

APROPIACIÓN DE CONCEPTOS ESTRUCTURANTES DE GENÉTICA EN ESTUDIANTES  
DE GRADO OCTAVO A TRAVÉS DE ANALOGÍAS: EL CASO DE LA REPRODUCCIÓN  
HUMANA



SANDRA BERMÚDEZ MILLÁN  
YAQUELINE SALCEDO GUERRERO  
YECENIA SANDOVAL LAGOS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD EN EDUCACIÓN  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES  
BOGOTÁ D.C.

2017

APROPIACIÓN DE CONCEPTOS ESTRUCTURANTES DE GENÉTICA EN ESTUDIANTES  
DE GRADO OCTAVO A TRAVÉS DE ANALOGÍAS: EL CASO DE LA REPRODUCCIÓN  
HUMANA



Trabajo de grado para optar por el título de Magíster en Educación con énfasis en Ciencias  
Naturales

SANDRA BERMÚDEZ MILLÁN  
YAQUELINE SALCEDO GUERRERO  
YECENIA SANDOVAL LAGOS

Tutor

DIANA STELLA ÁLVAREZ GONZALEZ  
Doctora en Ciencias Biológicas

Cotutor

ROBINSON ROA ACOSTA  
Doctor en Didáctica de las Ciencias

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD EN EDUCACIÓN  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES  
BOGOTÁ D.C.

2017

## **NOTA DE ADVERTENCIA**

“La universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vean en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia.”

Artículo 23, resolución No 13 del 6 de Julio de 1946, por la cual se reglamenta lo concerniente a Tesis y Exámenes de Grado en la Pontificia Universidad Javeriana.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios quien nos ha iluminado, guiado y fortalecido durante este tiempo de estudio.

A cada una de nuestras familias, quienes han sido un apoyo incondicional en estos dos años de esfuerzo y dedicación.

Queremos también agradecer a los asesores y tutores Diana Stella Álvarez y Robinson Roa Acosta, por su esfuerzo y dedicación en la realización de este proyecto, el cual no se hubiera podido llevar a cabo sin sus conocimientos y orientaciones.

A la profesora Hilba Milena Jiménez, de la Facultad de Educación, por su ayuda incondicional, apoyo y dedicación.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>10</b>
Enseñanza y aprendizaje de la genética.....	10
Uso de analogías como estrategia de enseñanza .....	14
<b>Delimitación del problema.....</b>	<b>17</b>
Planteamiento del problema .....	17
Objetivo general .....	19
Objetivos específicos .....	19
Justificación .....	20
<b>Marco teórico.....</b>	<b>23</b>
Referentes disciplinares de la genética .....	23
Breve recuento de la historia de la genética.....	23
Referentes conceptuales sobre reproducción y genética.....	26
Referentes didácticos y pedagógicos .....	29
Los conceptos estructurantes. ....	30
Enseñanza y aprendizaje de conceptos estructurantes. ....	31
Mapas conceptuales. ....	33
Analogías como estrategia de enseñanza aprendizaje. ....	35
<b>Diseño metodológico.....</b>	<b>37</b>
Método de investigación.....	37
Selección de la muestra .....	38
Revisión y selección de conceptos estructurantes .....	39
Instrumentos de recolección de datos .....	39
Elaboración de instrumentos.....	39
Validación de la herramienta metodológica: Análogo fuente.....	40
Diseño y validación de criterios de valoración. ....	41
Procedimiento en la aplicación de instrumentos .....	42
Sistematización y análisis de datos.....	46
Aspectos éticos .....	46
<b>Resultados y análisis.....</b>	<b>47</b>

Conceptos estructurantes .....	47
Análogo fuente .....	49
Tareas de enlace - Prezi .....	49
Análisis de la apropiación de conceptos estructurantes mediante la analogía .....	56
Concepto principal. ....	56
Jerarquía. ....	58
Relaciones. ....	63
Comparación Jerarquía-Relaciones. ....	69
Conceptualización. ....	72
<b>Conclusiones, recomendaciones e implicaciones investigativas .....</b>	<b>82</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>84</b>

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Análogo fuente .....	40
Tabla 2. Criterios de valoración del mapa conceptual .....	41
Tabla 3. Jerarquías y Relaciones del mapa de conceptos.....	42
Tabla 4. Protocolo para el desarrollo de las clases.....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resultados Pruebas Saber grado Noveno por colegios.....	17
Figura 2. Marco general del diseño metodológico.....	38
Figura 3. Mapa base conceptos estructurantes grado Octavo .....	48
Figura 4. Desarrollo de las tareas de enlace .....	50
Figura 5. Participantes que desarrollaron la tarea .....	51
Figura 6. Tarea de enlace 8, estudiantes A1 y E3 .....	52
Figura 7. Tareas de enlace 2 y 5, estudiantes J3 y E6 .....	53
Figura 8. Tareas de enlace 3, 4 y 6, estudiantes A6 y E7.....	54
Figura 9. Tarea de enlace 7, estudiantes A10 y J8 .....	55
Figura 10. Tarea de enlace 1, estudiantes A4 y E1 .....	56
Figura 11. Comparación concepto principal Pretest–Postest.....	57
Figura 12. Comparación pretest y postest – ubicación Concepto principal, estudiante J4 .....	57
Figura 13. Comparación Jerarquías Pretest – Postest .....	58
Figura 14. Consolidado Jerarquía (Pretest).....	59
Figura 15. Mapas conceptuales Jerarquías, estudiantes E2 y E6 .....	60
Figura 16. Mapa conceptual pretest y postest, estudiante J7 .....	61
Figura 17. Consolidado Jerarquía (Postest).....	61
Figura 18. Consolidado Jerarquías Pretest – Postest.....	62
Figura 19. Mapas conceptuales pretest, estudiantes A2 y E4 .....	64
Figura 20. Comparación Relaciones Pretest-Postest.....	65
Figura 21. Consolidado relaciones (Pretest) .....	65
Figura 22. Consolidado Relaciones Pretest – Postest .....	66
Figura 23. Mapa conceptual pretest y postest, estudiante E3.....	67
Figura 24. Consolidado Relaciones (Postest).....	68
Figura 25. Mapa conceptual pretest y postest, estudiante A5 .....	69
Figura 26. Comparación Jerarquía – Relaciones Pretest.....	70
Figura 27. Comparación Jerarquía – Relaciones Postest .....	71
Figura 28. Consolidado Conceptualizaciones Pretest – Postest.....	73
Figura 29. Mapa conceptual pretest y postest, estudiante A4 .....	79
Figura 30. Mapa conceptual pretest y postest, estudiante A7 .....	80

## ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice A. Genealogía Autobiográfica, plantilla en Prezi .....	93
Apéndice B. Validación de la herramienta metodológica: Analogía .....	94
Apéndice C. Enseñanza con analogías (Felipe et al., 2006) .....	97
Apéndice D. Criterios de valoración del mapa conceptual .....	98
Apéndice E. Consentimiento informado .....	99
Apéndice F. Mapa conceptual de conceptos estructurantes para grado Séptimo.....	100
Apéndice G. Mapa conceptual de conceptos estructurantes para grado Noveno.....	101
Apéndice H. Estructura de presentación de conceptos .....	102
Apéndice I. Consolidado pretest y postest .....	104
Apéndice J. Consolidados Jerarquía y Relaciones – pretest y postest .....	106
Apéndice K. Consolidado conceptualizaciones de los estudiantes por colegio .....	108
Apéndice L. Conceptualizaciones (conceptos estructurantes) de los estudiantes por colegio - pretest .....	110
Apéndice M. Conceptualizaciones (conceptos estructurantes) de los estudiantes por colegio - postest.....	113
Apéndice N. Comparación Jerarquía – Relaciones – pretest y postest .....	116
Apéndice O. Comparación Jerarquía, Relaciones y Concepto principal - pretest y postest .....	118
Apéndice P. Conceptos Pretest – Postest .....	121
Apéndice Q. Consolidados Jerarquías y Relaciones - pretest y postest .....	122
Apéndice R. Consolidado Jerarquía y Relaciones por colegio – pretest y postest.....	123
Apéndice S. Tarea según la instrucción asociada al concepto .....	125
Apéndice T. Ejemplo mapas conceptuales elaborados por estudiantes en pretest.....	126
Apéndice U. Ejemplo mapas conceptuales elaborados por estudiantes en postest.....	129
Apéndice V. Ejemplo conceptualizaciones elaboradas por estudiantes en pretest .....	132
Apéndice W. Ejemplo conceptualizaciones elaboradas por estudiantes en postest .....	134
Apéndice X. Ejemplo tareas de enlace asociadas al concepto elaboradas por estudiantes .....	135

## Introducción

La presente investigación surge de la necesidad de mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje de la genética que se han desarrollado en las instituciones educativas oficiales: Alfonso López Michelsen (localidad de Bosa), Eduardo Santos (municipio de Soacha) y Jairo Aníbal Niño (localidad de Kennedy).

La complejidad de la enseñanza de la genética requiere tener claridad y buen manejo de conceptos estructurantes, ya que “es uno de los apartados de la biología más difícil de entender por el alumnado y de los que reúne más dificultad conceptual” (Íñiguez y Puigcerver, 2013, p. 307), por lo tanto, se requiere investigar y desarrollar propuestas educativas orientadas a mejorar la apropiación y adquisición de conocimientos en esta temática y elaborar estrategias de enseñanza dirigidas a mejorar los niveles de conocimiento de los estudiantes, en este caso de secundaria (grado Octavo).

Diversas investigaciones han evidenciado la necesidad de investigar y desarrollar propuestas educativas orientadas a mejorar la apropiación y adquisición de conocimientos de genética, sin embargo, se entiende que “antes de abordar aspectos más complejos relacionados con la herencia biológica, es necesario que los estudiantes comprendan algunas características básicas de los seres vivos, como su estructura celular o su reproducción” (Ayuso y Banet, 2002, p.143).

Esta investigación busca facilitar a través del uso de las analogías la apropiación de conceptos estructurantes de la genética vistos desde la reproducción humana con el fin de mejorar el aprendizaje de la genética.

Se parte de los principios teóricos de la genética y los lineamientos del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN), haciendo énfasis en los conocimientos sobre reproducción, de donde emergen los conceptos estructurantes propuestos en esta investigación. De igual forma, se sustenta en los referentes didácticos y pedagógicos sobre la idea de concepto estructurante (Gagliardi) y cómo enseñar y aprender los conceptos de acuerdo con los planteamientos de Ignacio Pozo y Alicia Costamagna, entre otros.

La investigación tiene un diseño metodológico cuantitativo y cualitativo, desde el cual se proponen y analizan conceptos estructurantes de la genética que orientaron el diseño de unos análogos fuente para la enseñanza y aprendizaje de dichos conceptos, a un grupo de 30 participantes, en 10 sesiones de clase. Se aplicó además pretest y postest que consistió en la elaboración de un mapa conceptual en relación con la definición de los conceptos estructurantes: células germinales, meiosis, gametos, cromosomas, ADN, gen, locus, ARN y sexualidad humana.

Los resultados obtenidos en las pruebas de entrada y salida evidenciaron un cambio en la mayoría de los participantes, a partir de los cuales podemos determinar la importancia de las concepciones previas y del uso de estrategias didácticas, como los análogos fuente, para facilitar el uso de conceptos abstractos y de difícil comprensión.

## **Antecedentes**

Con la intención de orientar el presente trabajo de grado, se consultaron algunas publicaciones realizadas entre los años 1999 y 2014, relacionadas con el estudio de las dificultades en la apropiación de conceptos en genética; procesos, estrategias y métodos de enseñanza, así como la utilización de analogías en educación.

Esta revisión bibliográfica permitió conocer, analizar y comprender cómo se transforman los procesos de enseñanza a través de los últimos años, así como las investigaciones realizadas con estudiantes y docentes en diferentes momentos, permitiendo comprender, no sólo la importancia de educar en genética en secundaria sino, al mismo tiempo, los objetivos y metas que se quieren conseguir con el estudiante para que encuentre en ella significado y aportes para su contexto.

Igualmente, se tuvieron en cuenta investigaciones que, si bien no se relacionan directamente con la enseñanza de la genética, si utilizan las analogías como estrategia didáctica en el área de ciencias naturales.

### **Enseñanza y aprendizaje de la genética**

Banet y Ayuso (1995) realizan un análisis sobre las causas que pueden influir en el aprendizaje de la genética por parte de estudiantes de secundaria, entre los 12 y 17 años. Encuentran que es necesario revisar los contenidos que se van a enseñar ya que, por ejemplo, muchos profesores se limitan a enseñar las leyes de Mendel como un tema esencial en la historia de la genética, dejando atrás conceptos básicos y negando su relevancia en el estudio de esta ciencia. Sin embargo, no se pretende dejar por fuera los aportes realizados por Mendel, sino que primero el estudiante debe conocer conceptos básicos, como la célula y su relación con la información hereditaria, o conceptos como cromosoma, mitosis, meiosis y gen.

Por su parte, Bugallo (1995) realiza una exploración del desarrollo histórico de la enseñanza de la genética y los problemas que presenta su aprendizaje. Explicita que desde la década de los setenta se inician estudios acerca de la respuesta de los estudiantes de secundaria hacia el

aprendizaje de la genética, encontrando que presentan dificultades con el uso de la terminología, las relaciones entre conceptos y su comprensión, la resolución de problemas y el trabajo práctico en genética, es decir, la experimentación. Teniendo en cuenta lo anterior, el autor propone, bajo la luz del constructivismo, que al estudiante se le enseñe la relación entre el conocimiento conceptual y las estrategias de resolución de problemas y, de esta forma, facilitar la comprensión significativa de nuevos conceptos.

Ayuso (2000) analiza los problemas que se presentan en la enseñanza y el aprendizaje de la genética realizando sugerencias de mejora desde una perspectiva constructivista. Dentro de los objetivos planteados, indaga los conocimientos previos que poseen los estudiantes de los grados 1° BUP (13 – 15 años), 4° ESO (14 – 16 años) y COU (17 – 20 años) al iniciar el curso, luego establece las dificultades que presentan al adquirir nuevos conocimientos y, por último, diseña y aplica una propuesta que intenta volver más significativos los aprendizajes. Al término de su investigación se encuentra que los estudiantes tienen dificultades conceptuales antes de llegar al nuevo curso, confundiendo términos como célula, cromosoma o gen y desconociendo su función. La propuesta de este investigador destaca la importancia de las ideas previas de los estudiantes y la necesidad de que ellos participen de forma activa en la construcción de su conocimiento, teniendo en cuenta el entorno social en el que viven y que así, el conocimiento se vuelva más significativo para ellos.

Sigüenza (2000) expone las dificultades de la comprensión de la genética por parte de los estudiantes de primero de bachillerato (LOGSE). El autor cita los estudios realizados por Ayuso, Banet y Abellán (1996), indicando que las dificultades son de tipo conceptual; así como los estudios de Walker, Hendrix y Mertens de 1980, donde indican que son relacionadas con el nivel de desarrollo cognitivo y con el enfoque de los problemas y su resolución, dando importancia a este último y planteando como estrategia que el estudiante construya modelos mentales resolviendo problemas de la genética clásica. Sigüenza concluye que el proceso de enseñanza debe realizarse bajo el contexto de la percepción cognitiva favoreciendo el desarrollo de destrezas por parte de los estudiantes.

Siguiendo la misma línea de investigación que los caracteriza, Banet y Ayuso (2000) analizan las estrategias de enseñanza de los docentes de secundaria en el campo de la genética. Encuentran que antes de enseñar conceptos de genética a los estudiantes, es necesario que tengan

conocimiento previo acerca de la localización en la célula de elementos como los cromosomas, gen y alelo. Por tanto, es necesario reestructurar los programas de enseñanza en genética, permitiendo que el estudiante comprenda inicialmente conceptos básicos (cromosoma, gen y alelo) para lograr mejores resultados.

Íñiguez (2005), en su tesis doctoral, realiza un amplio estudio de antecedentes sobre la didáctica de las ciencias, enfocándose principalmente en la genética y en los problemas que presentan los modelos tradicionales de enseñanza. Encuentra que los docentes no tienen en cuenta los conocimientos previos del estudiante, por tanto, enseñan conceptos que no presentan relevancia para ellos y que no entrelazan con lo ya aprendido en años anteriores. El docente de forma magistral lleva una lista de conceptos que obliga al estudiante a memorizar, pero que al final no son relevantes ni prácticos para ellos. Por lo anterior, el autor plantea una estrategia didáctica, basada en el modelo constructivista, con el objetivo de que el estudiante manifieste ideas más complejas, correctas y elaboradas relacionadas con la temática. Esta propuesta permite modificar las concepciones detectadas en la pre-prueba y demostrar que los resultados académicos de los estudiantes que fueron intervenidos con la estrategia fueron superiores comparados con los arrojados por los estudiantes que aprendieron con la educación tradicional.

Para ampliar su anterior investigación, Íñiguez junto con Puigcerver (2013) realiza un estudio para mejorar la comprensión de los procesos de aprendizaje de la genética; en sus conclusiones previas encontraron que, dentro de las temáticas de Biología que se proponen en las instituciones educativas, esta es una de las más conflictivos especialmente por el modelo tradicional que se usa para su enseñanza. Con esta propuesta se busca que el estudiante de cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria, alcance un mayor y mejor conocimiento de la estructura del material genético y de los procesos de transmisión de la información hereditaria. Como conclusión de esta investigación se destaca que al grupo al cuál se le aplicó esta propuesta obtienen valores elevados en las pruebas aplicadas al finalizar la intervención. Este trabajo nos presenta una propuesta didáctica fundamentada en los principios del constructivismo, que toma como referencia el modelo de cambio conceptual teniendo en cuenta las ideas previas de los estudiantes.

Al mismo tiempo, en Colombia se han desarrollado varios estudios relacionados con la enseñanza de la genética, así como estrategias para lograr apropiación de conceptos por parte de los estudiantes y dificultades que los estudiantes presentan en el aprendizaje de la temática. En

cuanto a estas, se presentan las investigaciones que tienen relación directa con las características de los sujetos del estudio en este trabajo de investigación, estudiantes de grado Octavo de básica secundaria.

Dentro de los estudios encontrados está el realizado por Barrero (2011), quien presenta una propuesta didáctica sobre la enseñanza de cruces genéticos a partir de las ideas previas de los estudiantes. Aunque no se implementa, esta busca que los estudiantes presenten cambios conceptuales y un aprendizaje significativo de los contenidos relacionados con división celular, conceptos genéticos y leyes de Mendel y, al mismo tiempo, desarrollar habilidades de pensamiento con actividades lúdico experimentales. Esta investigación sustenta la importancia de identificar los conocimientos previos para construir los nuevos.

Yaguara (2013) inicia su investigación explorando los conceptos previos de los estudiantes de grado Octavo relacionados con la temática de las leyes de Mendel, los cuáles analiza para determinar las problemáticas cognitivas, con el fin de retroalimentar y reorientar estos conceptos, construyendo un fundamento conceptual previo para aplicar una propuesta en el aula que permita a los estudiantes comprender esta temática y algunos conceptos básicos para mejorar los procesos de aprendizaje. Al finalizar su estudio, Yaguara identifica varias problemáticas que se presentan en el aprendizaje, entre ellas, que no diferencian conceptos como reproducción sexual y asexual, por tanto, no las relacionan como la principal razón de la variabilidad genética, tampoco tienen claras las funciones que cumplen las células sexuales, ni tampoco determinan que todo ser vivo tiene ADN, y no lo relacionan de forma directa con los cromosomas y los genes. Por esto, enuncia que es necesario determinar los problemas cognitivos relacionados con los conceptos previos de los estudiantes si se quiere garantizar un efectivo proceso de enseñanza-aprendizaje, y así integrar los nuevos conocimientos para que el estudiante alcance el mayor nivel de comprensión de la temática que se esté abordando.

