir energía.
- Las proteínas están formadas por carbohidratos.

Una vez que se realizó la intervención con los respectivos grupos, los resultados de la posprueba señalan que los dos grupos- experimental y control- obtuvieron mejoras en sus respuestas con respecto a la prueba inicial. Sin embargo, el grupo experimental que participo en una estrategia lúdica logro mejores resultados en su prueba final que el grupo control que fue expuesto a clases tradicionales.

Es importante resaltar que aun cuando los alumnos de ambos grupos fueron expuestos a los mismos temas ya descritos con anterioridad, los dos grupos lograron porcentajes de aciertos bajos en algunas de las preguntas, por lo general las que no ofrecían opción múltiple. Una causa de este bajo porcentaje en los resultados puede estar relacionado con el relativamente corto tiempo de la intervención, y con los escasos y confusos conocimientos previos que presentan los alumnos, ya que la mayoría de ellos en la sesión de apertura manifestaron no haber

tenido contacto en su trayectoria académica con temas relacionados con Genética, aun cuando los temas de ADN se encuentran incluidos en el programa 2011 de ciencias en educación básica de Secundaria, en el Bloque IV del temán La reproducción y la continuidad de la vida.

Se encontró que se sigue presentando confusión para identificar de manera correcta la naturaleza de la información genética presente en diferentes tipos de células dentro de un mismo individuo, así como para distinguir la diferencia entre una célula somática y una célula germinal de un mismo individuo. Esto podría deberse a que los temas de esta sección (3) fueron expuestos a los dos grupos (experimental y control) de la misma manera –expositiva y en poco tiempo- como parte de la explicación introductoria general para poder abordar el concepto de gen. Estos resultados señalan que las preguntas de opción múltiple, no son la mejor opción para medir el conocimiento de un individuo.

Sin embargo, en una de las preguntas claves (10) para determinar que el alumno en realidad comprende los temas revisados, se diseñó de manera abierta un reactivo que permite explorar los siguientes aspectos:

- Si el alumno es capaz de utilizar de manera apropiada el código genético.
- Si es capaz de transcribir y traducir un mensaje genético.
- Si es capaz de explicar y proponer la solución a un problema genético.

En dicho reactivo, existe una diferencia significativa entre los alumnos que tomaron el tema de manera tradicional y los alumnos que lo hicieron por medio de actividades lúdicas, la diferencia entre los grupos es de 46.7%; el grupo experimental obtuvo una diferencia porcentual de 80% y el grupo control una diferencia porcentual de 33.3%. Este resultado en particular muestra que los alumnos que utilizan actividades lúdicas obtienen mejores resultados en la comprensión conceptos abstractos de ciencias, pero además en términos generales, los resultados obtenidos mediante el instrumento de evaluación nos permiten confirmar que los juegos y objetos bien diseñados con un propósito didáctico claro, contribuyen a modelar y explicar aspectos abstractos de las ciencias.

A partir de estos resultados se puede afirmar que los alumnos expuestos a una estrategia lúdica y que hicieron uso de material didáctico, obtuvieron mayores porcentajes de aciertos en el instrumento de evaluación final (tabla, 3) y el porcentaje de alumnos que acreditaron la prueba fue de 93.3% (tabla, 2) en comparación con los estudiantes del grupo control donde solamente el 33.3% alcanzó una calificación aprobatoria. Lo que demuestra que los contenidos científicos abstractos se pueden comprender mejor cuando se abordan con juegos didácticos bien diseñados y se emplean modelos concretos como herramientas simbólicas, por lo que al igual que otros investigadores (Templin & Fetters, 2002; Sanmartí, 2009; Venville & Donovan, 2008) encontramos que las actividades lúdicas son una buena opción para la enseñanza de temas complejos del área de Biología como el concepto de gen.

Dados los hallazgos antes señalados podemos afirmar que los alumnos de Bachillerato que participaron en una estrategia de enseñanza basada en actividades lúdicas tienen mejores resultados en el aprendizaje de conceptos complejos- gen- que los alumnos que fueron sometidos a un tratamiento tradicional. Por lo tanto se cumplió el objetivo general, mejorando la comprensión del concepto de gen a través del uso de estrategias lúdicas.

El presente trabajo al igual que Minerva, (2002) y Garaigordobil, (1995) reconoce la importancia del uso de los juegos como herramienta pedagógica que facilitan el aprendizaje de conceptos abstractos, y coincidimos con Damián-Díaz, (2014) que los juegos son una estrategia eficaz que puede ser utilizada con individuos de diferentes edades, en este caso con adolescentes.

Un aspecto importante de este trabajo es que fue posible innovar y diseñar material didáctico con el cual los alumnos pudieron manipular contrastando y aprendiendo los procesos genéticos que ocurren a niveles submicroscópicos, ya que si bien, otros investigadores han propuesto juegos con el uso de materiales didácticos, la mayoría de ellos se han limitado al uso de cartas.

Un segundo punto está enfocado a la enseñanza del concepto de gen a través de actividades lúdicas; en la literatura encontramos un número limitado de trabajos

centrados en la enseñanza de Genética, sin embargo, los pocos que existen están dirigidos a la enseñanza de síntesis de proteínas.

Una vez finalizada la intervención didáctica basada en actividades lúdicas, se les solicitó a los participantes que respondieran un cuestionario de tipo dicotómico, el cual fue tomado de la literatura (Ong, 2010), con el propósito de conocer la opinión de los alumnos hacia las estrategias lúdicas. La mayoría de los alumnos manifestaron que la estrategia fue divertida, les gustó mucho y les facilitó el aprendizaje del tema (Anexo, 9). Lo anterior apunta a que la inclusión de actividades lúdicas, además de contribuir a mejorar el aprendizaje de conceptos científicos abstractos, promueven ambientes libres de tensiones que les permiten a los jóvenes comunicarse y participar con mayor libertad. De esta manera como señala Vigotsky, los juegos sirven de escenarios hacia la Zona de Desarrollo Próximo, a través de las interacciones sociales que se presentan durante las actividades lúdicas.