Por su parte, Villa y Torres (2011) muestra los resultados arrojados en varias investigaciones, donde observan que los procesos de enseñanza – aprendizaje son poco significativos para los estudiantes, toman como base las preconcepciones de los estudiantes y los relacionan con las bases históricas como referentes teóricos que permitan orientar el proceso de manera diferente, dando significancia a los estudiantes y así construir sus propios conceptos.

Muchas de las estrategias aplicadas a los estudiantes, con el objetivo de potencializar los procesos de aprendizaje de la genética, tienen que ver con el uso de las tecnologías de la información (TIC), ya son llamativas y motivadores. Tal es el caso de Arango (2013), quien diseña y aplica una estrategia mediante el uso TIC para propiciar aprendizajes significativos en el grado octavo. Desarrolla un curso virtual de cuatro semanas en el que trabajan conceptos como ADN, leyes de Mendel y conceptos básicos en genética, utilizando la plataforma *Moodle*. Comprueba, al finalizar su investigación, que esta estrategia es apropiada para obtener aprendizajes significativos y, por ende, mejores resultados académicos en su etapa secundaria, ya que los estudiantes presentan mayor motivación por aprender.

Finalmente, Becerra (2013) propone una secuencia didáctica para el desarrollo de aprendizajes con estudiantes de grado noveno, abordando el concepto de la estructura de los ácidos nucleicos (ADN) desde una práctica científica como experiencia de aprendizaje significativo. Como conclusión de su investigación determina que no todos los estudiantes aprenden a ritmos iguales y que los conceptos teóricos adquieren significancia si se relacionan con su contexto, pero todo esto depende de los instrumentos y estrategias que utilice quien enseña.

De las anteriores investigaciones podemos destacar que los estudiantes presentan problemas para comprender los conceptos en genética, y por ello es necesario revisar tanto los contenidos curriculares como las estrategias didácticas empleadas por los docentes para la enseñanza de estos, al mismo tiempo dar relevancia a las ideas previas, ya que con estas se construyen los nuevos conocimientos.

### **Uso de analogías como estrategia de enseñanza**

Una de las estrategias metodológicas empleadas para la enseñanza de la ciencia es el uso de analogías. Se encontraron estudios que reconocen su efectividad y los resultados que en los estudiantes produce, facilitando la apropiación de conceptos.

Dagher (1995) realiza una revisión de los trabajos realizados sobre la eficacia de las analogías en la educación científica. Presenta estudios realizados que dan cuenta de la eficacia de las analogías, bien sea encontradas en libros textos o creadas por docentes para facilitar el

aprendizaje de los conceptos científicos. Los resultados indican que el debate no debe centrarse en si son o no útiles las analogías, sino cuáles deben ser las condiciones necesarias, desde el punto de vista didáctico, que mejoren la efectividad de la analogía en la enseñanza.

Aragón, Bonat, Oliva y Mateo (1999), en su artículo de revisión, reconocen las analogías como un recurso didáctico valioso en el proceso de construcción del conocimiento y en la enseñanza de la ciencia. Describen las analogías como herramientas que permiten aclarar conceptos y facilitar a los estudiantes el poder comprenderlos ya que conectan lo familiar y conocido con lo desconocido. Aclaran que no deben confundirse con metáforas o símil y que no es la finalidad del aprendizaje, sino un instrumento de anclaje que sirve para alcanzar la comprensión de lo que se quiere enseñar.

Oliva et al. (2001) analizan las ventajas y dificultades de las analogías como recurso didáctico, resaltando su importancia en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Definen algunos criterios que pueden ser útiles en la elección del contenido de la analogía, indican patrones necesarios para su utilización en el aula y, por último, lo que debería ser la finalidad de la analogía.

Por otro lado, Galagovsky y Aduriz-Bravo (2001) definen y ejemplifican el concepto de modelo didáctico analógico. Destacan que estas representaciones pueden ser usadas de diversas formas en el aula con variada efectividad en el aprendizaje, sin embargo, dan recomendaciones para el uso de las representaciones analógicas que ayuden al estudiante a dar significado a los contenidos nuevos por asociación y, de esta forma, se apropie del conocimiento esperado.

Una de las investigaciones que reviste gran importancia para el proceso de investigación del presente trabajo es la efectuada por Felipe, Gallareta y Merino (2006), quienes realizan valiosos aportes para la utilización de analogías en la enseñanza de las ciencias. Consideran, que las analogías son una de las herramientas más utilizadas en la enseñanza para explicar contenidos científicos y para facilitar el proceso de aprendizaje de nuevos conceptos de una manera más sencilla para los estudiantes. Al mismo tiempo, señalan que su utilización requiere el diseño de una estrategia para su aplicación, ya que el estudiante no debe considerarla como el centro de lo que debe aprender, sino como una herramienta para apropiarse del concepto que está adquiriendo.

Entre los trabajos de investigación desarrollados por estudiantes de pregrado y posgrado de diferentes universidades en Colombia, se encuentran especialmente diversos trabajos en química

y algunos temas de biología, que permiten evidenciar la relevancia de las analogías en los procesos de enseñanza – aprendizaje en diferentes instituciones educativas. Sáenz (2012), quien al evidenciar que los estudiantes tienen dificultades para el aprendizaje de los procesos básicos de biología, en especial, la fotosíntesis, formula una unidad didáctica utilizando las analogías como su herramienta principal.

Buitrago (2015), en su tesis de Maestría, analiza el papel de las analogías como estrategia didáctica y su influencia en los aprendizajes, bajo el marco conceptual de la respiración metabólica en estudiantes de grado Séptimo de una institución educativa ubicada en Risaralda. Al caracterizar las analogías, la investigadora las divide en: analogías construidas por el docente, analogías de libros de texto, y el Modelo Didáctico Analógico (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001); como conclusión indica que las analogías han sido utilizadas por varios docentes, pero que no se evidencia que sean los estudiantes quienes construyen sus propias analogías. Al construirlas, los estudiantes logran interactuar con el lenguaje científico y adoptar posiciones críticas frente a sus conocimientos y las implicaciones que tienen éstos en su cotidianidad.

Después de realizar las consultas en las bases de datos de la Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Nacional de Colombia y Universidad de los Andes sobre el uso de las analogías en el área de la genética en Colombia, no se encontraron evidencias de los mismos. Esta situación nos plantea la importancia de utilizar las analogías para potenciar el uso de conceptos estructurantes en el área de la genética en los estudiantes de bachillerato.

## Delimitación del problema

### Planteamiento del problema

A partir de los resultados de las evaluaciones internas de los estudiantes de grado Noveno (notas finales institucionales) y externas (nacionales) Pruebas Saber grado Noveno del 2012 y 2014 (ICFES, 2015) de los tres colegios participantes en la investigación, se identificaron niveles mínimos en Ciencias Naturales (ver figura 1), lo que evidencia la falta de conocimientos en el área y las dificultades de los estudiantes en el manejo de conceptos y contenidos de genética, entre otros, así como conocimientos suficientes para solucionar situaciones problema relacionadas con la reproducción y la herencia.

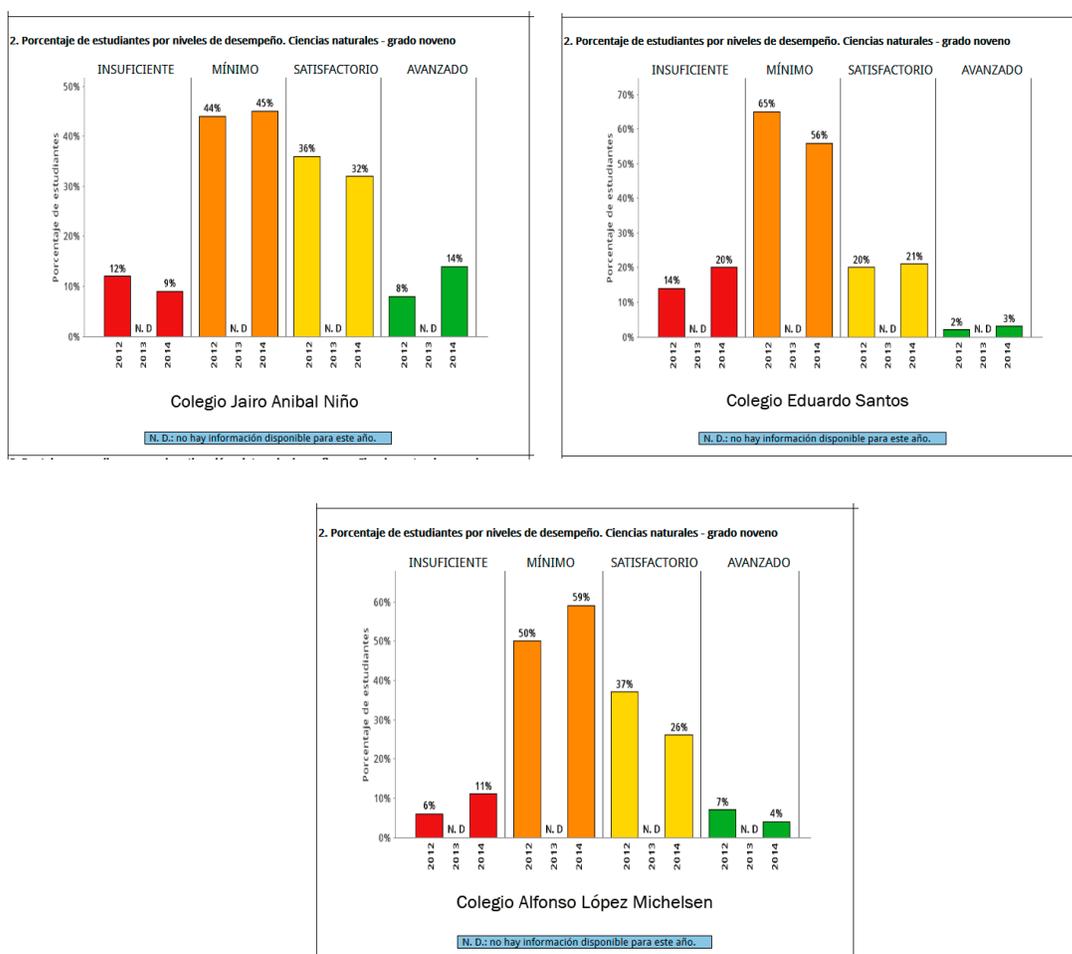


Figura 1. Resultados Pruebas Saber grado Noveno por colegios

En el caso del Colegio Jairo Aníbal Niño, el 45% de los estudiantes de grado Noveno obtuvieron resultados mínimos en Ciencias Naturales en la Prueba Saber 9 del 2014; en el colegio Eduardo Santos el 56% obtiene bajos resultados; y el 59% de los estudiantes del colegio Alfonso López Michelsen obtienen la valoración mínima. Esto nos demuestra que en las tres instituciones los estudiantes no poseen conocimientos básicos y su saber científico no es suficiente para resolver problemas y explicar fenómenos naturales (ICFES, 2015). Así pues, de acuerdo con el criterio de evaluación de las Pruebas Saber, un porcentaje amplio de los estudiantes presentan el nivel de desempeño mínimo.

Por otro lado, según los estándares del MEN (2006), los estudiantes de grado Noveno deben comprender conceptos relacionados con la organización de los seres vivos, estructura y función celular, y la reproducción, con los cuales puedan identificar la importancia de los organismos y las diferentes interacciones entre ellos, y así poder consolidar dichos conceptos y facilitar la comprensión de temáticas como la genética mendeliana y la molecular. Esto nos plantea la necesidad de lograr que los estudiantes estructuren conceptos necesarios para entender la complejidad de la genética.

En este sentido, investigaciones como la de Ayuso y Banet (2002) señalan que la complejidad de los contenidos desarrollados en genética hace necesario el manejo de conceptos estructurantes para relacionar los conocimientos previos con los nuevos. Se identifica que conceptos como: células germinales, sexualidad humana, meiosis, gametos (óvulos, espermatozoides), cromosomas, ADN, gen, locus, RNA, son fundamentales para la apropiación de los temas referentes a la genética.

Además, es común encontrar en los medios de comunicación información relacionada con clonación, terapias génicas, transgénicos, alimentos modificados genéticamente, entre otros, que es presentada desde un ámbito científico que en muchas ocasiones es inalcanzable, teóricamente para los estudiantes, ya que no son términos familiares para ellos y no cuentan con un referente conceptual desde el ámbito escolar que les permita reconocerlos, lo que evita que tengan una visión crítica y propositiva sobre dicha información.

Por esto se hace necesario, como docentes de estos grados, aplicar una estrategia que permita familiarizar a los estudiantes con los conceptos estructurantes y, de esta forma, mejorar la

comprensión del mundo científico y de su cotidianidad. En este sentido Blanco (2004) señala que “la persona preparada científicamente tiene que poseer un bagaje suficiente de conocimientos sobre los hechos, conceptos, estructuras conceptuales y habilidades que le permitan seguir aprendiendo lógicamente” (p. 74) y en la escuela se deben implementar acciones que favorezcan esta situación.

Por consiguiente, en la búsqueda de estrategias para la alfabetización científica desde el conocimiento escolar para la comprensión de la genética, la presente investigación se planteó como pregunta central: *¿es posible mejorar la apropiación de los conceptos estructurantes de la genética en el marco de la reproducción humana a través de la estrategia de analogías que permitan relacionar con significados cotidianos de estudiantes de grado Octavo en las instituciones educativas Alfonso López Michelsen, Jairo Aníbal Niño y Eduardo Santos?*

### **Objetivo general**

Favorecer la apropiación de conceptos estructurantes de la genética enfocados desde la reproducción humana a través de la estrategia de analogías en estudiantes de grado Octavo de las instituciones educativas Alfonso López Michelsen, Eduardo Santos y Jairo Aníbal Niño.

### **Objetivos específicos**

Identificar los conceptos estructurantes para la construcción de una estrategia a través de analogías para la enseñanza de la genética.

Diseñar y validar una estrategia a través de analogías que permitan que los estudiantes se aproximen a los conceptos estructurantes de la reproducción humana.

Favorecer en los estudiantes las relaciones entre los conceptos estructurantes de reproducción humana y su significado cotidiano.

Evaluar la apropiación de conceptos estructurantes por medio de la estrategia de analogías en los estudiantes.

## **Justificación**

El estudio de la genética se ha considerado parte de la enseñanza de la herencia biológica en la educación básica secundaria ya que, además de ser una ciencia fundamental para entender la biología, el conocimiento acerca de la herencia de los seres vivos facilita en el estudiante una aproximación teórica de cómo se establecen las características fenotípicas y genotípicas de organismos que ellos observan en su cotidianidad y, de esta manera, entender la dinámica de la vida en el planeta desde la reproducción, consiguiendo con esto propiciar en ellos el cuidado y respeto de todo cuanto lo rodea, y de sí mismos.

Se encuentra que los lineamientos curriculares de Ciencias Naturales (MEN, 1998), los estándares básicos de competencias (MEN, 2006), y documentos de reorganización por ciclos (SED, 2008) son los referentes que orientan los procesos de enseñanza aprendizaje en las escuelas colombianas, en donde sobresale la importancia de “reflexionar sobre la responsabilidad social de la escuela como institución encargada de potenciar el desarrollo de aprendizajes que orienten las acciones y la toma de decisiones de los sujetos para mejorar su calidad de vida” (Ruiz, Bustos, Gómez, Otero y Duarte, 2014, p. 10), según lo plantean dichos documentos, estos aprendizajes permiten al estudiante contar con un bagaje conceptual útil para la solución de problemas.

Sin embargo, los bajos resultados obtenidos por Colombia en las pruebas internacionales *Program for International Student Assessment* [PISA] en Ciencias Naturales (PISA, 2008), y por las tres instituciones en las Pruebas Saber, permiten entender que “si el currículo pretendido en el área de ciencias, no abarca los dominios conceptuales y cognitivos requeridos en las evaluaciones internacionales (...) entonces, los estudiantes obtendrán niveles bajos en el desempeño del área” (Gamboa, 2014, p. 1). Es necesario entonces crear estrategias que permitan un mejor dominio conceptual por parte de los estudiantes en el área de ciencias naturales, para mejorar su comprensión, especialmente de la genética ya que, al observar las Pruebas Saber, se encuentra que

un amplio número de preguntas van orientadas a las temáticas de reproducción, herencia y genética.

Y es que dentro de las dificultades que se detectan en los jóvenes en cuanto al aprendizaje de la genética, según estudios realizados por autores como Ayuso (2000), Íñiguez (2005) y Barrero (2011), se encuentra el manejo y apropiación de conceptos básicos o estructurantes que faciliten el entendimiento de las diferentes temáticas en la secundaria relacionadas con la ciencia, así como su aplicabilidad con significados cotidianos.

Es por ello necesario la comprensión de la genética ya que está involucrada en el día a día de los estudiantes, incluso sin ser conscientes de ello, porque les permite, entre otras cosas, entender el por qué y cómo se formaron como humanos, sus características físicas, fisiológicas y genéticas únicas, comprender cómo los miembros de una misma familia siendo hijos de los mismos padres pueden presentar diferencias en sus rasgos físicos, o por qué algunas enfermedades las padecen varios miembros de una familia y la importancia de la historia genética y de la salud.

En el desarrollo de la sociedad se ha detectado que “la comprensión de la genética mostrada por el público corriente es muy baja. Es probable que el conocimiento y comprensión de los jóvenes, y sus opiniones y actitudes, se deban en parte a la enseñanza formal en las escuelas” (Wood-Robinson, Lewis, Leach y Driver, 1998, p. 44), por esto, se hace necesario aplicar una estrategia que permita familiarizar a los estudiantes con dichos conceptos y, de esta forma, mejorar la comprensión del mundo científico actual y de su cotidianidad.

En otras palabras, “los individuos necesitan un cierto grado de conocimientos científicos para abordar la ciencia y la tecnología tal como se presentan en la sociedad moderna” (Wood-Robinson et al., 1998, p. 44), por ello, cuando los estudiantes deben hacer uso de ese conocimiento científico, desde su contexto, no logran hacerlo de manera adecuada y esto conlleva a que sean ciudadanos analfabetas científicos que no pueden adoptar una postura crítica.

Es por todo lo anterior que se hace necesario aplicar una estrategia que permita familiarizar a los estudiantes con estos conceptos, despertando su curiosidad e interés y, de esta forma, mejorar la comprensión del mundo científico actual, por medio del uso de las analogías como una estrategia facilitadora para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la genética y enlazar los

conceptos estructurantes, a partir de una autobiografía genealógica (Mi genealogía), con sus significados cotidianos.

## **Marco teórico**

### **Referentes disciplinares de la genética**

En este apartado se muestra un breve recuento de la historia de la genética y sus avances, enmarcado en la genética mendeliana, la genética molecular y la genómica. También se presentan los conceptos científicos estructurantes de la genética desde el campo de la reproducción humana utilizados para el desarrollo de la investigación.

#### **Breve recuento de la historia de la genética.**

A lo largo del desarrollo de la sociedad, la genética ha ocupado un importante lugar. Aunque se reconoce como un campo de la biología solo desde el siglo XIX, desde mucho antes ya las personas se preguntaban por la herencia de las características físicas, no solo de los seres humanos, sino de los animales y de las plantas, con especial valor en la crianza de animales y los cultivos de vegetales; el conocimiento de la herencia adquiere especial relevancia como una manera de manipular ciertas características que permitieran mejorar especies, de allí la trascendencia del conocimiento de esta disciplina a través de la historia.

Fue William Bateson (1861- 1926) quien “propuso el término Genética para dar nombre al nuevo campo de la Biología dedicado a investigar las reglas gobernantes de la herencia y la variación entre individuos” (Maggi, 2012, p. 21),

Indica suficientemente que nuestro trabajo está dedicado a la aclaración del fenómeno de la herencia y variación: en otras palabras, a la fisiología de la descendencia, lo cual significa tener relación con los problemas teóricos de los evolucionistas y sistemáticos y aplicaciones a los problemas prácticos de los criadores de plantas o animales. (Pardo, 2004, p. 19)

Es allí en donde se da inicio a una serie de investigaciones que han permitido considerables avances en la ciencia y la medicina y durante el siglo XX, numerosas investigaciones apuntaron al campo de la genética, inspirados ya sea por el afán de conocer cómo se transmite la herencia de

generación en generación, saber cómo se guarda la información genética en las células o conocer las razones de por qué somos lo que somos.

Para empezar, Gregor Mendel, sacerdote de la orden de San Agustín, nacido en 1822, se caracterizó por aplicar el método científico a sus experimentos que le permitieron ver “los caracteres hereditarios como entidades que se transmiten independientemente entre ellos. Fue el primero en interpretar a los seres vivos como un mosaico de caracteres con transmisión hereditaria independiente” (García, 2014, p. 137), porque “hasta ese entonces la herencia era considerada como un continuo donde se mezclaban los caracteres heredados de los progenitores para sustituir situaciones intermedias” (García, 2014, p. 137).

Mendel pudo observar la existencia de caracteres dominantes que aparecen respecto a los recesivos en los individuos de la siguiente generación, lo que le llevó a establecer la ley de la uniformidad. En la segunda ley se observa que “la descendencia obtenida por autofecundación de los híbridos no es uniforme, sino que existe la relación 3:1. Este es el principio o ley de la segregación” (García, 2014, p. 140). Es decir, que debe existir separación del alelo, “formas distintas de un gen determinado, que confiere variabilidad a los individuos” (Audesirk, Audesirk y Byers, 2003, p. 198), de cada uno de los padres, así se transmitirá la información genética a la descendencia. En la tercera ley, Ley de la Herencia Independiente de Caracteres, se establece la existencia de rasgos independientes, “unidades hereditarias que se transmiten sin ser modificadas por los gametos de generación en generación” (García, 2014, p. 140).

Mendel expresó sus descubrimientos en probabilidades matemáticas a través del cuadro de Punnett, “una plantilla que permite determinar los tipos de cigotos producidos cuando se fusionan dos gametos con un genotipo definido” (Passarge, 2009, p. 142). Allí se pudo evidenciar que “una cepa pura tiene dos factores iguales (**AA**) y un híbrido desigual (**Aa**). Cuando el híbrido **Aa** se autofecunda da dos tipos de células sexuales con la misma probabilidad, unas llevan el factor **A** y otras el **a**” (García, 2014, p. 140), lo que conlleva diversas probabilidades. Es así como “Mendel establece la existencia de algo que se conserva en las células reproductoras, ese elemento que luego sería identificado como el gen” (García, 2014, p. 140); por sus grandes aportes Mendel es considerado como el padre de la genética.

Durante la década de 1880, con la invención de los microscopios ópticos, los científicos mejoraron sus observaciones; es así como el biólogo alemán Walther Fleming observa cromosomas durante la división celular, sin embargo, se entiende que “la ciencia de la Genética se originó formalmente en 1900, cuando fueron redescubiertas las leyes de Mendel por los biólogos De Vries, Correns y Tschermak” (Cruz-Coke, 1999, p. 1524). Esta etapa histórica, conocida como el redescubrimiento de las Leyes de Mendel, inicia cuando “en marzo de 1900 el holandés Hugo De Vries publicó dos artículos, en uno de los cuales sus resultados numéricos coincidían con los obtenidos por Mendel” (Pardo, 2004, p. 18), estos experimentos llevaron a que otros investigadores unieron esfuerzos y fue así como “en 1902 William Sutton de la Universidad de Columbia planteó que de cada par de cromosomas que se apareaban durante el proceso de meiosis, uno debería ser de origen paterno y el otro de origen materno” (Pardo, 2004, p. 19). Fue Wilhelm Johannsen quien en 1909 propone la palabra genes “para designar a los viejos “factores” de Mendel, una palabra que puede ser útil como “una expresión de los “factores”, “elementos” o “alelomorfos” en los gametos, demostrados por los modernos investigadores mendelianos” (Pardo, 2004, p. 19).

Más adelante, “hacia el año 1929 ya se había establecido la existencia de los dos tipos de ácidos nucleicos (ADN y ARN) y que era el ADN el ácido que contenían los cromosomas, los cuales también estaban compuestos de proteínas” (Pardo, 2004, p. 20), esto permite que se dé inicio al estudio del ADN desde la química y se identifican sus componentes: “dos clases de pentosas (azúcares de cinco carbonos) llamadas ribosa en el ácido ribonucleico (ARN) y desoxirribosa en el ADN” (Pardo, 2004, p. 20).

Estudios moleculares a nivel del ADN encontraron la existencia de enzimas de restricción “bisturís biológicos, que poseen la singular propiedad de cortar en puntos muy precisos del filamento del DNA” (Ciccone, 2005, p. 229), lo que ha permitido su estudio y el paso a la ingeniería genética. Posteriormente, los científicos Joshua Lederberg y Edward Tatum (1946) demostraron la existencia de genes recombinantes presentes en las bacterias *E. coli*, y determinaron que el ADN recombinante “realiza la asombrosa tarea de introducir un nuevo gen en el genoma de una célula determinada” (Ciccone, 2005, p. 229). Este descubrimiento ha permitido “ubicar, analizar, alterar, estudiar y recombinar secuencias de ADN” (Pierce, 2009, p. 504).

Este nuevo conocimiento molecular de la célula, en especial “el descubrimiento de la estructura del ADN en 1953” (Pierce, 2009, p. 13), abre paso a la genética molecular, cuyo campo de estudio “se ocupa de la naturaleza química del propio gen: como se codifica, se replica, y se expresa la información genética”. (Pierce, 2009, p. 5). A mediados del siglo XX los científicos James Watson y Francis Crick buscando revelar “el mecanismo de la multiplicación de los genes” (Pardo, 2004, p. 29), describen la estructura del ADN como una doble hélice que “está formada por dos hebras complementarias, cada una de ellas constituida por cuatro subunidades o nucleótidos que se aparejan de dos en dos: adenina (A), citosina (C), guanina (G) y timina (T)” (Comas, 2001, p.16)

Todos estos avances allanaron el camino a la genómica, una rama de la genética que “intenta comprender el contenido, la organización, la función y la evolución de la información genética contenida en el genoma” (Pierce, 2009, p. 548), especialidad que ha permitido mayores avances en medicina y biotecnología en la actualidad.

El ambicioso Proyecto Genoma Humano, que comenzó en octubre de 1990 y buscaba la secuenciación del genoma humano completo, se llevó a cabo por dos grupos de investigación “un consorcio internacional de investigadores sostenidos con fondos públicos y una empresa privada; ambos completaron el borrador de la secuencia en el 2000. La secuencia completa se obtuvo en el 2003” (Pierce, 2009, p. 556). Sin lugar a dudas ha sido un largo camino, pero finalmente conocemos la estructura genómica del ser humano; todo esto “nos conduce a plantearnos cuestiones íntimamente relacionadas con la genética, los genes y el DNA, y algunas de ellas repercutirán en el aspecto ético de la aplicación de la ciencia” (Comas, 2001, p.17), ya que indiscutiblemente se abre un gran espectro de posibilidades.

### **Referentes conceptuales sobre reproducción y genética.**

En el proceso de enseñanza aprendizaje existen conceptos estructurantes para cada disciplina “desde el área de la enseñanza de la biología, la dificultad que confrontan los estudiantes de diferentes niveles educativos es el aprendizaje de dichos conceptos y sus implicaciones en la transferencia de conocimientos” (Diez, 2006, p. 190), y urge un buen dominio de estos. En este sentido, de acuerdo con la intención de la presente investigación, se seleccionaron conceptos

básicos en genética relacionados con la reproducción humana: *células germinales, meiosis, gametos, cromosomas, ADN, gen, locus, ARN y sexualidad humana*.

Dentro de los procesos biológicos de los seres vivos encontramos la reproducción, que permite la creación de nuevos organismos, descendientes de su mismo tipo y lleva a la continuidad de la vida a través del paso de la información genética. Existe gran variedad de estructuras y estrategias para lograr los procesos reproductivos dependiendo de cada una de las especies, pero el objetivo principal será la perpetuación de los genes de los padres.

Entre los seres vivos tenemos principalmente dos tipos básicos de reproducción: la *reproducción asexual* que tiene una relación directa con el proceso de la mitosis y que únicamente necesita un progenitor y la *reproducción sexual* donde la información genética la conforman los genes de ambos progenitores con intercambio de material y “se barajan (...) para producir descendientes únicos desde el punto de vista genético” (Audesirk, Audesirk y Byers, 2013, p. 159).

En los principios de la teoría celular encontramos que las células poseen siempre otra que las precede, así un organismo es el resultado de diferentes eventos de división y crecimiento celular. Ahora bien, “los ciclos de vida sexual en eucariotas requieren meiosis. La reproducción sexual implica la fusión de dos células sexuales o gametos” (Solomon, Berg y Martin, 2013, p. 214), lo cual garantiza la mitad de la carga genética total de sus predecesores teniendo en cuenta que “la meiosis puede ocurrir en diferentes momentos del ciclo biológico” (Curtis y Schnek, 2006, p. 106).

La meiosis es el proceso de división celular exclusivo de los gametos donde “la dotación cromosómica diploide se reduce a dotación haploide” (Curtis y Schnek, 2006, p. 106). Esta fue descubierta y descrita por primera vez por el zoólogo alemán Oscar Hertwig en 1876. El proceso de la meiosis se caracteriza por tener “dos divisiones nucleares sucesivas que dan por resultado final un total de cuatro células hijas (...) con la mitad del número de cromosomas presentes en el núcleo progenitor y además recibe solo un miembro de cada par de cromosomas homólogos” (Curtis y Schnek, 2006, p. 104).

Este proceso de meiosis permite la gametogénesis. “La evolución que sufren las células germinales para prepararse para la fecundación recibe el nombre de ovogénesis o

espermatogénesis” (Matorras, Hernández y Molero, 2008, p. 43). Estos dos procesos por separados darán lugar cada uno al gameto femenino y al gameto masculino.

La reproducción sexual en los animales, incluyendo al ser humano, “es la creación de progenie a través de la fusión de gametos haploides para formar un cigoto (óvulo fecundado), que es diploide” (Campbell, 2007, p. 946). En el proceso reproductivo de los seres humanos “la copula permite la fecundación interna. El ser humano como mamífero terrestre utiliza la fecundación interna y “solo un espermatozoide logrará fecundar al ovulo e iniciar el desarrollo de un nuevo ser humano” (Audesirk et al., 2013, p. 729).

En el ser humano, y en muchas otras especies animales, la información genética determina el sexo de los individuos, “los genes principales que determinan el sexo de mamíferos, pájaros, y muchos insectos los portan los cromosomas sexuales” (Solomon et al., 2013, p. 251), Es así como, “las células de mamíferos hembra, incluidos humanos, contienen dos cromosomas X. En cambio, los machos tienen un solo cromosoma X y un cromosoma Y más pequeño que porta solamente unos pocos genes activos” (Solomon et al., 2013, p. 251), y gracias a estos cromosomas se determina nuestro rol sexual.

Si bien la sexualidad humana tiene un componente biológico que determina las decisiones que vamos tomando durante el crecimiento y determinará nuestro futuro, entorno social y familiar, también es concebida como “un proceso continuo que se inicia en el nacimiento y termina en la muerte. Es consecuencia de una compleja y cambiante interacción entre factores biológicos y socioemocionales altamente influenciados por la familia, religión y los patrones culturales” (Castelo-Branco, 2005, p. 55).

Ahora, para comprender la meiosis y la reproducción en los seres vivos, se debe reconocer que en el núcleo de las células de todos los seres vivos se encuentran diferentes estructuras filamentosas, los cromosomas que “están hechos de cromatina, un material que consiste en ADN y proteínas asociadas” (Solomon et al., 2013, p. 248), el término de cromosoma “cuerpo coloreado” hace referencia a la facilidad para ser teñidos por ciertos colorantes que tienen estas estructuras.

En los cromosomas encontramos segmentos del ADN, y “las unidades de la herencia, los genes que codifican la información necesaria para controlar la vida de la célula” (Audesirk et al.,

2013, p.4), y producen proteínas, células y organismos enteros. Los genes se encuentran en una ubicación específica dentro de los cromosomas, el locus o en plural loci. En las células diploides de los organismos, los cromosomas se presentan en pares llamados homólogos, no obstante, “existen diferencias en las secuencias de nucleótidos del gen de dos cromosomas homólogo dan origen a formas alternante del gen llamados alelos” (Audesirk et al., 2013, p. 212).

Las propiedades biológicas del ADN se derivan directamente de su estructura química, así los nucleótidos hacen parte de los ácidos nucleicos y “cada nucleótido es un compuesto orgánico formado a su vez por tres componentes: un radical del ácido fosfórico o fosfato, un azúcar y una base nitrogenada” (Solari, 2004, p. 55).

Si bien el ADN contiene los genes que determinan las características físicas visibles de los seres vivos (fenotipo), es la síntesis de proteínas la que determina estas características, dando lugar a la gran variabilidad genética de los organismos vivos.

Así mismo, el ADN de una célula eucariota se encuentra en el núcleo celular sin poder salir de este, por ello, para poder realizar la síntesis de proteínas en los ribosomas “el **RNA mensajero** transporta el código para la síntesis de proteínas del núcleo al citoplasma” (Audesirk et al., 2013, p. 163).

Es importante tener en cuenta que, aunque el RNA se parece al ADN, existen diferencias en su estructura, pues “1. el RNA está constituido normalmente de una sola cadena; 2. el RNA tiene el azúcar ribosa (en vez de desoxirribosa), (...) y 3. el RNA tiene la base uracilo en vez de la base timina” (Audesirk et al., 2008, p. 169).

### **Referentes didácticos y pedagógicos**

Este apartado muestra los referentes pedagógicos sobre los cuales se basa la investigación, estableciendo la importancia de los conceptos, en especial, de los estructurantes dentro de los procesos de la enseñanza aprendizaje de la ciencia, a partir de los saberes previos de los estudiantes; además, se presenta la estrategia de las analogías para el aprendizaje de conceptos, y los mapas conceptuales como construcciones que permiten establecer y evaluar el dominio conceptual en una determinada área, en este caso, la genética a través de la reproducción humana.

### **Los conceptos estructurantes.**

Entender el mundo lo hacemos valiéndonos de una red de conceptos y de cómo se relacionan, por ello “en las teorías modernas del aprendizaje la adquisición de conocimientos es un aspecto difícilmente separable de su representación” (Pozo, Sanz, Gómez y Limón, 1991, p. 84). Ahora bien, “cuanto más entrelazada esté la red de conceptos que posee una persona en un área determinada, mayor será su capacidad para establecer relaciones significativas y por tanto para comprender los hechos propios de esa área” (Pozo, 1992, p. 23).

Desde la perspectiva de Vygotsky (1973), el concepto se entiende como las unidades de significado simbólico de la palabra que implican la generalización de rasgos comunes y el establecimiento de jerarquías. Esta jerarquización permite un entramado conceptual que establece un sustrato para saberes posteriores creando relaciones. Así pues, los conceptos deberán ser aprendidos hasta que finalmente se encuentren los conceptos científicos, aquellos que no son familiares y que se desarrollan de manera formal en la escuela, con los conceptos espontáneos, aquellos que aparecen en la experiencia cotidiana del niño.

Ahora bien, para poder enseñar las ciencias naturales es necesario acudir a fundamentos teóricos o conceptos que permitan formar una estructura “esqueleto” para construir todos los demás, a estos lo llamamos: conceptos estructurantes “cuya construcción transforma el sistema cognitivo, permitiendo adquirir nuevos conocimientos, organizar los datos de otra manera, transformar incluso los conocimientos anteriores” (Gagliardi, 1986. p.31).

Los conceptos estructurantes se encuentran en los procesos mentales cuando “al construir un concepto el alumno construye (o reconstruye) su sistema cognitivo” (Gagliardi, 1986. p.31); esa reestructuración de las representaciones mentales lo hace apto para construir otros conocimientos, a través de una transformación interior del aprendizaje en el estudiante, teniendo en cuenta otra visión, es así como, el empleo de los conceptos estructurantes puede ser considerado como una reestructuración del conocimiento en donde se dan “las rupturas con las conceptualizaciones antiguas, provocando los cambios correspondientes y mejorando la visión científica que se posee de la realidad” (García, 1998, p. 324).

La importancia de conocer dichos conceptos estructurantes radica en promover su interiorización en el alumno, lo que permitirá que “se desarrolle una nueva capacidad para

observar el mundo” (Gagliardi, 1995, p. 72), por esto, es urgente que el docente involucre los conceptos estructurantes en su práctica, pues al hacerlo “introduce diferencias en las formas habituales de seleccionar contenidos escolares, los que habitualmente se centran en el dato o fenómeno de manera aislada, para dar lugar así a propuestas didácticas globalizadoras e integradoras” (Armúa de Reyes, 2002, p. 4).

Estos conceptos estructurantes son de vital importancia en la malla curricular ya que “atravesan todos los contenidos de esas materias y cuya comprensión plena debe ser uno de los objetivos esenciales de su inclusión en la educación obligatoria. Difícilmente se puede comprender nociones más específicas si no se dominan esos principios” (Pozo, 1992, p. 28); de allí la importancia de la apropiación y el buen manejo por parte de los estudiantes.

### **Enseñanza y aprendizaje de conceptos estructurantes.**

Para Alemañ y Pérez (2000) el aprendizaje es entendido “como un proceso de encadenamiento de sucesivos cambios conceptuales a medida que el alumno progresa en su desarrollo intelectual y cognitivo” (p. 463). De acuerdo con Pozo (1999), estos cambios conceptuales durante el proceso de enseñanza aprendizaje de la ciencia pueden ser de tres tipos: evolutivo (los cambios que tienen lugar como consecuencia del desarrollo cognitivo); epistemológico (los cambios que han tenido lugar en la historia de la ciencia) e instrucciones (los cambios que deben producirse como consecuencia de la enseñanza).

Por esto es importante considerar “una enseñanza fundada en los conceptos estructurantes que reduce los temas a enseñar y permite dedicar más tiempo al desarrollo de la capacidad de los alumnos” (Gagliardi, 1988, p. 293); en la enseñanza aprendizaje se entiende que “sólo en la medida en que se produzca este proceso de construcción de significados y de atribución de sentido se conseguirá que el aprendizaje de contenidos específicos cumpla la función que tiene señalada” (Pozo, 1992, p. 15), y así potenciar las aptitudes de los alumnos.

Dentro de la enseñanza de la ciencia existen diversas estrategias que tratan de responder a esta premisa y “se hace necesario desarrollarlas mediante su contextualización en ámbitos próximos al alumnado” (Catret, Gomis, Ivorra, y Martínez, 2013, p. 750). El contextualizar los procesos de

enseñanza aprendizaje busca “favorecer que los estudiantes lleven a cabo tareas intelectualmente estimulantes relacionadas con la comprensión de su entorno” (Costamagna, 2005, p. 422); es decir, la inclusión de actividades que los acerquen a su realidad facilitarían este proceso.

En el momento histórico que atraviesa la sociedad actual, trasciende la “enseñanza de las ciencias centrada en el aprender a hablar y a escribir ciencia, es decir, centrada en la apropiación del lenguaje científico en un proceso gradual y contextualizado” (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001, p. 232), pues es común encontrar que los estudiantes no “distinguen entre los términos de uso científico y los de uso cotidiano y utilizan palabras «comodín», propias del lenguaje coloquial” (Sardà y Sanmartí, 2000, p. 405). Esto nos lleva a propender por “una enseñanza de las ciencias para la alfabetización científica y tecnológica de todas las personas, que, a la vez, sea capaz de facilitar su participación activa en la sociedad civil” (Acevedo et al., 2005, p. 124). Por lo tanto:

Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad, a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a la aplicación de los nuevos conocimientos. (UNESCO, 1999, p. 5)

Teniendo en cuenta la necesidad actual de la sociedad y la dificultad en enlazar el contexto cotidiano y el científico, la enseñanza en las ciencias naturales debe tener como objetivo el desarrollar en los estudiantes criterios que se basen en conceptos más próximos a la ciencia; es necesario, entonces, fortalecer una adecuada enseñanza de conceptos científicos que les permita entender de manera adecuada la dinámica e influencia de la ciencia en su ambiente social cercano.