El presente trabajo recomienda a los profesores de ciencias, el empleo de materiales y actividades lúdicas, en la enseñanza de conceptos y procesos de Genética. Los juegos fomentan la convivencia y son un medio natural de aprendizaje que involucra y atrae a los jóvenes a conocimientos científicos de una manera atractiva y divertida, sin embargo, se debe tener claro que los juegos son un recurso pedagógico y no son una la finalidad como tal; los juegos deben ser empleados con la formalidad y la seriedad que amerita cualquier estrategia didáctica.

Capítulo VI. Conclusiones

- A través de este trabajo de investigación se logró el diseño y elaboración de material didáctico lúdico que facilitó el aprendizaje del concepto de gen; los alumnos que tuvieron la oportunidad de manipular el material lúdico como parte de la secuencia didáctica, fueron capaces de responder de manera más efectiva las preguntas vinculadas a la comprensión del concepto de gen.
- Se cumplió con el objetivo de mejorar la comprensión a través de estrategias lúdicas.
- Se logró diseñar una secuencia didáctica basada en actividades lúdicas que favoreció el aprendizaje del concepto de gen en un grupo de alumnos que cursan el tercer semestre de Bachillerato, dado que los alumnos que emplearon la secuencia didáctica diseñada para abordar el tema de gen obtuvieron mejores resultados en el instrumento de evaluación final (posprueba) que los alumnos del grupo control.
- Los alumnos que utilizaron la estrategia lúdica obtuvieron mejores calificaciones en el instrumento de medición elaborado, en comparación con los que llevaron una clase tradicional. El promedio general obtenido por los alumnos del grupo control fue de 5.5 mientras que el grupo experimental obtuvo 7.4.

6.1 Perspectivas

- Llevar esta estrategia didáctica a otras instituciones educativas equivalentes al nivel Bachillerato que contemplen un programa de estudios distinto al de la Dirección General de Educación Tecnológica Industrial (DGTI), con la finalidad de ampliar los resultados.
- Trasladar esta estrategia didáctica a estudiantes de nivel superior y de nivel secundaria, para determinar su eficacia en estos niveles.

- El material didáctico elaborado puede ser utilizado para abordar otros temas del área de Biología como replicación de ácidos nucleicos y proteínas.
- Divulgar la estrategia y material utilizado con el propósito de que puedan ser empleados por otros profesores que imparten la asignatura de Biología y les facilite la comprensión del gen en sus estudiantes.
- Diseño de nuevas estrategias basadas en actividades lúdicas para abordar otros temas complejos en el área de Biología.

Referencias

- Aubusson, P., Fogwill, S., Barr, R. & Perkovic, L. (1997). What Happens When Students Do Simulation-rol-Play in Science? *Research in Science Education*, 27(4), 565-579. Recuperado de: <http://eric.ed.gov/?id=EJ564592>
- Ayuso, E. & Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la Genética en educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 20(1), 133-157. Recuperado de: <file:///C:/Users/RPC/Downloads/21790-21714-1-PB.pdf>
- Biermann, C. A. (1988). The Protein a Cell Built (And the House Jack Built). *The American Biology Teacher*, 50(3), 162-163. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/4448681>
- Bornacelli, A. & Caraballo, L. (2010). Hallazgos recientes sobre la estructura y función del gen. *Revista Médica Sanitas*, 13(2), 36-45. Recuperado de: <http://www.unisanitas.edu.co/Revista/18/hallazgos.pdf>
- Boujemaa, A., Pierre, C., Sabah, S., Salaheddine, K., Jamal, C. & Abdellatif, C. (2010). University students' conceptions about the concept of gene: Interest of historical approach. *US-China Education Review*, 7(2), 9-15. Recuperado de: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED511219.pdf>
- Brigandt, I. (2009). The Epistemic Goal of a Concept: Accounting for the Rationality of Semantic Change and Variation. *Synthese*, 177, 19-40. Recuperado de http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1422675
- Bugallo, R. A. (1995). La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 379-385. Recuperado de: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21426/93387>
- Camero, R. E. & Ochoa de Toledo, M. (2006). Resultados preliminares de la aplicación de la simulación-Juego (modificada): Sintetizada la Proteína. *Revista de investigación*, 59, 165-188. Recuperado de:

file:///C:/Users/RPC/Downloads/Dialnet-
ResultadosPreliminaresDeLaAplicacionDeLaSimulacion-2117336.pdf

Campanario, J. M. & Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192. Recuperado de: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21572/21406>

Campanario, J. M. & 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 ciencias*, 18(2), Recuperado de: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/viewFile/21652../21486>

Chacon, P. (2007). El juego Didáctico como estrategia de enseñanza y aprendizaje ¿Cómo crearlo en el aula?, Recuperado de: <http://www.grupodidactico2001.com/PaulaChacon.pdf>

Chamizo, J. A. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia-Eureka*, 7(1), 26-41. Recuperado de: <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/viewFile/23/21>

Chattopadhyay, A. (2005). Understanding of Genetic Information in Higher Secondary Students in Northeast India and the Implications for Genetics Education. *Cell Biology Education*, 4(1), 97-104. Recuperado de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC550998/pdf/i1536-7509-4-1-97.pdf>

Clements, L. J. & Jackson, K. E. (1998). Protein Synthesis: An Interactive Game. *The American Biology Teacher*, 60(6), 427-429. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/4450514>

Coll, S. C., Martín, O. E., Mauri, M. T., Miras, M., Onrubia, G. J., Solé, G. I. & Zabala, V. A. (2002). *El constructivismo en el aula* (1ª Ed), Barcelona: Graó.