Cuando se reflexiona acerca del proceso de enseñanza aprendizaje en el manejo de conceptos se establece que “el genuino proceso de aprendizaje en el ser humano procede, no por acumulación simple de conocimientos, sino por sustitución de los conceptos antiguos por los nuevos” (Alemañ y Pérez, 2000, p. 463), permitiendo que los estudiantes establezcan conexiones para sustituir o anclar nuevos conceptos a los ya existentes. Esto se lleva a cabo a través de un andamiaje que, de acuerdo con Vygotsky (2010), debe ser desarrollado en situaciones mediadas por el maestro que permitan adquirir los conocimientos próximos a desarrollarse.

Y es que para construir un nuevo conocimiento, según Vygotsky (2010), el aprendizaje sistemático (entre niño y maestro) juega un papel fundamental en el desarrollo escolar pues solo memorizar palabras y enlazarlas con objetos no origina la formación de conceptos. Es allí donde juegan un papel esencial las dinámicas que se establecen en la relación estudiante maestro, al igual que los procesos de significancia en las actividades que desarrollan.

De acuerdo con Bruner (2008), el aprendizaje implica tres procesos simultáneos: la adquisición de una nueva información que contradice o sustituye a la anterior; la transformación que supone una manipulación del conocimiento con el objetivo de adecuarlo a unas tareas; y por último, una evaluación que permite registrar la adecuación entre la manera de manipular y la tarea en cuestión; cuando se logran establecer metodologías que permitan mejorar dichos procesos, la enseñanza aprendizaje en sí misma se optimiza.

Cuando el proceso de enseñanza aprendizaje origina procesos de interiorización podemos decir que sea ha llevado a cabo una apropiación del conocimiento, entendida como un “proceso de construcción de conocimiento objetivo que le permite reconocer las funcionalidades básicas del objeto: utilizarlo de acuerdo con sus necesidades particulares” (Álvarez y Giraldo, 2006, p. 9), al interiorizar los conceptos, se podrán llevar a cabo representaciones y el uso de un lenguaje más apropiado de los conocimientos, en este caso, de la ciencia.

### **Mapas conceptuales.**

Dentro del proceso de aprendizaje en la escuela se encuentran estrategias como el mapa conceptual, “un instrumento para representar la estructura conceptual de una disciplina o segmento de una disciplina en dos dimensiones” (González, 1992, p.150) que favorece los procesos de metacognición en los estudiantes pues es “un recurso esquemático para representar un conjunto de significados conceptuales incluidos en una estructura de proposiciones” (Novak y Gowin, 1988, p. 32).

Las estructuras de los mapas conceptuales “constituyen una representación visual de la jerarquía y las relaciones entre conceptos que el individuo posee” (Costamagna, 2001, p. 310), pues en su forma observamos como “el conocimiento se organiza jerárquicamente en la

estructura cognoscitiva y la mayoría de todo lo nuevo que se aprende implica una subsunción de conceptos y proposiciones en jerarquías ya existentes” (Novak, 1991, p. 216). Además, señala González (1992) que “los mapas conceptuales tienen un gran potencial como método en clase para revelar la comprensión conceptual de los alumnos” (p. 151) así como una influencia positiva en su aprendizaje y actitudes.

De acuerdo con Ontoria, Gómez y Molina (2000), el mapa conceptual contiene tres elementos fundamentales:

a) Conceptos: desde la perspectiva del individuo, son las imágenes mentales que provocan las palabras o signos con los que se expresan regularidades.

b) Proposición: consta de uno o más términos conceptuales (conceptos) unidos por palabras-enlaces para formar una unidad semántica más pequeña, que tiene valor de verdad puesto que se afirma o se niega algo de un concepto, va más allá de su denominación.

c) Palabras-enlaces: Son las palabras que sirven para unir los conceptos y señalar el tipo de relación existente entre ambos, anotándose en las líneas que unen a dos nodos.

Cuando se habla de la enseñanza de la ciencia se debe tener en cuenta que “la adquisición del conocimiento científico requiere un cambio profundo de las estructuras conceptuales” (Pozo y Gómez, 1998, p.265), esto nos lleva buscar estrategias que puedan favorecer y desarrollar la metacognición, como los mapas conceptuales, dado que “la dimensión activa de la metacognición se manifestaría (...) en el uso de estrategias” (Campanario y Otero, 2000, p. 163) en este caso, metacognitivas que permitan desarrollar procesos cognitivos.

Así mismo, para poder evaluar cuánto se sabe en un campo o una ciencia, Novak (1980) explica que “el conocimiento que tenemos de un área determinada consiste en la construcción de conceptos de aquel área en un sistema coherente y ordenado” (González, 1992, p. 150), por esto es vital “ayudar al alumno para que éste se apropie de conceptos cada vez más complejos que lo lleven al aprendizaje de teorías científicas” (Aguilar, 2006, p. 10) y que los docentes reconozcan los mapas conceptuales como herramientas que “sirven para organizar los conocimientos que situamos en la memoria a largo plazo y... (que) pueden hacer la función de una especie de

andamiaje mental para ensamblar los fragmentos de conocimiento en nuestra memoria funcional” (Novak, 1991, p. 219).

### **Analogías como estrategia de enseñanza aprendizaje.**

Las dinámicas en las que se desarrolla el proceso de enseñanza aprendizaje en las ciencias naturales permiten el uso de diversas estrategias didácticas, entre ellas, las analogías. Se debe reconocer que, como lo indica Hesse (1966), “las analogías han jugado un papel muy importante en el desarrollo histórico del conocimiento científico” (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001, p. 233), pues permiten explicar contenidos científicos y facilitar el proceso de aprendizaje de nuevos conceptos de una manera comprensible, y de igual forma, permiten “la comparación de estructuras o funciones entre un campo bien conocido (la fuente o el análogo) y un dominio de conocimiento nuevo o parcialmente nuevo (el objetivo)” (Garriz, 2010, p. 317).

Desde la psicología cognitiva, el conocimiento se basa en representaciones mentales reguladas que permiten el aprendizaje y las analogías hacen parte de dichas representaciones; el proceso cognitivo de los estudiantes desarrolla un razonamiento analógico que permite que solo se transfiera aquello que es semejante y útil del análogo para la comprensión de lo nuevo, de tal manera que, en algunas temáticas puntuales, “los alumnos carecerían de ideas específicas, ya sea espontáneas o inducidas, por lo que para poder comprenderlas se verían obligados a activar, por analogía, una concepción potencialmente útil para dar significado a ese dominio” (Pozo et al., 1991, p. 84)

El razonamiento analógico proporciona la entrada a los procesos de aprendizaje, facilita la reestructuración conceptual, la comprensión y representación de conceptos abstractos; en el caso del estudio de la genética, es este conocimiento abstracto una de las características que dificulta su enseñanza y aprendizaje, esto nos lleva a potenciar este razonamiento por medio de las analogías.

En las analogías, “una vez establecidos los vínculos analógicos entre dos situaciones, el conocimiento que se posee sobre una de las situaciones permite realizar inferencias sobre la otra” (Gómez, Sanjosé y Solaz, 2012, p. 200); lo anterior nos lleva a establecer una resolución de

problemas a partir de la recuperación y adaptación de los conceptos. Debemos entonces reconocer que “el uso de analogías es compatible con la idea de cambio conceptual ya que puede ayudar a sugerir nuevas ideas y hacerlas inteligibles en competencia con las ideas iniciales” (Oliva, Aragón, Bonat y Mateo, 2001, p. 462).

El uso de analogías debe enmarcarse en un proceso estructurado, donde la interacción entre los conceptos análogos se trabaje desde los modelos mentales idiosincráticos que cada estudiante ha construido, desde su realidad, para lograr la vinculación hacia modelos mentales científicos; es clave entonces “involucrar al estudiante en el proceso de razonamiento analógico en un contexto de enseñanza interactiva en vez de presentar simplemente la analogía” (Oliva, 2004, p. 365).

Ahora bien, se debe entender una analogía “como la comparación entre dos dominios, uno más familiar (denominado “fuente” o “análogo”) y otro menos conocido (denominado “concepto”, “blanco”, “objetivo” o “target”) que comparten información de tipo relación” (Felipe, Gallarreta y Merino, 2006, p. 2). Entonces, cuando se establece una analogía se relacionan el dominio análogo y el dominio blanco, buscando establecer nexos entre componentes. Dichos nexos pueden basarse en una semejanza estructural y una semejanza semántica, donde “la semejanza estructural incluye aquellos nexos que presentan componentes con configuraciones similares, se trata de nexos que presentan relaciones o proporciones semejantes entre sus componentes. La semejanza semántica es la que presentan los nexos que tienen significados semejantes” (Fernández, González y Moreno, 2005, p. 39).

En la enseñanza se hace uso de los análogos concretos, como manifiesta Glynn (1990) estos “son dispositivos didácticos facilitadores del aprendizaje de conceptos abstractos (...), los cuales utilizan conceptos y situaciones que tienen un claro referente en la estructura cognitiva de los alumnos” (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001, p. 236), buscando anclar los conceptos cuya comprensión es más compleja. Sin embargo, para que la analogía sea provechosa y se eviten riesgos, Holyoak y Thagard (1989) plantean que al trazar una analogía se debe tener en cuenta: hacer uso de fuentes conocidas por los estudiantes, hacer comparaciones claras entre las características (nexos) que comparten los dos análogos, utilizar analogías profundas y sistémicas, usar varias analogías y corregirlas, si es necesario.

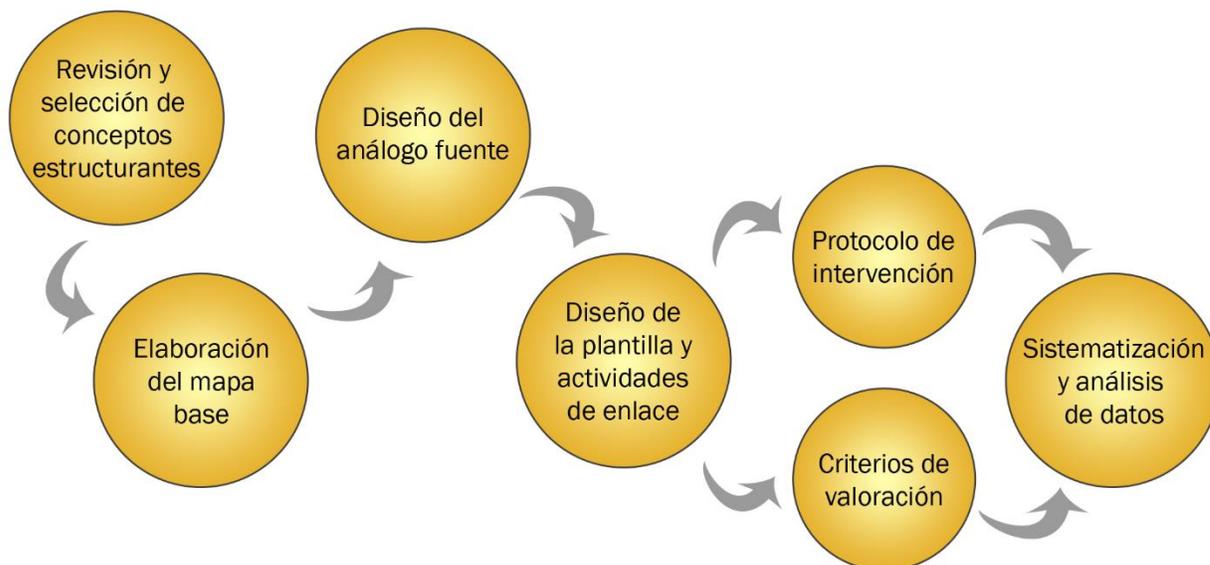
## **Diseño metodológico**

### **Método de investigación**

Se desarrolló una investigación de carácter descriptivo donde, según Hernández, Fernández y Baptista (2006), “se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así (...) describir lo que se investiga” (p. 102). Es así como, se busca describir el grado de conceptualización (conceptos estructurantes) de los participantes de esta investigación a través de una intervención pedagógica para observar la relación entre el uso de los análogos fuente y los significados cotidianos, en el campo de la enseñanza de la genética en el marco de la reproducción humana.

Se implementó un diseño con una prueba de entrada (pretest) y una de salida (postest) y se estableció una estrategia metodológica que busca favorecer las condiciones para la adquisición de conceptos estructurantes, usando como herramienta el análogo fuente, acudiendo a las propias experiencias de los estudiantes y a la vida misma como enlace entre su realidad y su significado cotidiano.

El método y el diseño de investigación elegido de enfoque mixto, proporcionó al proyecto resultados tanto cuantitativos como cualitativos con relación al acercamiento a los conceptos según definiciones establecidas por los autores y la capacidad de hacer jerarquías, relaciones entre conceptos y su vinculación con significados cotidianos. A su vez, describir la efectividad del uso del análogo fuente para la enseñanza de la genética.



*Figura 2.* Marco general del diseño metodológico

### **Selección de la muestra**

Se trabajó con estudiantes de grado Octavo de tres instituciones educativas oficiales: Colegio Alfonso López Michelsen, de Bosa y Colegio Jairo Aníbal Niño de Kennedy, en Bogotá, y Colegio Eduardo Santos del municipio de Soacha. De acuerdo con Hernández et al. (2006), la selección de “la muestra es un subgrupo de la población de interés (sobre la cual se recolectarán los datos y que tiene que definirse o delimitarse de antemano con precisión)” (p. 236), para esto, se tomaron 10 participantes por cada colegio con selección no aleatoria, pues los grupos ya estaban formados por ser los cursos previamente establecidos en cada institución. Para la muestra se eligieron hombres y mujeres entre los 13 a 15 años de edad, con un grado de formación homogéneo y los criterios considerados para la selección de los participantes fueron que no se encontraran repitiendo año escolar, sin dificultades de aprendizaje diagnosticadas y que no presentaran bajo rendimiento académico de acuerdo con los reportes de notas de primer y segundo periodo de 2016.

## **Revisión y selección de conceptos estructurantes**

La revisión y selección de los conceptos estructurantes se concretó desde una síntesis de referentes bibliográficos en torno a los que se les dificultaban a los estudiantes sobre la reproducción humana y que se consideran estructurantes para la genética. Para ello, hizo un análisis y categorización por parte de las investigadoras y la tutora donde se tomaron como referencia los resultados de las Pruebas PISA (PISA, 2008) y Saber de Noveno en Ciencias Naturales de 2014 (ICFES, 2015) correspondientes a las tres instituciones donde se evidencia que más del 50% de los estudiantes estuvieron ubicados en un nivel mínimo de la clasificación que presenta el ICFES, según los cuatro niveles: Avanzado, Satisfactorio, Mínimo e Insuficiente. Al mismo tiempo, se revisaron antecedentes de trabajos sobre la apropiación de los conceptos de genética, específicamente en el marco de la reproducción humana y genética. Esto nos permitió establecer las falencias en el manejo de conceptos y, además, determinar los conceptos considerados estructurantes para el desarrollo del presente trabajo (Células germinales, Meiosis, Gametos, Cromosomas, ADN, Gen, Locus, ARN y sexualidad humana); con ellos se elaboró un mapa base de los conceptos estructurantes que debían manejar los estudiantes de grado Octavo (ver figura 3).

## **Instrumentos de recolección de datos**

### **Elaboración de instrumentos.**

Una vez definidos los conceptos estructurantes, se decidió utilizar el mapa conceptual como instrumento de evaluación del manejo de los conceptos y su relación con el aprendizaje. Para ello, realizó tanto una prueba de inicio (pretest) y como una de salida (postest), en donde se buscaba que los participantes elaboraran un mapa conceptual (ver figura 3) para identificar la capacidad de hacer jerarquías, relaciones entre conceptos y el grado de conceptualización (conceptos estructurantes) y describir si hubo modificaciones entre estos dos momentos.

Para las tareas de enlace se utilizó una plantilla diseñada para la presentación de ideas (*Prezi*) denominada: “Mi genealogía” (ver Apéndice A). Tal como lo indican Settle, Abrams & Baker, este es un editor de presentaciones dinámico que mejora la atención y permite mayor flexibilidad

y colaboración (Strasser, 2014) y lo convierte en una herramienta que le permite al estudiante acercarse a sus significados cotidianos y a las investigadoras hacer seguimiento de las tareas.

### **Validación de la herramienta metodológica: Análogo fuente.**

Después de diseñar los análogos en un gran análogo fuente: *Mi genealogía* y las tareas de enlace que relacionan los conceptos estructurantes a trabajar, se solicitó la validación de estas, como la herramienta metodológica para el aprendizaje de dichos conceptos, a la experta interna en el área disciplinar (tutora de la investigación) y a dos expertos externos: la profesora Nydia Esperanza Espinel Barrero<sup>1</sup> y el doctor Francisco Javier Íñiguez Porras<sup>2</sup> (ver Apéndice B).

Posteriormente, se revisaron estas observaciones por parte de las investigadoras y de los tutores a cargo y se hicieron los cambios y ajustes propuestos al análogo fuente inicial.

Tabla 1  
*Análogo fuente*

#### ***Mi genealogía***

Para crear una nueva biblioteca se necesitan dos fundadores (células germinales) quienes son los que llegan a formarla. Cada fundador distribuye al azar (meiosis) 23 libros y los deposita en un “carro” (gameto) para su transporte hacia la nueva biblioteca.

Cada “carro” (gameto) contiene 23 libros (cromosomas) donde cada uno es independiente de los otros. Al llegar cada uno dejará sus 23 libros, 46 en total, en una estantería de la biblioteca (núcleo) con las instrucciones para formar nuevas bibliotecas.

Cada libro (cromosoma) está constituido por un material del que están hecho los libros (papel y tinta) (ADN) con el que se escriben las instrucciones, forma y estructura de la nueva biblioteca, utilizando únicamente las letras ATGC. Es la materia prima de la genética.

El libro con sus letras tiene una estructura, sentido y orden el cual indica las instrucciones para la fabricación de nuevas bibliotecas. Cada párrafo (gen) contiene cierta información. La página del libro y el número del párrafo indica las coordenadas para ubicar ese gen (locus).

<sup>1</sup> **Nydia Esperanza Espinel Barrero**, licenciada en Química por la Universidad Pedagógica Nacional. Magíster en Ciencias – Bioquímica por la Universidad Nacional de Colombia. Estudiante del Doctorado Interinstitucional en Educación sede Universidad Pedagógica Nacional. Actualmente se desempeña como profesora de planta de la Secretaría de Educación de Bogotá, en el área de Ciencias Naturales y Ed. Ambiental y forma parte del Grupo de Investigación Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias de la Universidad Pedagógica Nacional. Tiene publicaciones nacionales en el área de la Purificación y caracterización de enzimas; y en el área de la Enseñanza de las Ciencias en los temas del Conocimiento Didáctico del Contenido para la enseñanza de la Biotecnología y la Epistemología de la Biotecnología.

<sup>2</sup> **Francisco Javier Íñiguez Porras**, licenciado en Biología y doctor en Ciencias de la Educación, profesor asociado en la Facultad de Educación de la Universidad de Barcelona, España.

Para poder llevar a cabo la fabricación de nuevas bibliotecas o materiales para mantener esta biblioteca, es necesaria una copia de la información de las instrucciones. Debido a que no se pueden sacar de los estantes (núcleo) los libros, es necesario sacarle una copia (ARN m), y esta se traslada a una oficina especializada en traducir la información del libro (citoplasma).

Cuando se quiere formar otra biblioteca, es necesario seleccionar 23 libros de esta estantería para que, junto con otros 23 libros provenientes de otra biblioteca, se de origen a una nueva (Sexualidad humana).

### **Diseño y validación de criterios de valoración.**

Teniendo en cuenta que el pretest y postest consistió en la elaboración de un mapa conceptual, se establecieron los criterios para su valoración. Respecto a la evaluación de los mapas conceptuales, Ontoria (1993) considera tres criterios principales: organización jerárquica, diferenciación progresiva y reconciliación integradora. Esta evaluación debe sintetizarse en una valoración que puede ser numérica y aunque existen diferentes criterios, cada docente puede crear sus criterios propios (p. 113). Para la presente investigación establecieron las siguientes categorías: *Concepto principal* para evaluar la selección del concepto principal; *Jerarquía*, en donde se evaluó la organización de conceptos entre uno general y otros subordinados a él; *Relaciones*, para evaluar la adecuada relación entre conceptos y *conceptualización*, en donde se evaluó la explicación de los conceptos.

Tabla 2  
*Criterios de valoración del mapa conceptual*

<b>CATEGORIA</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>VALORACIÓN</b>
Concepto Principal	Selección del concepto principal.	Selecciona el concepto principal (células germinales)	0 o 1
Jerarquía	Organización de conceptos entre uno general y otros subordinados a él.	Ubica adecuadamente los 9 conceptos	1 a 8
Relaciones	Adecuada relación entre conceptos.	Demuestra conocimiento de las relaciones entre conceptos.	1 a 8

Conceptualizaciones	Explicación de los conceptos.	Muestra un entendimiento del concepto y una terminología adecuada.	1 a 9
---------------------	-------------------------------	--	-------

Las jerarquías y las relaciones que se tuvieron en cuenta para la valoración, según el mapa conceptual, se muestran en la tabla 3, y el criterio para asignar los valores están dados por la cantidad de jerarquías (8), relaciones (8) y conceptos (9) trabajados.

Tabla 3  
*Jerarquías y Relaciones del mapa de conceptos*

<b>Jerarquía</b>	<b>Relaciones</b>
Células germinales-Meiosis	Células germinales mediante el proceso de Meiosis
Meiosis-gametos	Meiosis forma gametos
Gametos-Cromosomas	Gametos que tienen Cromosomas
Gametos-Sexualidad humana	Gametos determinan Sexualidad humana
Cromosomas-ADN	Cromosomas poseen ADN
ADN-Gen	ADN contiene Gen
Gen-Locus	Gen localizado en Locus
Gen-ARN	Gen transcribe ARN

### **Procedimiento en la aplicación de instrumentos**

Para la aplicación de los instrumentos se definió el protocolo de intervención: el ámbito fue el aula de clases de cada una de las instituciones educativas, con un total de 10 sesiones organizadas en fases. Las sesiones 1 y 10 (pretest y posttest) consistieron en la elaboración por parte de los participantes de un mapa conceptual para identificar el grado de conceptualización (conceptos estructurantes) y observar si hubo modificaciones en estos, teniendo en cuenta que los participantes ya sabían elaborar mapas conceptuales. En las sesiones 2 a 9 (intervención) se hace uso del análogo fuente como herramienta metodológica que relaciona los conceptos a desarrollar y se incluyen 8 tareas de enlace como actividad para acercarlos con los significados cotidianos, las cuales se registran en una plantilla diseñada para la presentación de ideas (*Prezi*) denominada: “Genealogía Autobiográfica” (ver Apéndice A). El avance de cada concepto en las sesiones

propuestas (cada una de 45 minutos aproximadamente) permite el desarrollo de la genealogía autobiográfica.

Tabla 4  
 Protocolo para el desarrollo de las clases

FASES	DESCRIPCIÓN		
Sesión 1 Pretest	Elaboración, por parte de los participantes, de un mapa conceptual para identificar el grado de conceptualización (conceptos estructurantes) con las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptos a usar: locus, meiosis, sexualidad humana, cromosoma, ARN, gen, ADN, células germinales, gametos.</li> <li>• Conectores: mediante el proceso de, transcribe, que tienen, poseen, contiene, localizada en, forma, determina.</li> </ul>		
	<b>Intervención</b> En cada sesión se trabaja un concepto siguiendo los tres puntos básicos de la enseñanza con analogías (Felipe, Gallarreta y Merino, 2006) (ver Apéndice D) donde se presenta la información relevante (conceptos estructurantes), se utiliza el análogo fuente y se elabora el resumen conceptual y la tarea de enlace en la plantilla ( <i>Prezi</i> ). Ninguna de las actividades será calificada o interfiere con la promoción de la asignatura.		
	<b>Concepto</b>	<b>Análogo fuente</b>	<b>Tarea de enlace</b>
Sesión 2	Células Germinales	El inicio de una biblioteca se da con dos fundadores (células germinales) quienes son los que llegan a formarlas.	Arma un árbol genealógico familiar con fotos de tus parientes.
Sesión 3	Meiosis	Cada fundador selecciona sus 23 libros (meiosis) y los deposita en un “carro” (gameto) para su transporte hacia la nueva biblioteca.	Relata la historia de “amor” del momento en que tus padres se conocieron.
Sesión 4	Gametos	Cada “carro” (gameto) está lleno de 23 libros (cromosomas), cada uno es independiente de los otros.	¿Cómo eras tú cuando naciste? Sube una foto de cuando eras bebé, otra un poco más grande y elabora una caricatura de cómo eres ahora. Pon mucho énfasis en el color de tus ojos, forma de tu nariz (larga-corta) y color de tu piel (claro-oscuro).
Sesión 5	Cromosomas	Al llegar cada uno dejará sus 23 libros, 46 en total, en una estantería de la biblioteca (núcleo) con las instrucciones para formar nuevas bibliotecas.	Imagen o fotografía de 23 libros numerados.
Sesión 6	ADN	Cada libro (cromosomas) está constituido por un material del que está hecho los libros (papel y tinta) (ADN) que se representa con las letras ATGC. Es la materia prima de la genética.	Debes escoger el libro que más te llame la atención o tu favorito. Abre una página (cualquiera) y toma una foto. Analiza los elementos de los que está hecho el libro. Cuenta en las dos páginas la cantidad de veces que aparecen las letras C, S, O y A.

Sesión 7	Gen y Locus	El libro con sus letras tiene una estructura, sentido y orden que indica las instrucciones para la fabricación de nuevas bibliotecas. Cada párrafo (gen) contiene cierta información. La página del libro y el número del párrafo indican las coordenadas para ubicar ese gen (locus).	Foto de tus ojos, nariz y piel. Su información genética está en alguno de sus 23 libros. Para los ojos: toma el libro 3, página 54, párrafo 2. Para la nariz: libro 10, página 104, párrafo 1 Para la piel: libro 20, página 8, párrafo 2.
Sesión 8	ARN	Para poder llevar a cabo la fabricación de nuevas bibliotecas, o materiales para mantener esta biblioteca, es necesaria una copia de la información de las instrucciones. Debido a que no se pueden sacar de los estantes (núcleo) los libros, es necesario sacarle una copia (ARN m) Ésta se traslada a una oficina especializada en traducir la información del libro (citoplasma).	¿Cómo te imaginas tu ARN? Imagina lo que debe decir un párrafo de uno de tus genes. Inventa unas instrucciones, para elaborar tu ojo, nariz o piel en tres dimensiones, con las características indicadas anteriormente (material libre).
Sesión 9	Sexualidad humana	Cuando se quiere formar otra biblioteca es necesario seleccionar 23 libros de esta para que, junto con otros 23 libros provenientes de otra biblioteca, se de origen a una nueva.	“Carta a mi futuro yo” Elabora una reflexión de tus futuros gametos. ¿Cómo te imaginas tus hijos?
Sesión 10 Postest	El mismo ejercicio del pretest para observar, en la elaboración del mapa conceptual, las modificaciones en el grado de conceptualización (conceptos estructurantes).		

## **Sistematización y análisis de datos**

Se sistematizaron tanto los datos cuantitativos como cualitativos (textuales) del pretest y postest (mapa conceptual y descripción del concepto) y se tabularon según los criterios de valoración establecidos para su interpretación (ver Apéndice D); se establecieron convenciones para la tabulación de la información, así: A1, E1, J1, en donde la letra inicial indica el nombre de la institución educativa (A: Alfonso López Michelsen; E: Eduardo Santos; y J: Jairo Aníbal Niño) y el número corresponde al participante; posteriormente se elaboraron las gráficas para el análisis de los resultados, a partir de una estadística descriptiva representada en porcentajes y descripciones numéricas: promedios, media y mediana (Buendía, Colás y Hernández, 1998). A partir de analizar los resultados obtenidos se contrastaron los referentes teóricos y objetivos propuestos para, finalmente, presentar las conclusiones del estudio y las recomendaciones finales.

## **Aspectos éticos**

Para la aplicación de este trabajo con los alumnos de grado Octavo de tres instituciones educativas oficiales se solicitaron los permisos respectivos para realizar la intervención. Además, se entregó un formato de consentimiento informado a los padres de los estudiantes con los que se trabajó, donde se explica la participación en el proyecto, la temática y el propósito del mismo (ver Apéndice E), a fin de proteger los derechos de los menores de edad, aclarando que ni las imágenes de ellos, ni sus nombres reales serían referidos en ningún documento de la presente investigación.

## **Resultados y análisis**

A continuación se describen y analizan los procesos para identificar los conceptos estructurantes y la construcción de un análogo fuente para la enseñanza de la genética, así como el análisis del uso de la herramienta tecnológica de Prezi, y se exponen los resultados obtenidos a través de los mapas conceptuales elaborados por los participantes en el pretest y postest.

Así mismo, se presenta el análisis de la información recogida de los 30 participantes del estudio, codificada y organizada de acuerdo con las categorías (ver tabla 2) para describir la apropiación de los conceptos estructurantes trabajados en la investigación.

### **Conceptos estructurantes**

En el proceso de selección de los conceptos estructurantes que llevaron a la construcción de un análogo fuente para la enseñanza de la genética, se analizaron Pruebas Saber del área de Ciencias Naturales del 2012 y 2014 (ICFES, 2015), los resultados institucionales en pruebas internas y externas de las tres instituciones educativas (PISA, 2008), los lineamientos curriculares para el área de Ciencias Naturales (MEN, 1998) y la revisión bibliográfica de investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de la genética.

Teniendo en cuenta las temáticas abordadas en el plan de estudios para los grados Séptimo y Noveno en las instituciones educativas participantes en la investigación, los cuáles fueron contruidos desde el marco de los estándares curriculares para cada uno de los niveles (MEN, 2006), y el análisis de investigaciones desarrolladas por Ayuso y Banet (1995 y 2000), se propusieron conceptos estructurantes propios para cada grado teniendo en cuenta el nivel de complejidad según su nivel de desarrollo y escolaridad.

Los conceptos estructurantes se seleccionaron por consenso entre tutores e investigadoras de esta tesis, posteriormente fueron organizados según los lineamientos de Ciencias Naturales para el ciclo tres. Para grado Séptimo se observó que dichos conceptos se relacionan con la reproducción: celular, asexual y sexual, así como los procesos de mitosis y meiosis, donde los estudiantes se acercan a conceptos como: cromosomas, ADN, haploide, y diploide, entre otros (ver Apéndice F).

Los conceptos estructurantes de grado Noveno, perteneciente al ciclo cuatro de formación, se organizaron en otro mapa conceptual (ver Apéndice G). Para este caso, encontramos conceptos relacionados con la herencia y la transmisión de los caracteres a las siguientes generaciones, tales como: gen, fenotipo, genotipo, recesivo, dominante, alelo, homocigoto, heterocigoto y mutación, y estos son esenciales para la comprensión de la genética.

A partir de esto, se realizó un análisis y selección de conceptos estructurantes como andamiaje para comprender la herencia genética; con esta información se elaboró el mapa conceptual para grado Octavo (ver figura 3) donde se organizaron los conceptos seleccionados para la investigación: células germinales, meiosis, gametos, cromosomas, ADN, gen, locus, ARN y sexualidad humana.

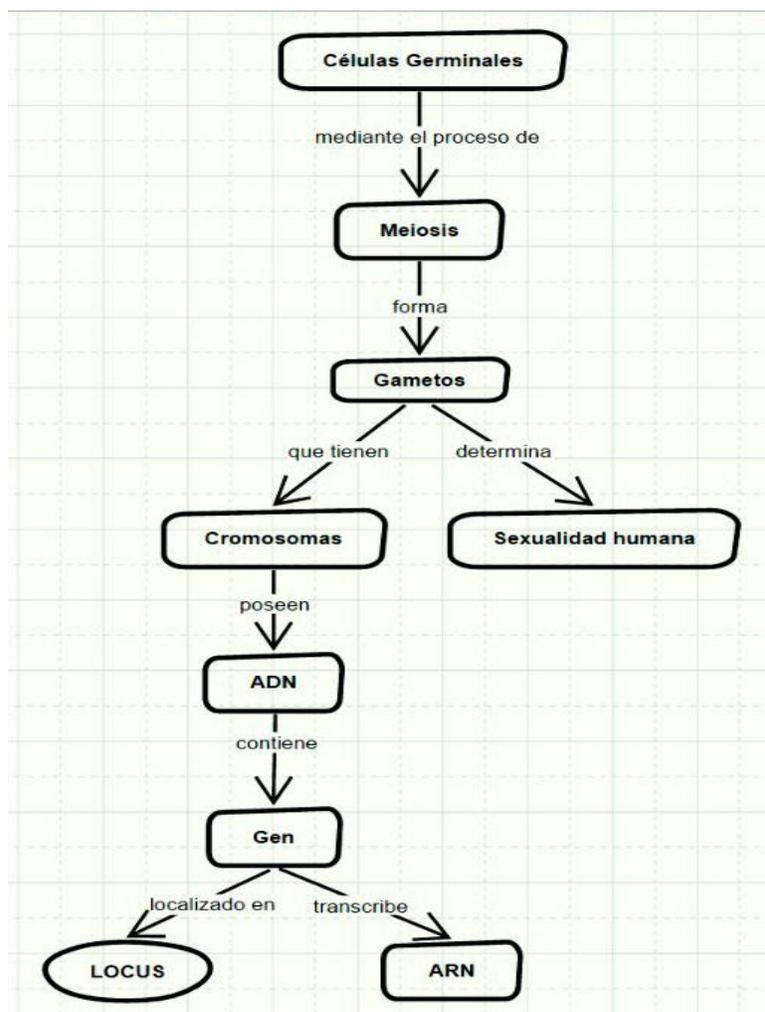


Figura 3. Mapa base conceptos estructurantes grado Octavo

## **Análogo fuente**

Una vez establecidos los conceptos estructurantes se elaboró el análogo fuente que incluye los nueve conceptos seleccionados, en una secuencia, en la que se presentan las características principales del concepto y mantiene una relación jerárquica conceptual (ver tabla 1).

Para promover la apropiación de los conceptos estructurantes se buscó el desarrollo de conceptos a través de comparaciones con objetos y situaciones más conocidas y cercanas a los estudiantes, entendiendo que "el análogo debe ser más accesible que el objeto, en el sentido de que debe hacer referencia a una situación más cotidiana" (Oliva, et al, 2001, p. 456).

Para la construcción del análogo fuente se relacionó con una biblioteca, y se vinculó con los conceptos estructurantes teniendo en cuenta el dominio análogo y el dominio blanco, buscando correspondencia entre el significado del concepto estructurante y la función del dominio análogo.

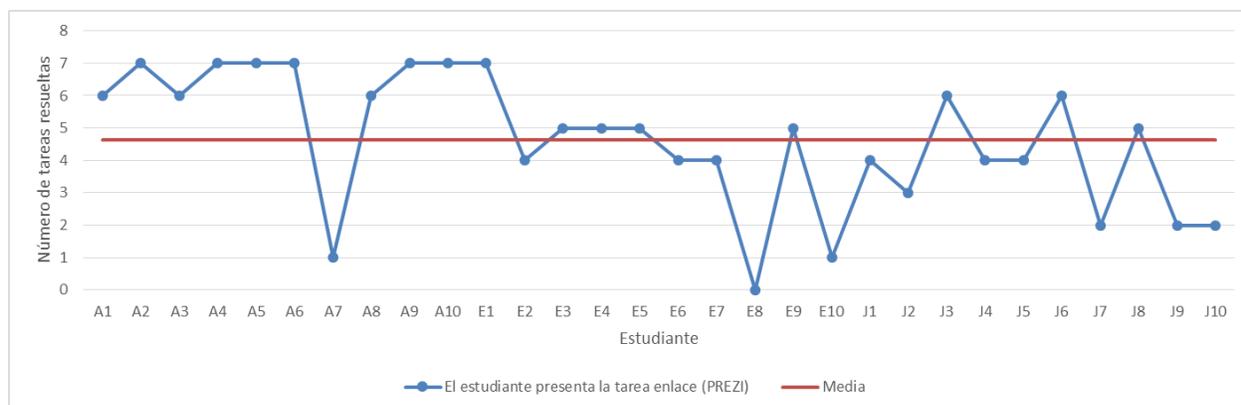
Los análogos fueron propuestos por las investigadoras y validados por expertos internos: tutores de la investigación, y dos expertos externos, tal como se explicó en la metodología.

## **Tareas de enlace - *Prezi***

La herramienta tecnológica llamada *Prezi*, junto con la plantilla diseñada, fueron utilizadas para la elaboración de las 8 tareas que permitieron relacionar el análogo fuente y los conceptos estructurantes de los estudiantes con significados cotidianos.

Durante cada una de las sesiones se mostraba a los estudiantes el análogo fuente y el concepto relacionado y, posteriormente, se indicaba la tarea de enlace, opcional para ellos, donde utilizaron material fotográfico, elementos que encontraban en casa (libros) y su creatividad, para ingresar a la plantilla y completarla (ver Apéndice A).

Teniendo en cuenta el número de tareas elaboradas por cada estudiante y la ejecución de la misma, se obtuvieron los siguientes resultados:



*Figura 4.* Desarrollo de las tareas de enlace

Teniendo en cuenta el protocolo de tareas que debían realizar los estudiantes, y considerando que fueron 8 tareas propuestas, se encontró que ningún participante realizó la totalidad de estas de forma acertada.

Al analizar las plantillas *Prezi* elaboradas, el 96.66% que corresponde a 29 participantes de la totalidad de la muestra, accedieron de forma oportuna, dejando evidencias de las tareas propuestas, especialmente las que más se facilitaban para ellos, por los recursos o la habilidad que poseen al realizarla, ya que los acercaba a su cotidianidad y se elaboraban con elementos cercanos (libros, fotografías familiares, entre otros).

Como resultado tenemos que el 23.33% de los participantes elaboraron un máximo de 7 tareas de forma adecuada, distribuidos especialmente en el colegio Alfonso López Michelsen y un participante del colegio Eduardo Santos, y el 56.67% del total de participantes, se encuentran por encima de la media (4.6), lo que nos indica que el uso de la plantilla fue oportuno en los participantes. Es importante aclarar que todos los estudiantes estaban familiarizados con el uso de la plantilla y tenían acceso al internet, bien sea desde el colegio o desde su hogar.

En contraste con los anteriores resultados, el 43.33% de los participantes se encuentran por debajo de la media, lo que indica que tuvieron dificultad para elaborar la tarea o no la realizaron según los parámetros establecidos.

Al ser una actividad que no se encontraba condicionada por una nota, terminó siendo opcional para ellos. Tal es el caso del participante E8 quien no ingresa a la plantilla y por tanto no realiza

las tareas sugeridas. Es una situación común, pues las actividades extracurriculares no son siempre completadas por los estudiantes, inclusive las que tienen que ver con las nuevas tecnologías, porque han estado acostumbrados a un trabajo por objetivos, controlado en el espacio de clase, tal como lo indica Badia y Monereo (2008):

Es una revolución poco soportable para un sistema educativo mayoritariamente anclado en una epistemología objetivista y experimentalista, en un pensamiento lógico – formal, en una didáctica transmisiva y, en definitiva, en una concepción aún muy taylorista de la relación entre aprendizaje y enseñanza. (Badia, y Monereo, 2008, p. 348)

Es decir, los estudiantes no concretan este tipo de actividades porque el modelo tradicional de la escuela pública al que están acostumbrados, hace que se les dificulte la ejecución de las tareas y terminan desistiendo de ellas, adicional al hecho de que no eran evaluadas y no estaban condicionadas por un juicio de valor del cual dependa la aprobación de la asignatura.