- Cunha, M. B. (2012). Jogos no Ensino de Química: Considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. *Química nova na escola*, 34 (2), 92-98.
- Damián-Díaz, M. (2014). Contextos, juegos y expresiones de las emociones de los escolares: su importancia en el desarrollo psicológico y en la educación. *Rayuela Revista Iberoamericana sobre Niñez y Juventud en lucha por sus derechos*, 10, 121-130. Recuperado de: <http://revistarayuela.ednica.org.mx/sites/default/files/121-130.pdf>
- Dikmenli, M., Cardak, O. & Kiray, A. (2011). Science Students teachers' ideas about the "Gene" Concept. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 15, 2609-2613. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042811007014>
- Duncan, R. G. & Reiser, B. J. (2007). Reasoning Across Ontologically Distinct Levels: Students' Understanding of Molecular Genetic. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 938-959. Recuperado de: DOI 10.1002/tea.20186
- Espejo, M. P. (2008). Aprender jugando en secundaria Parte I. *Revista Digital innovación y experiencias educativas*, 45. Recuperado de: http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_28/PATRICIA_%20ESPEJO%20MERCHAN_1.pdf
- Figini, E. & De Micheli, A. (2005). La enseñanza de la genética en el nivel medio y la educación polimodal: contenidos conceptuales en las actividades de los libros de texto. *Enseñanza de las ciencias*, 1-5. Recuperado de: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp408e nsge.pdf
- Galagovsky, L. & Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las ciencias*, 19(2), 231-242. Recuperado de: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21735/21569>

- Garaigordobil, M. (1995). Una metodología para la utilización didáctica del juego en contextos educativos. *Comunicación Lenguaje y Educación*, 25, 91-105. Recuperado de: http://www.sc.ehu.es/ptwgalam/art_completo/comuni.PDF
- Gericke, N. M. & Hagberg, M. (2007). Definition of historical models of gene function and their relation to students' understanding of genetics. *Science & Education*, 16, 849-881. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/225735356_Definition_of_historical_models_of_gene_function_and_their_relation_to_students'_understanding_of_genetics
- Gerstein, M. B., Bruce, C., Rozowsky, J. S. Zheng, D., Du, J., Korbel, J. O., Emanuelsson, O., Zhang, Z., Weissma, S., Snyder, M. (2007). what is a gene, post-ENCODE? History and updated definition. *Genome Research*, 17, 669-681. Recuperado de: <http://genome.cshlp.org/content/17/6/669.long>
- Gilbert, J. (2004). Models and Modellings: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130. Recuperado de: <http://eric.ed.gov/?id=EJ924732>
- Gutierrez, A. F. (2014). Developmente and Effectiveness of an Educational Card Game as Supplementary material in Understanding Selected Topics in Biology. *Life Science Education*, 13, 76-82. Recuperado de: <http://www.lifescied.org/>
- Heredia, D. D. (2012). El mito del gen: Genética, epigenética y el bucle organismo ambiente. *Medicina Naturista*, 6(1), 39-46. Recuperado de: <file:///C:/Users/RPC/Downloads/Dialnet-EIMitoDelGen-3829210.pdf>
- Infante-Malachias, M. E., Queiroz de Mello, P.I., Weller M. & Santos, S. (2010). Comprehension of Basic Genetic Concepts by Brazilian Undergraduate Students. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 657-668. Recuperado de: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen9/ART9_Vol9_N3.pdf

- Iñiguez-Porras, F. J. & Puigcerver-Oliván, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la Genética en la Educación Secundaria. *Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 307-327. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92028240002>
- Kim, B., Park, H. & Youngkyun, B. (2008). Not just fun, but serious strategies: Using meta-cognitive strategies in game-base learning. *Journal Computer and Education*, 52, 800-810. Recuperado de: <https://people.ok.ubc.ca/bowenhui/game/readings/metaCogStrategies.pdf>
- Knippels, M.C., Waarlo, A. J. & Boersma, K. T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, 39(3), 108-112. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2005.9655976>
- Lewis, J., Leach, J. & Wood-Robinson, C. (2000). All in the genes?-Young people's understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education*, 34(2), 74-79. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2000.9655689>
- Lock, R. (1997). Post-16 biology- some model approaches? *School Science Review*, 79 (286), 33-37. Recuperado de: <http://eric.ed.gov/?id=EJ556101>
- Madrazo, G. M. & Wood, C.A. (1980). "The Cell Game". *The American Biology Teacher*, 42(9), 554-558. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/4447096>
- Manokore, V. & Williams, M. (2012). Middle School Students' Reasoning about Biological Inheritance: Students Resemblance Theory. *International Journal of Biology Education*, 2(1), 1-31. Recuperado de: http://www.ijobed.com/2_1/vol2issue1art1.pdf
- Marbach-Ad, G. (2001). Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education*, 35(4), 183-189. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2001.9655775>
- Martínez-Gracia, M. V., Gil-Quílez, M. J. & Osada, J. (2006). Analysis of molecular genetics content in Spanish secondary school textbooks. *Journal of Biological*

Education, 40(2), 53-60. Recuperado de:
<http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2006.9656014>

Mason, L. (2004). Paul R. Pintrich y la investigación sobre creencias epistemológicas. *Revista Electrónica de Investigación psicoeducativa*, 2(1), 1696-2095. Recuperado de: <http://www.investigacion-psicopedagogica.org/revista/new/ContadorArticulo.php?35>

Meinardi, E., González, L., Chion, A. & Plaza, M. (2010). *Educación en ciencias*. (1ª Ed). Buenos Aires: Paidós.

Minerva, T. C. (2002). El juego: una estrategia importante. *Educere*, 6(19), 289-296. Recuperado el 29 de enero de 2015 de, <http://www.redalyc.org/pdf/356/35601907.pdf>

Moyles, J. R. (1999). *El juego en la educación infantil y primaria*. (1ª Ed). Madrid: Morata.

Ong, B. (2010). A play of protein synthesis in the classroom. *The American Biology Teacher*, 72(9), 564-566. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/10.1525/abt.2010.72.9.8>

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos. (2012). Recuperado de: <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-mexico-ESP.pdf>

Otero, J. (1985). El aprendizaje de los conceptos científicos en los niveles medio y superior de la enseñanza. *Revista educación*, 278, 39-66.

Otero, J. (1990). Variables cognitivas y metacognitivas en la comprensión de textos científicos: el papel de los esquemas y el control de la propia comprensión. *Investigación y experiencias didácticas*, 1, 17-22.