Por otro lado, al analizar cada una de las tareas del protocolo de intervención para el desarrollo de las clases (ver tabla 4) elaboradas por los participantes y por institución, se encontró que hay tareas que fueron completadas por la mayoría de los participantes, pero también se presentó una situación como la de la tarea 8, que ninguno la realizó de forma correcta.

Como se puede observar en la figura 5, correspondiente a la tarea de enlace 8 existió dificultad al elaborarla ya que no fue entendida por los participantes.

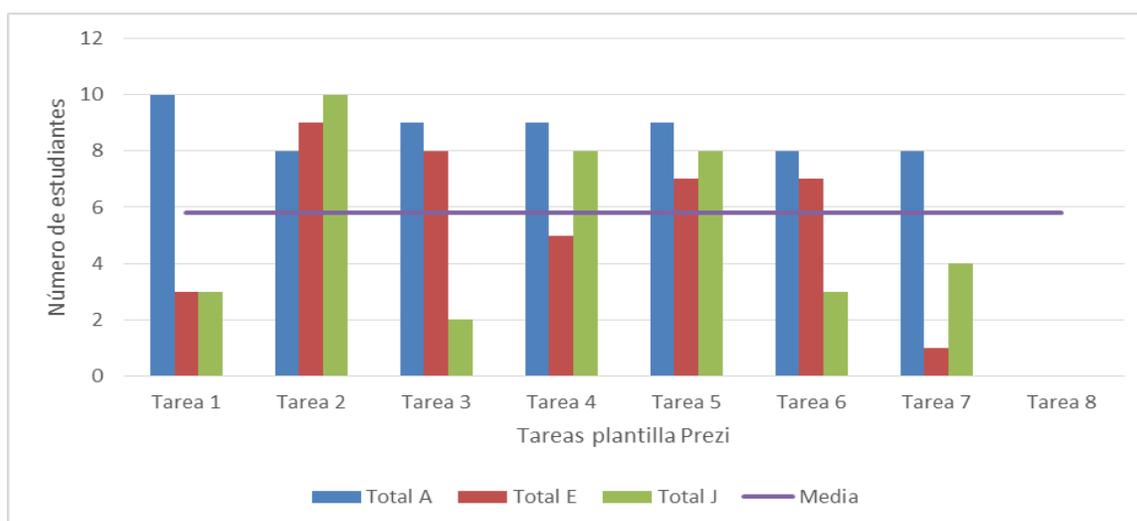


Figura 5. Participantes que desarrollaron la tarea

Consistió en elaborar una reflexión de los futuros gametos, escribiendo cómo se los imaginaban y relacionarlos con el concepto de sexualidad: ninguno (0%) la realizó de forma adecuada, sin embargo, muchos lo intentaron pero lo que hicieron fue escribir una carta a sus futuros hijos. Se infiere que esta tarea presenta cierto grado de dificultad debido a que la instrucción no fue del todo clara, lo que los llevó a una elaboración muy básica y no se logró en este caso el nivel de conceptualización esperado (ver figura 6).



Figura 6. Tarea de enlace 8, estudiantes A1 y E3

Por otro lado, observamos el caso de las tareas 2 y 5, de las cuáles, en las tres instituciones el número de participantes superó la media de 5.79 y fueron muy emotivas para ellos. En particular, la tarea 2, donde el participante relató la “historia de amor de sus padres” y le permitió un acercamiento a sus progenitores, comprender que son parte de una historia y la continuación de una generación. En cuanto a la tarea 5, la respuesta de aceptación se debe a la facilidad y dinamismo con que la pudieron realizar, ya que debían abrir una página y contar la cantidad de veces en las que aparecían las letras C, S, O y A y armar con ellas palabras. Era una tarea sencilla que los acercaba a la codificación del ADN y sus bases nitrogenadas (ver figura 7).

**HISTORIA DE VIDA**

Mis papas se conocieron el troncosito, magdalena, un pueblo donde vivían ellos toda su familia, mi papá iba todas las moches a visitar a mi mamá a la casa de mis abuelos, ella se vino para Bogotá y mi papá para Venezuela, los dos se mandaban cartas diciéndole lo que se querían, después se metieron a vivir, y se fueron a Venezuela, mis papás después de 19 años de relación y de tener hijos en el 2015 ellos se separaron por cuestiones personales y mi hermana y yo nos fuimos con mi papá y mi hermano con mi mamá

**historia de amor.**

mi mamá vino a vivir con mi abuelita y desde ese momento se empezó a conocer con mi papá. ellos se conocieron por casualidad y desde ese momento empezó la relación, salían y después de un tiempo vivieron los dos

c:39  
s:39  
o:56  
a:116

**PALABRAS**

cosa, oca  
caso, aco  
osa, aso  
saco, soca

c:30  
 s:37  
 o:95  
 a:102  
 x ASCO  
 x COSA  
 x SOCA  
 x CASO

Figura 7. Tareas de enlace 2 y 5, estudiantes J3 y E6

Así mismo, en las tareas 3, 4 y 6, por lo menos dos de las tres instituciones superaron la media, y entre ocho y nueve participantes la ejecutaron sin dificultad. La actividad de la tarea 3 consistía en subir dos fotos y realizar una caricatura de ellos. Si bien todos subieron la foto de bebés y niños a la plataforma, y no fue difícil encontrarlas en sus casas, se les dificultó la elaboración de un autorretrato, bien sea por no poseer las habilidades necesarias o por no querer hacer la actividad propuesta. Para el caso de la tarea 4, debían buscar en sus hogares 23 libros y numerar cada uno de ellos, esta tarea les permite comprender que, al igual que los libros escogidos, poseen en sus gametos 23 cromosomas con caracteres variados que les permitirá en un futuro heredar a sus hijos y que ellos tengan características semejantes.

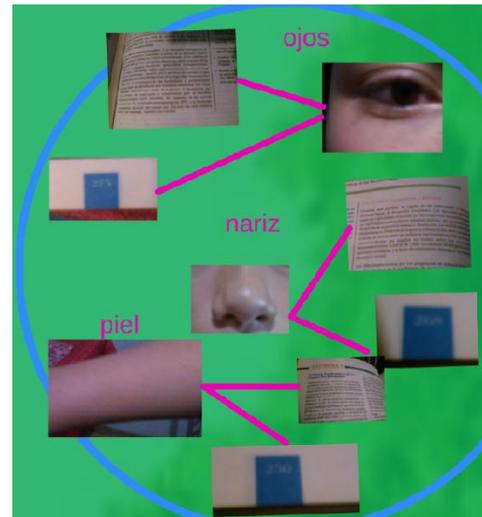
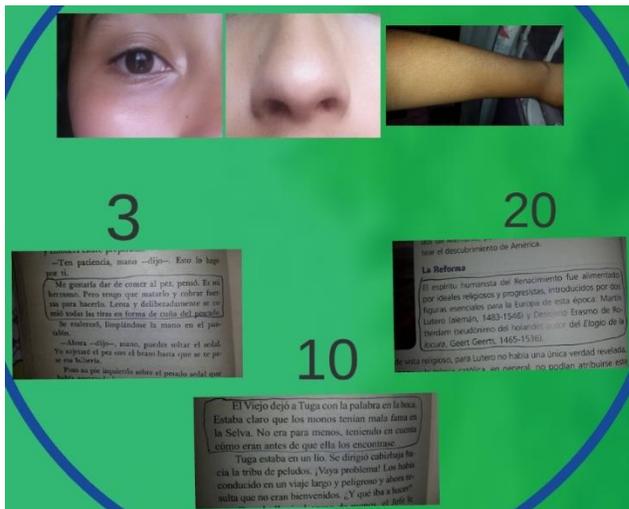
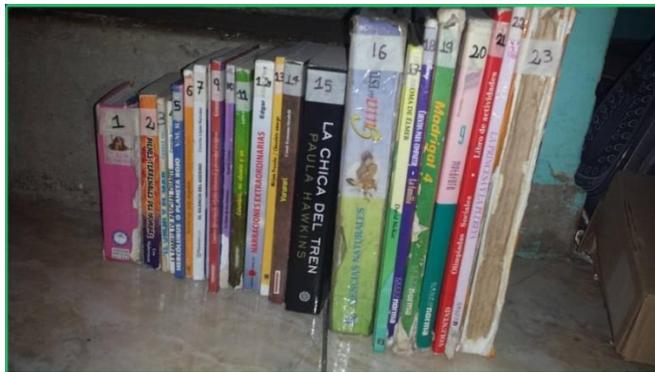


Figura 8. Tareas de enlace 3, 4 y 6, estudiantes A6 y E7

Las tareas 6 y 7 tampoco fueron difíciles para ellos en cuanto a su ejecución, pues fijaron su atención en estructuras específicas de su cuerpo como son los ojos, la nariz y la piel y cómo los hace diferentes de los demás, sin embargo, para los grupos de los colegios Eduardo Santos y Jairo Aníbal Niño la dificultad radicó en no buscar en los libros los párrafos indicados o elaborar los modelos.



Figura 9. Tarea de enlace 7, estudiantes A10 y J8

Para la tarea 1, únicamente los participantes del colegio Alfonso López Michelsen superan la media en su ejecución, contrario a los otros dos colegios, donde tres de cada institución la elaboran correctamente. Sin embargo, es conveniente recordar que para muchos de los estudiantes sus familias no están constituídas de forma convencional y su organización se ve afectada por las rupturas, la recomposición conyugal, convivencia con un solo progenitor o, inclusive, no conocen a sus padres. Según esto, es muy difícil elaborar el árbol genealógico sino tienen acceso al material fotográfico y a sus familiares, por lo cual, queda incompleta gran parte de su historia generacional.



Figura 10. Tarea de enlace 1, estudiantes A4 y E1

### **Análisis de la apropiación de conceptos estructurantes mediante la analogía**

En cada una de las 10 sesiones se trabajó el análogo fuente con los conceptos estructurantes seleccionados. Una vez concluido el proceso, se entregó al grupo de participantes una prueba de salida (postest) idéntica a la prueba de entrada (pretest), es decir, la elaboración del mapa conceptual (ver tabla 4) como instrumento de evaluación del nivel de apropiación para las siguientes categorías: Concepto principal, Jerarquía y Relaciones.

Finalmente, el estudiante debía conceptualizar las palabras utilizadas en el análogo fuente, de forma lógica y utilizando los términos propuestos (alfabetización científica). Ahora se presentan los resultados generales de los 30 participantes según la categoría y, posteriormente, los casos específicos por cada institución, con su respectivo análisis.

#### **Concepto principal.**

La figura 11 muestra los resultados obtenidos en la prueba antes y después del uso del análogo fuente en la categoría de concepto principal.

En el pretest, la mayoría de participantes no identifica las células germinales como el concepto estructurante supraordenado; por el contrario, en el postest se encontró que los 30 (100%) seleccionaron de manera correcta el concepto principal.

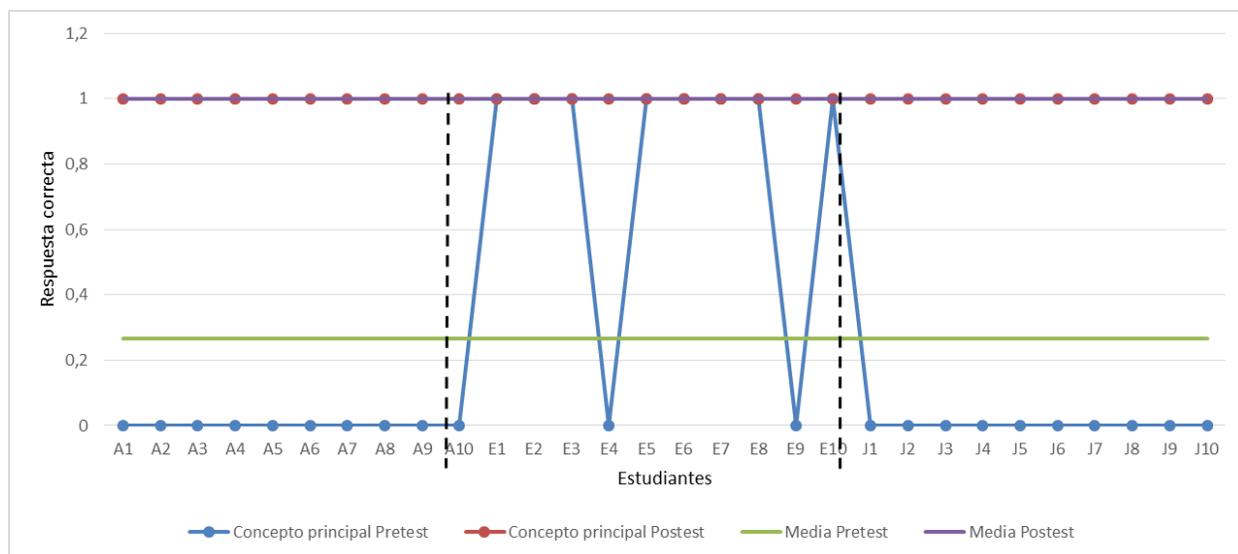


Figura 11. Comparación concepto principal Pretest–Postest

Al comparar las pruebas es evidente que los participantes reconocieron el concepto supraordenado o principal, lo que nos muestra que han llevado a cabo una selección dentro de la lista de conceptos reconociendo a las células germinales como el concepto abarcador, característica que no poseen los otros conceptos, y esto se presenta pues "los mapas conceptuales tienen una distribución gráfica según la cual los conceptos supraordenados, que son más «abarcativos» e inclusores, se ubican en su parte superior" (Galagovsky, 1993, p. 301).

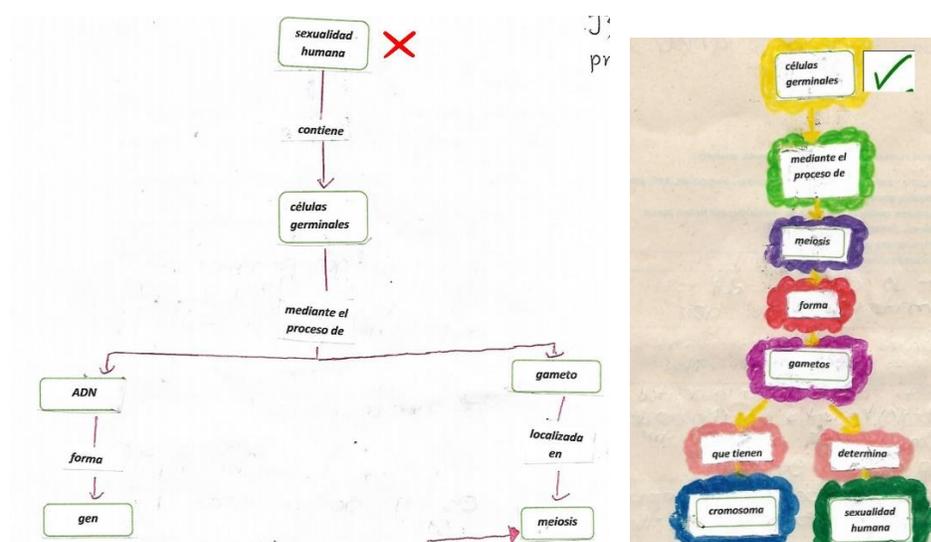


Figura 12. Comparación pretest y posttest – ubicación Concepto principal, estudiante J4

Tanto en el colegio Alfonso López Michelsen como en el Jairo Aníbal Niño el comportamiento fue similar, es decir, todos los participantes pasaron de no identificar el concepto principal en el pretest a identificarlo correctamente en el postest, y ubicarlo de forma jerárquica en la parte superior del mapa conceptual. Sin embargo, en el Eduardo Santos existe una variación, en cuanto que ocho participantes en el pretest identificaron el concepto principal, lo cual indica que tienen preconceptos establecidos desde grado Séptimo y sus conocimientos acerca de la reproducción celular se encuentran presentes; esto es evidente de acuerdo a lo que propone Caballero (2008) cuando establece que:

Detectar algunas de las ideas previas, en relación con algunos conceptos básicos en genética... (y así) establecer la importancia que tiene (...) saber con la suficiente antelación cuáles son las concepciones con las que los estudiantes llegan a sus aulas, sobre todo en lo que respecta a nociones y procesos científico. (Caballero, 2008, p.229)

### Jerarquía.

La figura 13 compara los resultados del pretest y el postest en cuanto al establecimiento de jerarquías en la elaboración del mapa conceptual, según los conceptos entregados a cada participante.

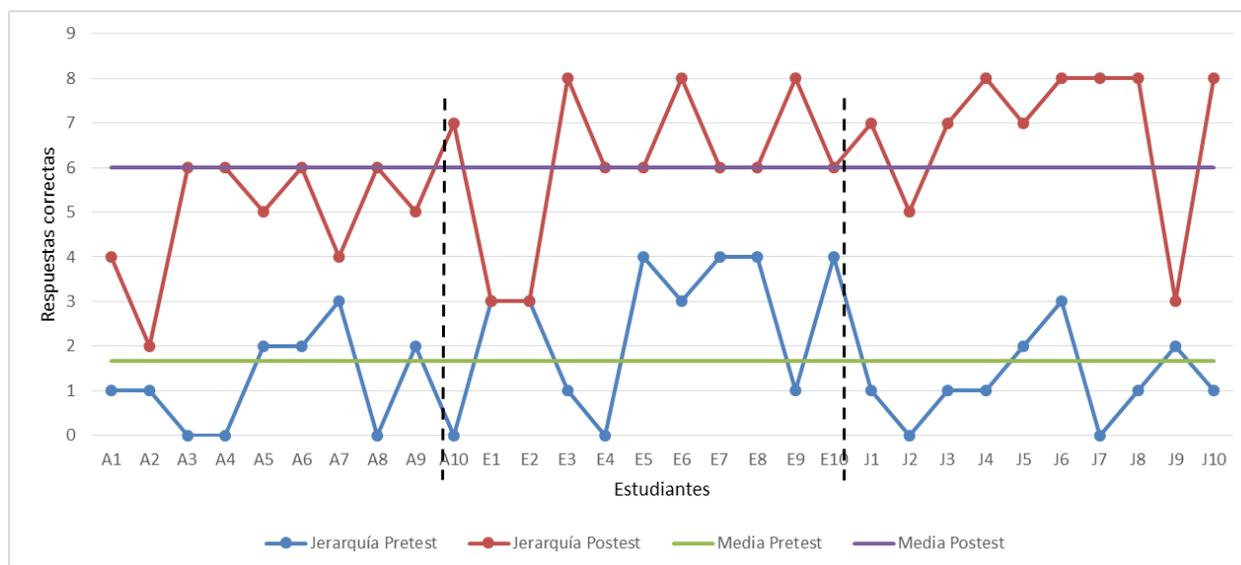


Figura 13. Comparación Jerarquías Pretest – Postest

Se analizaron las relaciones jerárquicas establecidas por los participantes entre los conceptos estructurantes, tanto en el pretest como en el postest.

Los resultados en el pretest indican que un 23.33% de la muestra no establecieron jerarquía alguna, y tan solo 4 conceptos fueron bien ubicados (13.33% de los participantes). Se encontró que las jerarquías mejor establecidas eran las que tenían relación directa con la reproducción celular, temática ya abordada en grado Séptimo, con la meiosis.

En consecuencia, jerarquías como: ‘células germinales-meiosis’, ‘meiosis-gametos’ y ‘gametos-cromosomas’ se encuentran por encima de la media (6.5), de lo que se infiere que los participantes tienen bases y preconceptos de años anteriores y facilita el anclaje, objetivo de esta investigación, con el grado Noveno y la genética (ver figura 14).