Pearson, H. (2006). WHAT IS A GEN? *Nature*. 441, 399 - 401. Recuperado de: <http://www.nature.com/nature/journal/v441/n7092/full/441398a.html>

Pigage, K. P. (1991). The Central Dogma in Action. *The American Biology Teacher*, 53(7), 436-437. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/4449352>

- Portin, P. (2002). Historical Development of the Concept of Gene. *Journal of Medicine and Philosophy*, 27(3), 257-286.
- Pourhossein, A. G. (2011). The Effect of Visual, Auditory, and Kinesthetic Learning Styles on Language teaching. *International Conference on Social Science and Humanity*, 5, 469-472. Recuperado de: <http://www.ipedr.com/vol5/no2/104-H10249.pdf>
- Pozo, J. I. & Gómez, C. M. (2001). *Aprender y Enseñar Ciencia*. Madrid: Morata.
- Raviolo, A. (2009). Recursos didácticos visuales en la clase de ciencias. II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, 28 al 30 de octubre de 2009, La Plata. Un espacio para la reflexión y el intercambio de experiencias. Recuperada de: http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.586/ev.586.pdf.
- Raviolo, A., Aguilar, A., Ramírez, P. & López, E. (2011). Dos analogías en la enseñanza del concepto de modelo científico: Análisis de las observaciones de clase. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 6(1), 61-70. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273319419006>
- Rotbain, Y., Marbach, G. & Stavy, R. (2005). Understanding molecular genetics through a drawing-base activity. *Journal of Biological Education*, 39(4), 174-178. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2005.9655992>
- Rundgren, C. J., Hirsch, R., Rundgren, S. N. & Tibell, L. (2012). Students' Communicative Resources in Relation to their Conceptual Understanding-The Role of Non-Conventionalized Expressions in Making Sense of Visualizations of protein Function. *Research in Science Education*, 5(42), 891-913. Recuperado de: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-75343>
- Saka, A., Cerrah, L., Akdeniz, A. R. & Ayas, A. (2006). A Cross-Age Study of the Understanding of three Genetic Concepts: How Do they Image the Gene,

- DNA and Chromosome? *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 192-202. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/40186683>
- Sampieri, R. H., Fernández-Collado, C. & Lucio, P. B. (2006). Metodología de la investigación, (ed. 4ª). México: Mc GrawHill.
- Sanmartí, N. (2009). Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria, España: síntesis educación.
- SAS. (2015). SAS software, versión 9.4. SAS Institute, Cary. NC.
- Shuare, M. & Montealegre, R. (1997). La situación imaginaria, el rol y el simbolismo en el juego. *Revista Colombiana de Psicología*, 82-88. Recuperado de: <file:///C:/Users/RPC/Downloads/Dialnet/LaSituacionImaginariaElRolYElSimbolismoEnElJuegoIn-4895311.pdf>
- Silberman, M. (2006). *Aprendizaje activo, 101 estrategias para enseñar cualquier tema*, Argentina: Troquel.
- Stone, W. M. (Comp). (1999). *La enseñanza para la comprensión*. Buenos Aires: Paidós
- Tanner, K. & Allen, D. (2004). Learning Styles and the Problem of instructional Selection-Engaging All Students in Science Courses. *Cell biology Education*, 3, 197-201. Recuperado de: <http://www.lifescied.org/>
- Templin, M. A. & Fetters, M. K. (2002). A Working Model of Protein Synthesis Using Lego TM Building Blocks. *The American Biology Teacher*, 64 (9), 673-678. Recuperado de: <http://abt.ucpress.edu/content/64/9/673>
- Topçu, M. S. & Sahin - Pekmez, E. (2009). Turkish Middle School Students' Difficulties in Learning Genetics Concepts. *Journal Turkish Science Education*, 6(2), 55-62. Recuperado de: <http://www.tused.org/internet/tused/archive/v6/i2/text/tusedv6i2s5.pdf>
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. D. & Mamiala, T. L. (2004). Students' understanding of the descriptive and predictive nature of teaching models in

- organic chemistry. *Research in Science Education*, 34 (1), 1-20. Recuperado de:
<http://link.springer.com/article/10.1023%2FB%3ARISE.0000020885.41497.>
ed
- Varela, G. P. (2010). El aspecto lúdico en la enseñanza del ELE. *Revista de didáctica español como lengua extranjera*, 11, 1-10. Recuperado de:
http://marcoele.com/descargas/11/varela-aspecto_ludico.pdf
- Venville, G. & Donovan, J. (2008). How pupils use a model for abstract concepts in genetics. *Journal of Biological Education*, 43(1), 6-14. Recuperado de:
<http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2008.9656143>
- Venville, G. J. & Treagust, D. F. (2002). Teaching about the Gene in the Genetic Information Age. *Australian Science Teacher's Journal*, 48 (2), 20-24. Recuperado de:
<http://crawl.prod.proquest.com.s3.amazonaws.com/fpcache/e829445f698795796095cb832a95d492.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJF7V7KNV2KKY2NUQ&Expires=1456939413&Signature=bwLczyLOIkJt5WlwSP4ce2FvTI%3D>
- Vivas, E. & Guevara de Sequeda, M. (2003). Un juego como estrategia educativa para el control de *Ades aegypti* en escolares venezolanos. *Public Health*, 14(6), 394-401. Recuperado de:
<http://www.scielosp.org/pdf/rpsp/v14n6/a04v14n6.pdf>
- Wood-Robinson, C., Lewis, J., Leach, J. & Driver, R. (1998). Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 16(1), 43-61. Recuperado de: <file:///C:/Users/RPC/Downloads/83234-108485-1-PB.pdf>
- Woody, S. & Himelblau. (2013). Understanding & Teaching Genetics Using Analogies. *The American Biology Teacher*, 75(9), 664-669. Recuperado de:
<http://www.jstor.org/stable/10.1525/abt.2013.75.9.7>

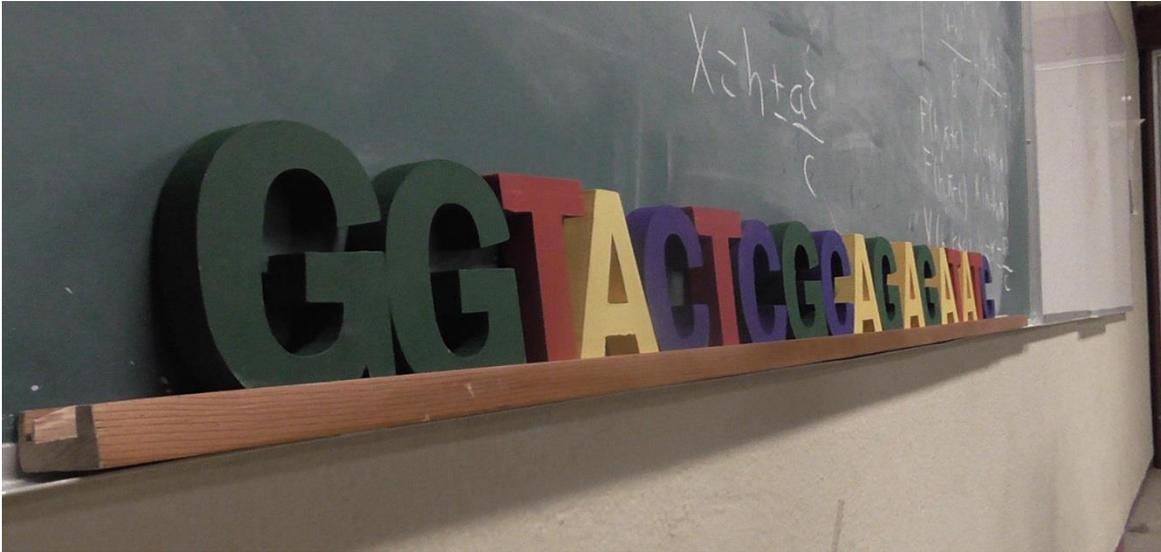
Anexos

Anexo. 1 Código genético.

U	Aminoácido	C	Aminoácido	A	Aminoácido	G	Aminoácido		
U	UUU UUC	Fenilalanina (Phe) F	UCU UCC UCA UCG	Serina (Ser) S	UAU UAC	Tirosina (Tyr) Y	UGU UGC	Cisteína (Cys) C	U C A G
	UUA UUG	Leucina (Leu) L			UAA UAG	ALTO	UGA UGG	ALTO Triptófano (Trp) W	
	CUU CUC	Leucina (Leu) L	CCU CCC	Prolina (Pro) P	CAU CAC	Histidina (His) H	CGU CGC	Arginina (Arg) R	
	CUA CUG		CCA CCG		CAA CAG	Glutamina (Glu) Q	CGA CGG		
A	AUU AUC AUA	Isoleucina (Ile) I	ACU ACC ACA ACG	Treonina (Thr) T	AAU AAC	Asparagina (Asn) N	AGU AGC	Serina (Ser) S	U C A G
	AUG	Metionina (Met) (Inicio) M			AAA AAG	Lisina (Lys) K	AGA AGG	Arginina (Arg) R	
G	GUU GUC GUA GUG	Valina (Val) V	GCU GCC GCA GCG	Alanina (Ala) A	GAU GAC	Ác. Aspártico (Asp) D	GGU GGC GGA GGG	Glicina (Gly) G	U C A G
					GAA GAG	Ác. Glutámico (Glu) E			

Anexo. 2

Carriles y letras correspondientes a los nucleótidos.



*Se diseñaron 40 letras de cada una (A, T, C, G y U).

*Se diseñaron un total de 8 carriles.

Anexo. 3

Letras en madera que representan un aminoácido.



*Cada letra representa un aminoácido y está pintada de un color en particular que la diferencia del resto. *Cada letra posee una prominencia de madera y un orificio que les permiten ser ensambladas unas con otras.

Anexo. 4

Secuencia didáctica basada en estrategias lúdicas y materiales didácticos para la enseñanza del concepto de gen, en alumnos de Nivel Bachillerato.			
ESCUELA: C.B.T.i.s. #149		TEMA: VARIACIÓN Y GENÉTICA	ASESOR: JOSÉ ÁNGEL JORDAN MARTÍNEZ
Contenidos de aprendizaje	Estrategia lúdica	Situaciones de aprendizaje y material didáctico	Indicadores de evaluación
APERTURA			
<p>Estructura, ubicación y función de los ácidos nucleicos.</p> <p>CRITERIOS DE DESEMPEÑO Identifica y conoce las estructuras, funciones y ubicación de los ácidos nucleicos.</p>	<p>Plantear preguntas generadoras: ¿Por qué algunas personas tienen el cabello lacio y otras personas rizados? ¿Tienen todas las células de tu cuerpo la misma información genética? ¿Guardan los genes mensajes en forma de códigos? ¿Qué es una mutación? ¿Qué son las proteínas y cuál es su función? ¿Qué sabes sobre los genes? ¿Qué es la anemia falciforme? ¿Qué es el código genético? Por medio de una explicación expositiva e ilustrativa, se revisan las estructuras, funciones y la ubicación de las moléculas de ADN y ARN.</p>	<p>Exponer de manera libre sus saberes previos de acuerdo a las preguntas planteadas, se toman en cuenta sus conocimientos previos.</p>	<p>Identificación de los conocimientos previos de los alumnos.</p>
DESARROLLO			
<p>Nucleótidos, tripletes y bases nitrogenadas.</p> <p>CRITERIOS DE DESEMPEÑO Comprende que los genes tienen información.</p>	<p>Establecer equipos de 4 integrantes máximo, proporcionar material. Indicar a cada equipo la tarea de elaborar un mensaje con un máximo de 18 letras, colocadas de tres en tres. Explicar el concepto de gen como entidad de información con ayuda de una analogía enfatizando la importancia del acomodo de los nucleótidos en la formación de un mensaje genético. La analogía se plantea con la palabra AMOR, los alumnos deberán mezclar las letras e identificar cuantas palabras pueden formar incluyendo las que carecen de significado.</p>	<p>Los alumnos deberán construir un mensaje genético colocando las letras en forma de tripletes con 18 letras y colocarlo en un carril. Comparar su mensaje genético con el resto del grupo.</p> <p>Cada equipo utilizaran un anagrama con la palabra A, M, O, R y comparar las palabras que lograron formar con las de sus compañeros, e inferir como se almacena la información en los genes.</p> <p>Material: 20 modelos de letras que simulan a los nucleótidos y que se representan por: A, T, C, G. Un carril de madera.</p>	<p>Formación de mensaje genético.</p> <p>Realización de actividad de anagrama con la palabra AMOR.</p>
<p>Proceso de transcripción.</p> <p>CRITERIOS DE DESEMPEÑO Reconocen las diferencias entre</p>	<p>Instruir a todos los equipos que transcriban el mensaje genético y coloquen las letras correspondientes complementarias a la molécula de ARN en el carril de madera justo enfrente del mensaje genético.</p>	<p>Cada equipo colocara en el nuevo carril las letras complementarias del mensaje genético en un mensaje de ARN. Simulando la transcripción de un mensaje genético.</p>	<p>Transcripción del mensaje genético.</p>