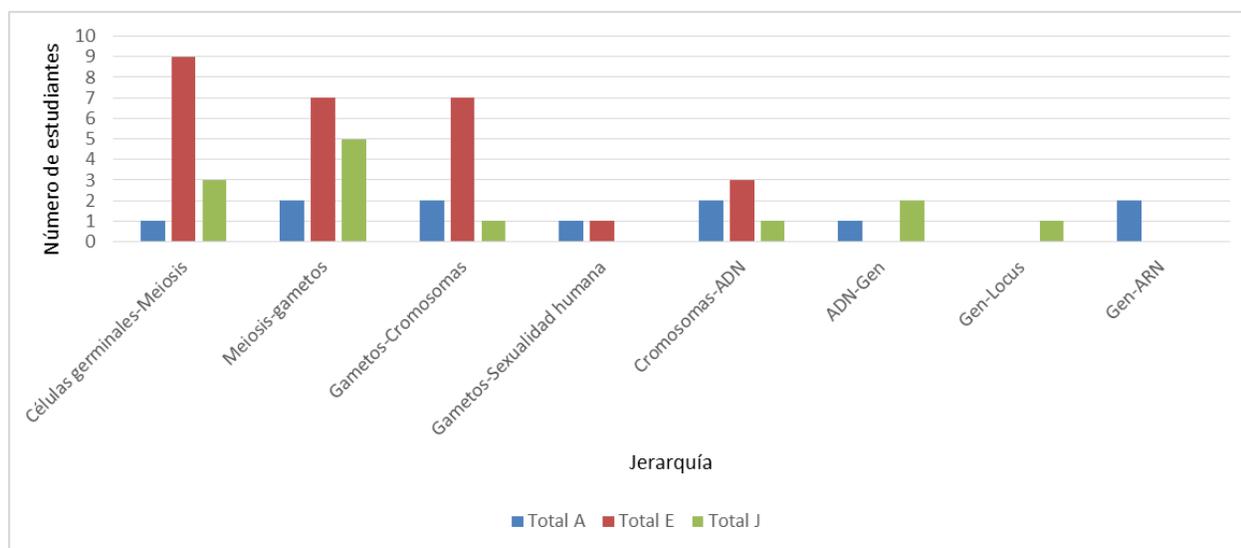


Figura 14. Consolidado Jerarquía (Pretest)

Por el contrario, la jerarquía ‘gen-locus’ es la que presenta mayor dificultad, esto debido a que locus es un concepto desconocido para los alumnos y solo uno de ellos (3.33%) logró responder correctamente.

Tal como se evidenció en la localización del concepto principal (ver figura 14), nuevamente el grupo de participantes del colegio Eduardo Santos obtuvieron una mejor organización jerárquica de los conceptos estructurantes cuya media corresponde a 2.7, en comparación con las otras instituciones: Alfonso López Michelsen, media en el pretest: 1.1; Jairo Aníbal Niño, 1.2.

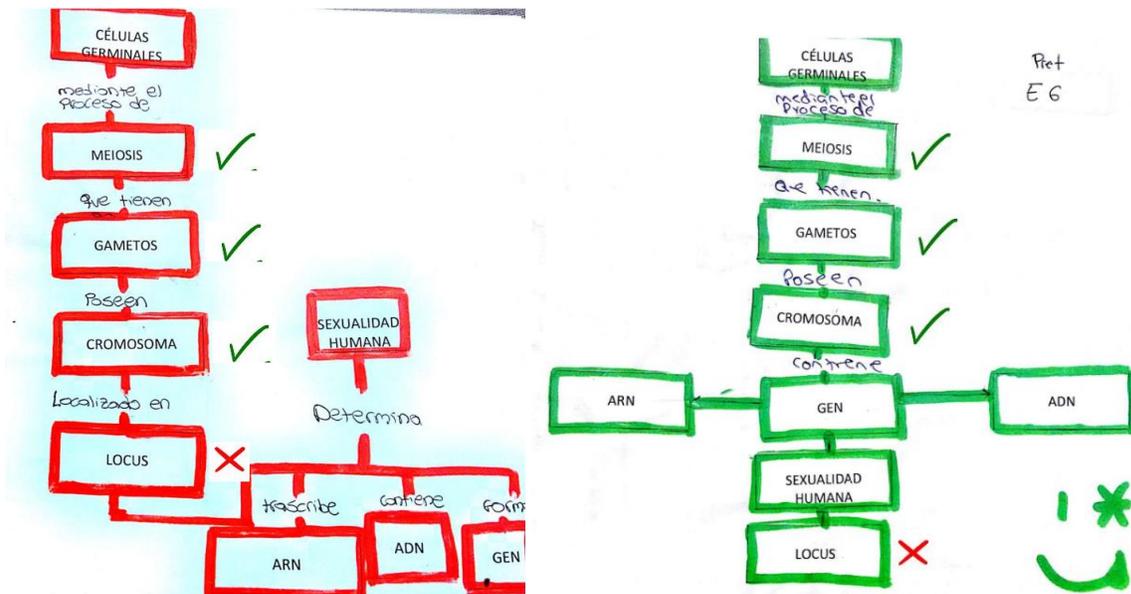


Figura 15. Mapas conceptuales Jerarquías, estudiantes E2 y E6

Ahora bien, en el postest se observa mejoría en la mayoría de los participantes (93.33%), quienes avanzaron en al menos un punto la cantidad de jerarquías organizadas en relación con la prueba inicial. Se destacan dos participantes que pasaron de no hacer relación alguna en el pretest a realizar 7 y 8 relaciones, es decir, la totalidad después de la intervención.

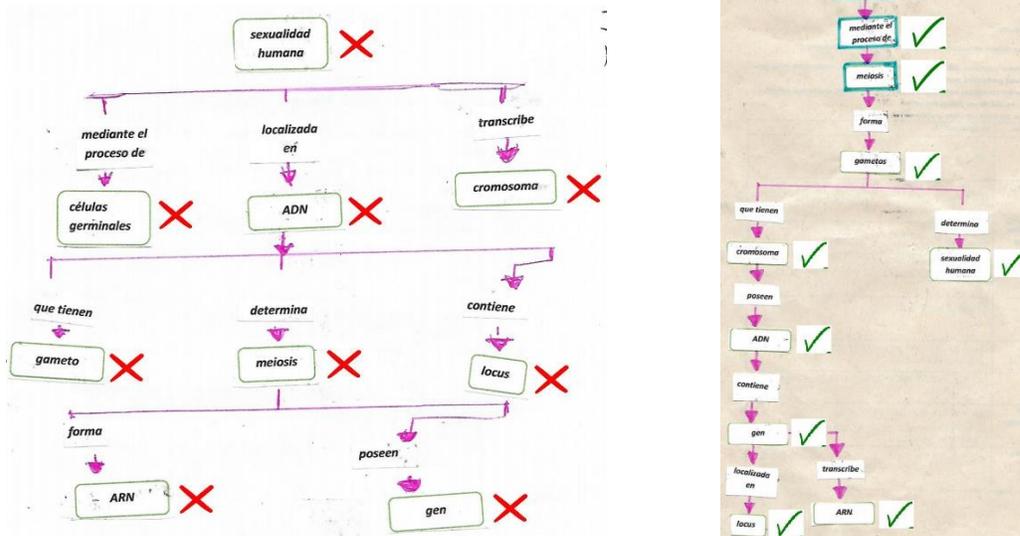


Figura 16. Mapa conceptual pretest y postest, estudiante J7

El promedio de jerarquías realizadas por los participantes es de 6, sin embargo, ocho participantes (26.66%) del total de la población ubicaron las 8 jerarquías propuestas.

Al realizar una comparación de los resultados en esta categoría entre las instituciones educativas, en el Jairo Aníbal Niño fue donde se obtuvo un notorio incremento en la adecuada jerarquización conceptual, teniendo en cuenta que en el postest la media fue de 6.9, se incrementa en 5.7 puntos en relación al pretest (ver figura 17).

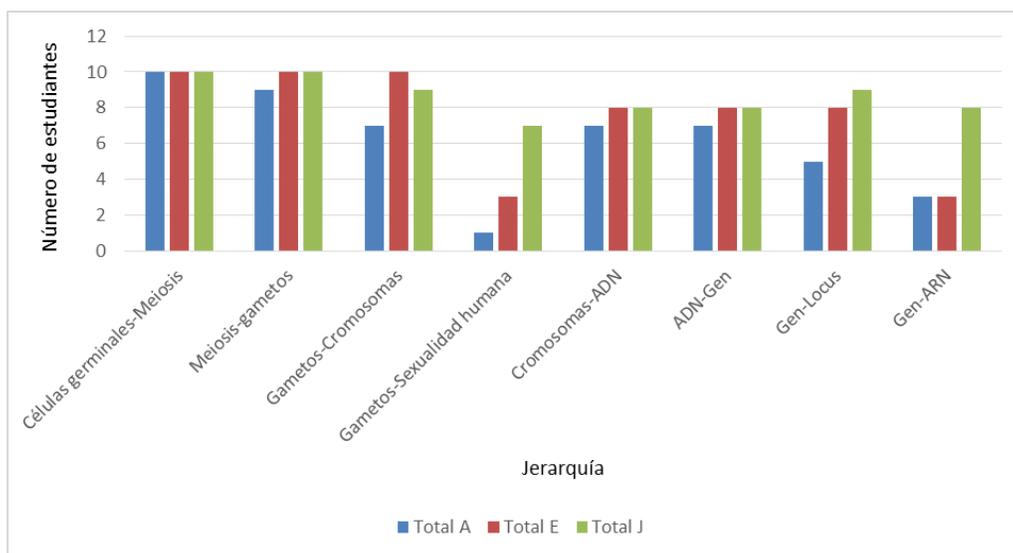


Figura 17. Consolidado Jerarquía (Postest)

Para el Alfonso López Michelsen la media fue de 5.1, lo que refleja una mejoría de 4 puntos, y para el Eduardo Santos su media de 6.0 subió 3.3 puntos. En el caso particular de esta institución, dos participantes mantuvieron 3 relaciones correctas tanto en el pretest como en el postest; al comparar los mapas conceptuales de estos participantes mantuvieron las mismas jerarquías (‘células germinales-meiosis’, ‘meiosis-gametos’ y ‘gametos-cromosomas’) lo que evidencia que con la intervención dichos participantes reforzaron sus conocimientos y los mantuvieron en el tiempo (ver figura 13).

La jerarquía ‘células germinales-meiosis’, en el postest, fue elaborada por la totalidad del grupo, esto señala que comprenden la función del proceso meiótico y establecen el inicio del mapa conceptual. Según la figura 18, se encuentran por encima de la media. Otras como ‘meiosis-gametos’, ‘gametos-cromosomas’, ‘cromosomas-ADN’ y ‘ADN-gen’, conceptos que tenían desde el año anterior, fueron reforzados con el análogo fuente, y otros nuevos los relacionaron consecutivamente en el mapa conceptual.

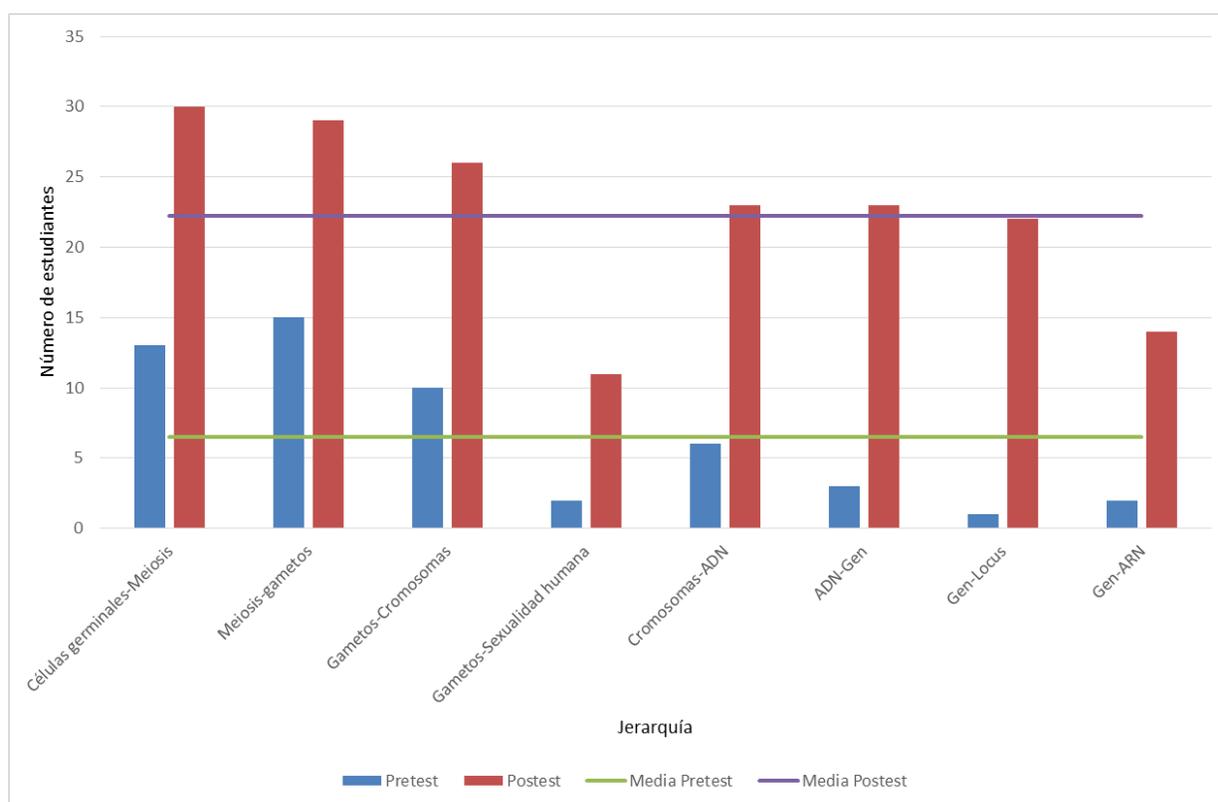


Figura 18. Consolidado Jerarquías Pretest – Postest

Por el contrario, jerarquías como ‘gameto-sexualidad humana’ y ‘gen-ARN’ se encuentran por debajo de la media, sin embargo, aumenta el número de participantes que ya los ubican correctamente. El concepto ‘sexualidad humana’ aún es confuso para ellos, especialmente porque lo relacionan directamente con el acto sexual:

*El fin de terminar una relación con un hijo o sea que termina lo que hicieron (A4, conceptualización posttest, noviembre 3 de 2016).*

*Proceso mediante el cual el hombre pasa espermatozoides y la mujer ovulos, para la fecundación (E7, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

*Capacidad para formar un ser vivo un bebe (J5, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

Esto que impide que realicen una relación acertada con otros conceptos. En el caso de ARN, suelen confundirlo con el ADN y su función específica dentro del gen.

*Es lo que define de qué especie seremos si humanos, monos, plantas etc. (A3, conceptualización posttest, noviembre 3 de 2016)*

*Es el ADN de una célula eucariota se alberga en el núcleo (E3, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

De acuerdo con lo anterior y como se evidencia en los resultados, en la mayoría de los participantes se produjo un cambio evidente en la cantidad de niveles jerárquicos logrados en la construcción del mapa conceptual. Por tanto, se puede inferir que la mayoría de ellos establecen una diferenciación conceptual que ubica conceptos más específicos contenidos en otros más generales, ya que "los niveles jerárquicos son reflejo del grado de subsunción entre conceptos... (y) las ramificaciones revelan la diferenciación progresiva" (Miller et. al, 2006, p. 2).

### **Relaciones.**

En la categoría de Relaciones, los estudiantes debían ubicar la palabra enlace o conector entre dos conceptos, de acuerdo con la jerarquía establecida que diera una correlación lógica y permitiera integrar los conceptos.

Analizando los resultados obtenidos, en general, es notoria la dificultad que presentan al establecer relaciones entre los conceptos, especialmente en el pretest. Es pertinente aclarar que los estudiantes estaban familiarizados con la construcción de mapas conceptuales, su función y la estructura con la que se deben elaborar ya que, en las tres instituciones educativas, los docentes el área de Español los usan como técnicas didácticas, medios de aprendizaje y para procesos de evaluación (Colegio Alfonso López Michelsen, 2016; Colegio Eduardo Santos, 2016; Colegio Jairo).

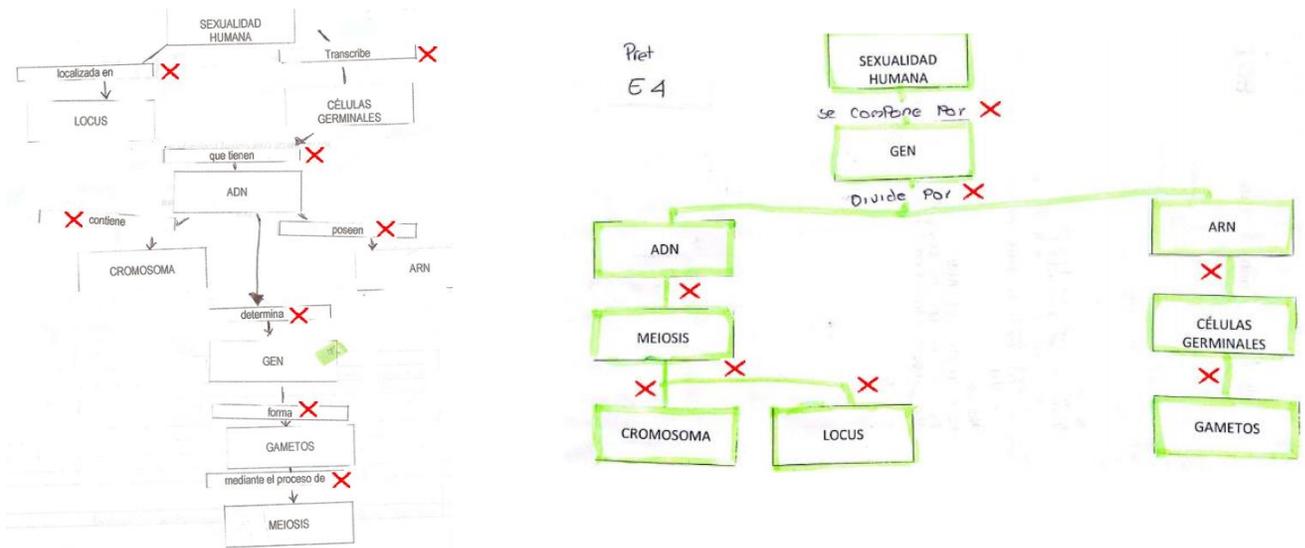


Figura 19. Mapas conceptuales pretest, estudiantes A2 y E4

Los resultados en el pretest muestran que un 73.33% no establecieron relaciones acertadas; tan solo dos participantes (6.66%) elaboraron un máximo de 2 de las 8 relaciones propuestas (ver figura 20).