<p>las bases presentes en las moléculas de ADN y ARN.</p>	<p>Se aclaran dudas a los equipos que lo requieran.</p>	<p>Material: 20 modelos de letras que simulan a los ribonucleótidos que se representan por las siguientes letras : A, U, C, G. Un carril de madera donde se colocan las letras.</p>	
<p>Código genético y proceso de traducción.</p> <p>CRITERIOS DE DESEMPEÑO</p> <p>Inferen, descifran y construye el mensaje de ARN en una cadena de aminoácidos con ayuda del código genético.</p>	<p>Indicar que traduzcan el mensaje en una cadena de aminoácidos, construyendo un péptido de 6 aminoácidos (simulando una proteína), y mostrarla al grupo o explicarla al docente como lo hicieron.</p> <p>Al término de la formación de su péptido que simula la proteína, se le cuestiona a cada equipo los siguientes supuestos; ¿Qué pasaría si se cambia de lugar un nucleótido? ¿Cómo puedo hacer para obtener cierto aminoácido en la cadena peptídica? ¿Si cambio hago cambios en los nucleótidos del mensaje genético puedo obtener la misma proteína? Establecer sesión de dudas para aclarar conceptos y procesos.</p>	<p>Los alumnos integrados por los mismos equipos utilizan el código genético para traducir el mensaje que transcrito en una cadena de aminoácidos. Deberá inferir como hacer uso del código genético sin que el docente intervenga a menos que sea necesario.</p> <p>Las cadenas resultantes serán comparadas entre los equipos, resaltando las estructuras espaciales que lograron formar.</p> <p>Material: Código genético. Modelos de letras que simulan a los aminoácidos.</p>	<p>Utilización adecuada del código genético.</p> <p>Traducción del mensaje transcrito (ARN) en proteína.</p>
<p>Mutación genética y anemia falciforme.</p> <p>CRITERIOS DE DESEMPEÑO</p> <p>Comprenden como ocurre una mutación.</p>	<p>Se vincula una característica física de un individuo con anemia falciforme y la relación directa que tiene con los genes. Con apoyo del material lúdico se ilustra de manera concreta como ocurre una mutación puntual, y como se modifica la estructura y función de la proteína en la hemoglobina de una célula sanguínea (eritrocito) así como sus posibles ventajas y desventajas en el individuo con respecto al ambiente.</p>	<p>Los alumnos proponer secuencias genética alterna que pueda codificar para la proteína normal de la hemoglobina manipulando el material didáctico.</p> <p>Material: Modelos de letras que simulan los nucleótidos. Modelos de letras de ensamble que simulan a los aminoácidos. 2 carriles de madera para colorar letras.</p>	<p>Utilización adecuada de sinónimos genéticos que codifican para el mismo aminoácido.</p>
CIERRE			
<p>Mensaje genético. Transcripción. Traducción. Proteína.</p> <p>CRITERIOS DE DESEMPEÑO</p> <p>Relacionan, reafirman y explican los conceptos y procesos vistos en la secuencia didáctica.</p>	<p>Se plantea una competencia “descifra el mensaje” entre 4 equipos, proponiendo una misma secuencia genética para todos (CCA-TCT-CGA-ACA-TAA-CGA-TCA). La cual codifica forma la palabra GRACIAS.</p> <p>La instrucción es formar una proteína (GRACIAS) lo más rápido posible. Se colocaran 2 contenedores al frente del salón de clase, los cuales contienen las letras necesarias para que solo tres equipos puedan construir la proteína. Solicitar a los estudiantes un esquema donde expliquen de manera general los conceptos revisados en la secuencia didáctica.</p>	<p>Asignar a un integrante del equipo para tomar las letras que se encuentran en los contenedores (letras que simulan nucleótidos y aminoácidos). Solo podrán tomar una letra cada vez que lleguen al contenedor. El resto de los compañeros armaran, transcribirán y traducirán con ayuda del código genético el mensaje genético propuesto, hasta ensamblar la proteína.</p>	<p>Participación en Actividad lúdica</p> <p>Explicación mediante un esquema de los principales conceptos revisados en la secuencia.</p>

Anexo. 5

Rubrica diseñada para evaluar el aprendizaje del concepto de gen, cuando se usa la secuencia didáctica basada en estrategias lúdicas y materiales didácticos.				
Indicadores	Deficiente	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Transcripción del mensaje genético.	Transcribe correctamente de 0 a 2 tripletes.	Transcribe correctamente de 3 a 4 tripletes.	Transcribe correctamente 5 tripletes.	Transcribe correctamente los 6 tripletes
Manejo del código genético	No emplea adecuadamente el código genético, aún con la intervención del docente.	Hace uso adecuado del código genético, solicitando de manera recurrente la intervención del docente.	Hace uso adecuado del código genético, y solicita la intervención del docente de una a dos veces.	Infiere y aplica adecuadamente y de manera autónoma el uso del código genético.
Traducción del mensaje genético.	Traduce correctamente hasta 2 tripletes.	Traduce correctamente de 3 a 4 tripletes.	Traduce correctamente 5 tripletes.	Traduce correctamente los 6 tripletes.
Propuesta de una secuencia alterna de ADN (sinónimos) y explica como codifica para una proteína.	No propone una secuencia genética alterna	Propone correctamente una secuencia genética pero no explica el proceso de expresión.	Propone correctamente una secuencia genética, y la explica de manera general, utilizando el material lúdico.	Propone correctamente una secuencia genética y explica adecuadamente cada evento que interviene en la expresión de la proteína, haciendo uso del material lúdico.
Construcción de una proteína simulada.	No logra transcribir ni traducir el mensaje.	Logra transcribir y traducir el mensaje, pero no forma la proteína.	Logra transcribir, traducir y formar la proteína.	Logra transcribir, traducir y formar la proteína de manera rápida.
Esquema	El esquema no ilustra lugares, procesos ni moléculas.	El esquema ilustra un sólo aspecto de la actividad (moléculas, procesos, lugares).	El esquema logra ilustrar solamente dos aspectos de la tarea (Moléculas, procesos, lugares).	El esquema logra ilustrar cada molécula y cada parte del proceso así como el lugar donde se lleva a cabo.

Anexo. 6

Lista de cotejo para evaluar el aprendizaje del concepto de gen, cuando se utiliza una secuencia didáctica basada en estrategias y materiales lúdicos.						
Indicadores	Aprendizajes	%	Deficiente (50%)	Satisfactorio (70%)	Bueno (85%)	Excelente (100%)
Transcripción del mensaje genético.	Habilidad y conocimientos	15				
Inferencia y utilización del código genético	Conocimientos y habilidades	15				
Traducción del mensaje genético.	Conocimientos y habilidades	15				
Propuesta de secuencias alterna de ADN.	Conocimientos y habilidades	15				
Construcción de una proteína.	Habilidades y actitudes	20				
Esquema.	Habilidades y conocimientos	20				
Total						
Puntaje total						

ANEXO. 7.

CUESTIONARIO SOBRE EL GEN Y SUS PROCESOS DE EXPRESIÓN.

Nombre: _____

Edad ____ Fecha _____

INSTRUCCIONES

Lee con atención cada una de las preguntas y contesta con toda honestidad eligiendo el inciso de la respuesta que consideres correcta. Favor de utilizar lápiz para contestar. Marca únicamente una opción.

1. ¿Cuáles son las similitudes entre las moléculas de ADN y ARN?
 - a) Las dos tienen una doble hélice
 - b) Ambas contienen el mismo azúcar
 - c) Ambas contienen cuatro bases nitrogenadas: Adenina, Timina, Guanina y Citosina.
 - d) Ambas contienen nucleótidos, los cuales incluyen azúcar, una base nitrogenada y un grupo fosfato.
2. El acomodo en la secuencias de aminoácidos que constituyen moléculas de proteínas en los diferentes organismos, se encuentra determinado por:
 - a) El acomodo de secuencias de nucleótidos en la moléculas de ADN
 - b) Los tipos de bases nitrogenadas presentes en la moléculas de ADN
 - c) La proporción de diferentes bases nitrogenadas en la molécula de ADN
 - d) Los tipos de aminoácidos que el organismo consume
3. ¿Qué secuencia complementaria de ARN mensajero se forma si se tiene el siguiente mensaje en un gen: AAT GCG CTT CCA TAG CGC?
 - a) TTA CGC GAA GGT ATC GCG
 - b) AAU GCG CUU CCA UAG CGC

- c) UUA CGC GAA GGU AUC GCG
 - d) GAA GGU AUC GCC AAU CUA
4. ¿Cuáles son las bases nitrogenadas de ADN que son complementarias entre sí?
- a) Adenina-Timina, y Guanina- Citosina
 - b) Adenina-Citosina, y Guanina-Timina
 - c) Guanina-Citosina, y Adenina-Guanina
 - d) Citosina-Adenina, y Timina-Guanina
5. Las proteínas están formadas por:
- a) Carbohidratos
 - b) Lípidos
 - c) Aminoácidos
 - d) Otras sustancias celulares
6. Si se pudieran extraer un par de células de tu mejilla, la información genética contenida en ellas sería:
- a) Diferente
 - b) Igual
 - c) No lo sé
7. Si fuera posible extraer la información genética de una célula de tu mejilla y otra de una célula nerviosa, la información genética presente en estas dos células sería:
- a) Diferente
 - b) Igual
 - c) No lo sé
8. Si se extrajera la información genética de una célula de la mejilla y de un espermatozoide de un mismo individuo, la información genética sería:
- a) Diferente
 - b) Igual
 - c) No lo sé
9. Si se tomaran muestras de células de la mejilla de dos individuos, como serían estas células entre sí:

- a) Diferente
- b) Igual
- c) No lo sé

10. Lee con atención cada una de las siguientes preguntas y contesta con tus propias palabras lo que se te pide, en el espacio correspondiente.

La medusa *Aequorea victoria* posee una proteína que emite luz verde, conocida como proteína verde fluorescente (GFP) y está conformada por 238 aminoácidos, de los cuales el 65 Ser, Tyr 66 y Gly 67, intervienen directamente en emisión de luz.

a) Con ayuda del código genético incluido al final propón una secuencia de ADN que pueda codificar para el siguiente péptido: -61Val-62Thr-63Thr-64Phe-65Ser-66Tyr-67Gly-68Val

b) Transcribe el mensaje que propusiste a una secuencia de ARN.

c) Explica, con tus propias palabras, qué ocurriría en el péptido del inciso (a), si se produce un error en la secuencia genética que planteaste; en este caso si se agrega una Timina entre el codón 63 y 64 de la secuencia de nucleótidos que propusiste. Realiza la transcripción y traducción argumentando tu respuesta.

11. ¿De qué están hechos los genes y donde se localizan en tu cuerpo?

12. ¿Cómo defines el concepto de gen?

13. ¿Cuál es la función de los genes?

14. ¿Qué son las proteínas y cuál es su función?

ANEXO. 8.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estoy trabajando en un estudio que servirá para elaborar una tesis de grado de maestría en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), para lo cual quiero pedirte tu participación contestando un cuestionario que no te tomará mucho tiempo, tus respuestas serán confidenciales y anónimas. Los resultados serán incluidos en una tesis de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS) y nunca se comunicaran datos personales. Te pido, por favor, que contestes este cuestionario con la mayor honestidad posible.

De antemano: ¡Muchas gracias por tu colaboración!

CONSENTIMIENTO

Yo _____ una vez que he sido informado sobre los procesos que se llevarán a cabo durante la presente investigación educativa, otorgo en forma libre mi consentimiento para participar en el presente trabajo de investigación educativa.

Nombre del participante _____

Fecha _____

Anexo 9.

Tabla. 4. Evaluación de la estrategia lúdica por parte de los alumnos participantes

Preguntas	Si	No
1. Puedo recordar mejor las actividades a través de esta experiencia	15	
2. Entiendo mejor los conceptos, que si solo escucho o leo	11	4
3. Las actividades me ayudan a visualizar y relacionar todos los conceptos juntos.	14	1
4. Me divertí durante la actividad	14	1
5. La actividad forzó mi creatividad	8	7
6. No me sentí nervioso o con presión	4	11
7. La actividad me permitió aprender y enseñar a mis compañeros de equipo	14	1
<p>8.Cuál es tu actitud y opinión en general hacia esta estrategia de enseñanza:</p> <p>Alumno 1 “Es muy buena ya que la manera de interactuar es mejor hacia los conceptos”.</p> <p>Alumno 2 “Es mejor que otras estrategias y buena”</p> <p>Alumno 3 “Es chida”</p> <p>Alumno 4 “Me gustó mucho y pareció divertido hacer secuencias de ARN con letras de madera”</p> <p>Alumno 5 “Me pareció muy completa y divertida creo que los maestros deberían hacer dinámicas como esta aprenderíamos más en poco tiempo”</p> <p>Alumno 6 “Fue muy divertida ya que fue muy dinámica la clase, es muy bueno hacer cosas diferentes como dinámicas porque se aprende fácilmente”</p> <p>Alumno 7 “Pues fue muy divertido y aprendí más rápido porque estuvimos activados toda la clase fue muy divertido y genial”</p> <p>Alumno 8 “ Fue divertida y no enfadosa con las actividades realizadas, comprendí más fácil los temas vistos a lo contrario de solo escuchar y escribir”</p> <p>Alumno 9 “Me encanto, es muy buena estrategia”</p> <p>Alumno 10 “Que es muy buena ya que nos enseña a través de una manera divertida y eficaz”</p> <p>Alumno 11 “Me sentí muy bien y contenta al aprender de esta manera”</p> <p>Alumno 12 “Me gustó mucho la forma en que trabajamos, las actividades me llamaron mucho la atención, como unas cosas desglosaban otras, fue divertido”</p> <p>Alumno 13 “Fue muy divertido y dinámico, aprendo mejor así”</p> <p>Alumno 14 “Me divertí y fue más fácil aprender a que solo nos la leyera o leerla, al principio me aburrí pero después fue divertido”</p> <p>Alumno 15 “Me resulto interesante, pero requiere mucho material que no siempre se tiene o que no todos los profesores se dan a la tarea de hacer”.</p>		

Anexo. 10.

Foto 1. Transcripción del mensaje genético



Foto 2. Interpretación y utilización del código genético

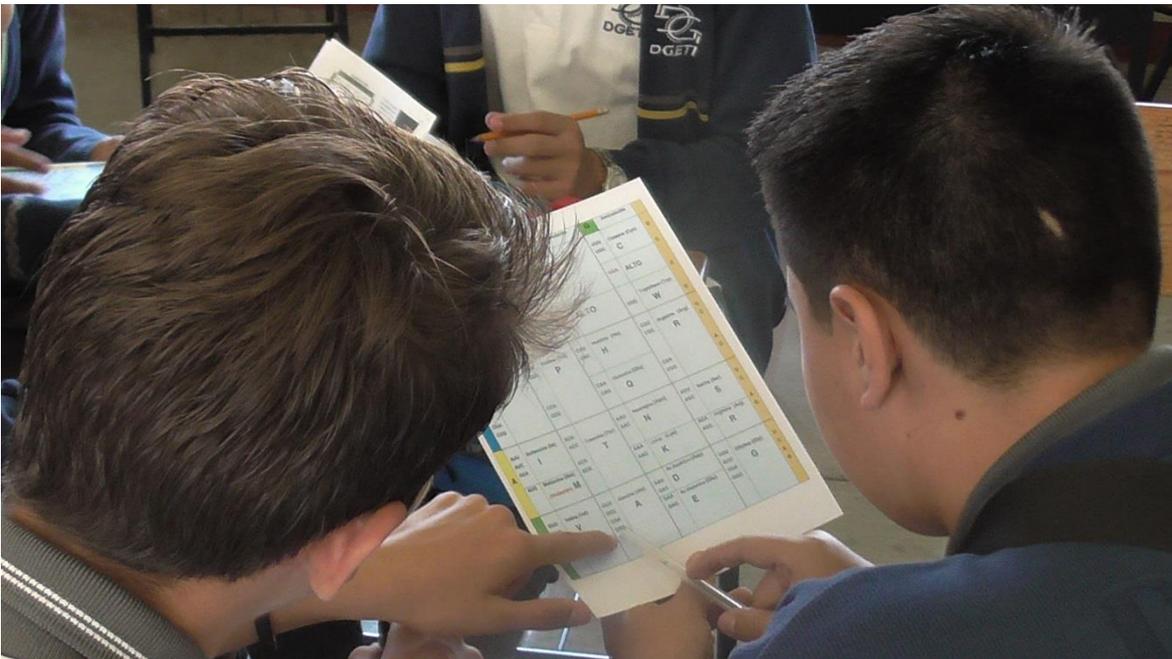


Foto 3. Traducción del mensaje genético en una proteína



Foto 4. Formación de proteína simulada en actividad lúdica final