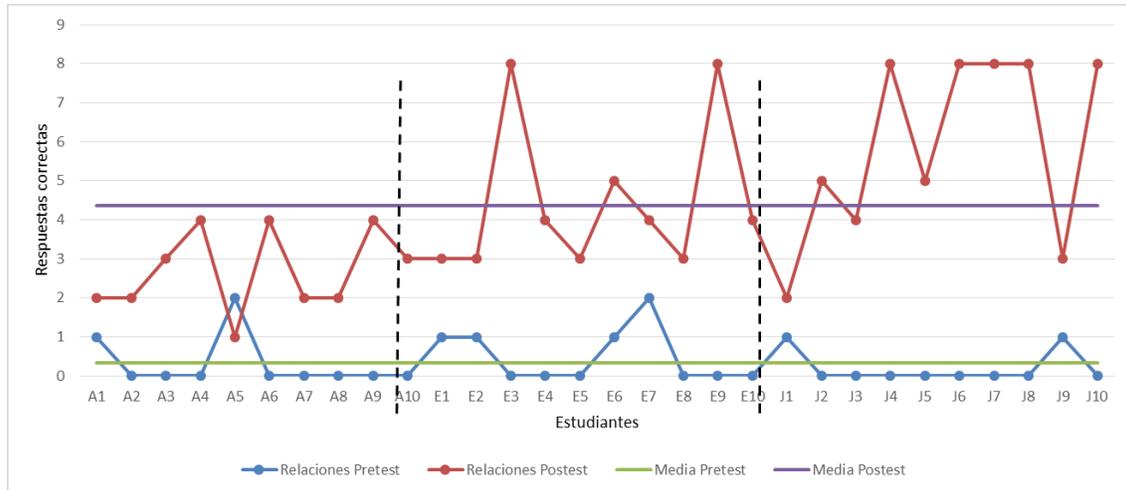


Figura 20. Comparación Relaciones Pretest-Posttest

De las relaciones establecidas por los participantes, cabe destacar que la de mayor prevalencia es ‘células germinales mediante el proceso de la meiosis’; al igual que cuando establecieron jerarquías, esta se les facilita porque son conceptos que vienen manejando desde el curso anterior y reconocen a la meiosis como un “proceso de formación de células sexuales” (Curtis y Schnek, 2006, p.104). La segunda relación que se facilitó, consecutivamente, fue ‘meiosis forma gametos’ y, como la anterior, se da por los preconceptos establecidos (ver figura 21).

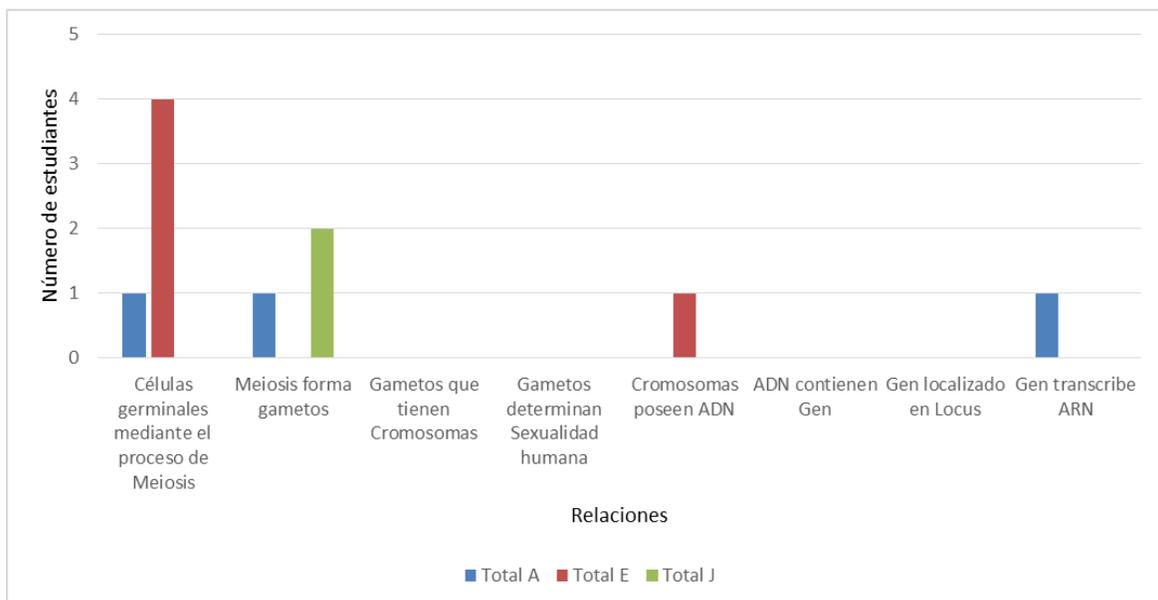
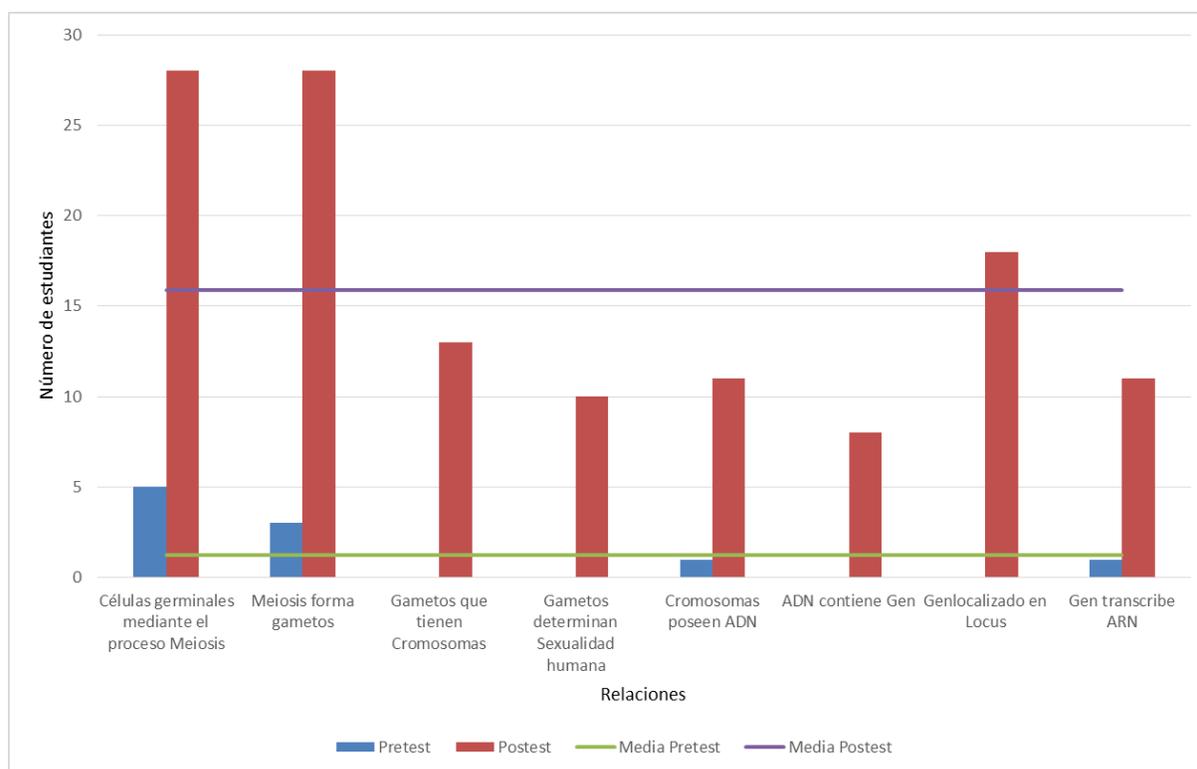


Figura 21. Consolidado relaciones (Pretest)

El colegio Eduardo Santos es quien tiene mejores resultados en la prueba pretest, el 40% de los participantes realizaron al menos una relación correcta, reafirmando los resultados encontrados en la categoría Jerarquía, donde ellos poseen preconceptos en reproducción de los años anteriores, mientras que el Alfonso López Michelsen es quien posee más variedad de relaciones acertadas.



*Figura 22.* Consolidado Relaciones Pretest – Postest

En contraste, la prueba postest muestra un cambio importante en los resultados del número de relaciones entre los conceptos: el 96.67% de los participantes aumentaron la cantidad de relaciones elaboradas en comparación con el pretest (ver figura 20).

De manera semejante a la categoría de Jerarquía, se encontró que siete participantes (23.33%) logran la totalidad de las relaciones después de no haber construido alguna en el pretest, esto nos indica una mayor apropiación de los conceptos y su relación entre ellos. Al mismo tiempo, se evidencia que construyen su propio conocimiento relacionando los preconceptos con los nuevos

adquiridos después de la intervención, en concordancia con la teoría del aprendizaje de Ausubel donde “a medida que el nuevo conocimiento es adquirido mediante aprendizaje significativo, los conocimientos inclusores experimentan diferenciación progresiva” (González, 1992, p.149); esto le permite al estudiante organizar los nuevos conocimientos de forma jerárquica, desde los más básicos a los más generales, construyendo su propio aprendizaje.

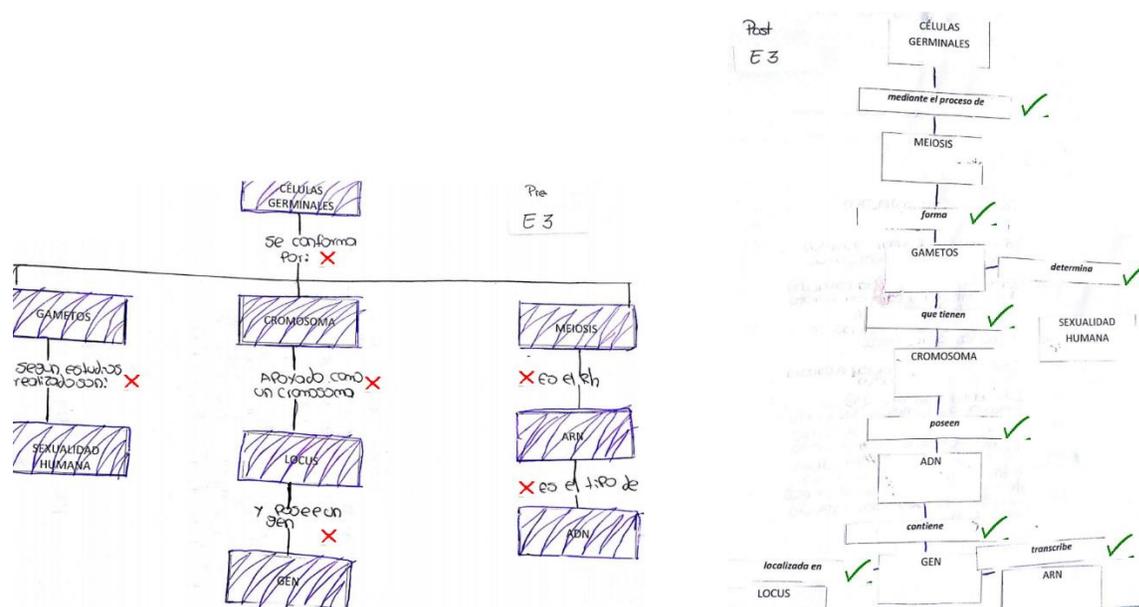
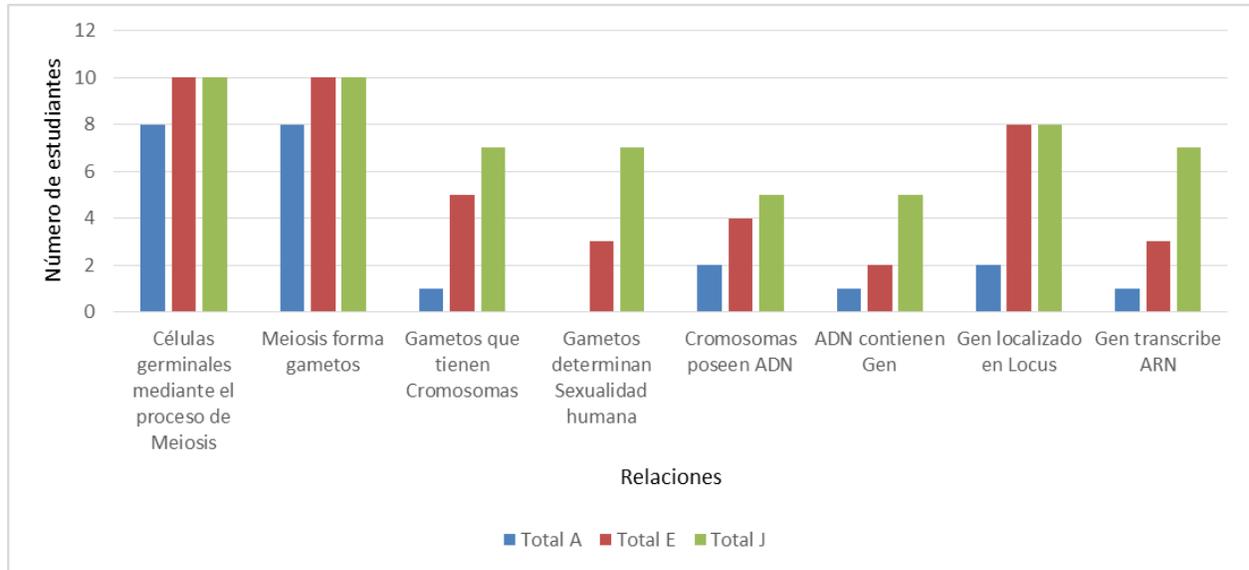


Figura 23. Mapa conceptual pretest y postest, estudiante E3

A pesar de que se observa un incremento en el número de relaciones elaboradas por los participantes, la media en el postest es de 4.37 (ver figura 20), y solamente 9 participantes (30%) estuvieron por encima de ésta, siendo las relaciones de ‘células germinales mediante el proceso de meiosis’, ‘meiosis forman gametos’ y ‘gen localizado en locus’ las que obtienen un mayor puntaje entre los participantes, es decir, que se les facilita relacionar estos conceptos entre sí. En contraste con “ADN contiene gen” que es la que más se les dificulta.

Cabe anotar que los resultados en los colegios Eduardo Santos y Jairo Aníbal Niño son similares, donde las relaciones ‘células germinales mediante el proceso de meiosis’, ‘meiosis forman gametos’ y ‘gen localizado en locus’ obtienen los mismos resultados (ver figura 24), por el contrario, en el Alfonso López Michelsen los resultados se encuentran por debajo de la media

del total de los participantes, lo que sugiere que hay una dificultad en la construcción de las oraciones y una debilidad en los procesos gramaticales: el poco manejo del vocabulario en general no les permite diferenciar palabras enlace semejantes.



*Figura 24.* Consolidado Relaciones (Postest)

Otro caso particular que se presenta en este colegio es el del participante A5, quien elabora 1 relación en el postest, mientras que en el pretest hace 2 relaciones, pero al mismo tiempo sus jerarquías, aumentan de 3 en el pretest a 5 en el postest, lo que nos muestra que organiza los conceptos de arriba abajo, de mayor complejidad a menor, pero se le dificulta encontrar un término que los relacione o conecte entre sí.



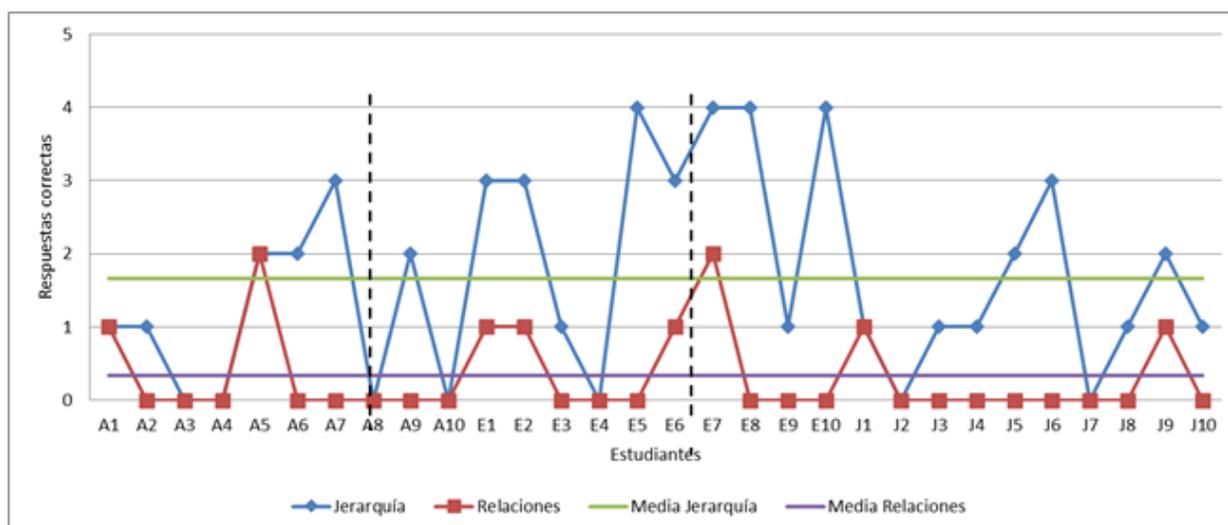


Figura 26. Comparación Jerarquía – Relaciones Pretest

En la figura 26, donde se comparan los resultados del pretest, observamos que para los participantes es más fácil organizar jerárquicamente los conceptos que elaborar relaciones coherentes entre ellos, esto debido a las dificultades que presentan en sus procesos gramaticales y su poco vocabulario, pues se entiende que las tareas “de mayor complejidad corresponden a la comprensión de la función de los elementos lingüísticos que aportan a la coherencia y cohesión de los textos” (Fernández, 2010, p. 4).

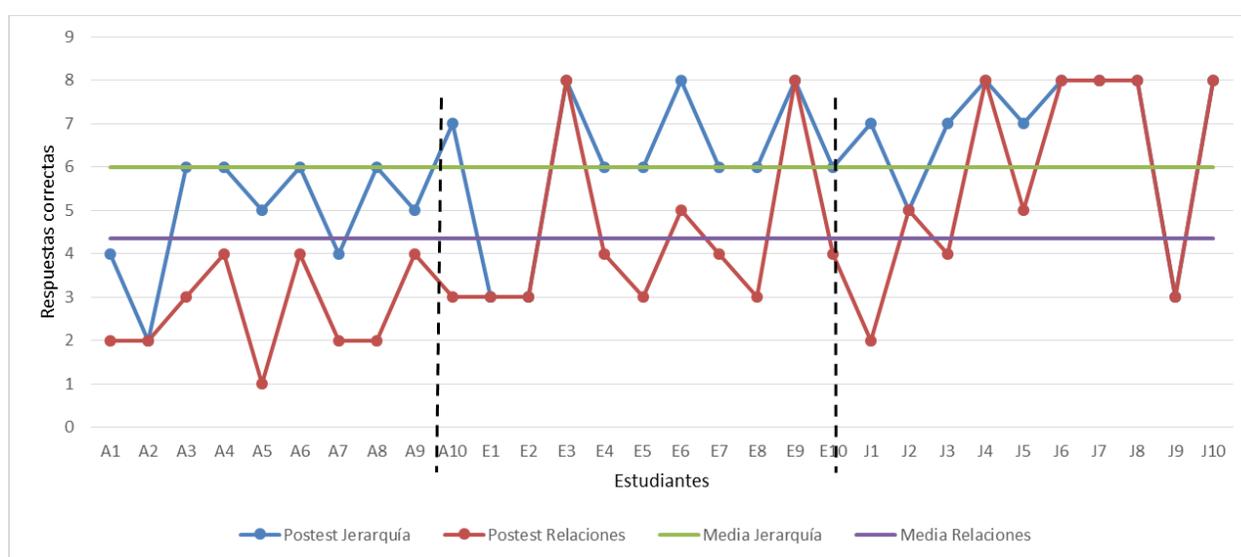
Aun así, los resultados no son del todo altos en la prueba pretest, donde la media para la categoría de Jerarquía es de 1.67 y para la de Relaciones es de 0.33; donde lo máximo que alcanzaron fueron 4 jerarquías (de cuatro participantes) y 2 relaciones (de dos participantes).

Otra situación importante que se presenta es que el 23.33% de la muestra no consiguió elaborar alguna jerarquía o relación, especialmente del colegio Alfonso López Michelsen, donde cuatro participantes tienen sus valores en cero, en el Eduardo Santos un participante y en el Jairo Aníbal Niño, tres participantes; más adelante se analizarán estos casos y sus progresos luego de la intervención.

Por otro lado, el 10% de la muestra coincide en la misma cantidad de jerarquías y relaciones y, al hacer el análisis de cuáles realizaron correctamente, coinciden con ‘meiosis forma gametos’ (dos participantes), ‘células germinales mediante el proceso de meiosis’ (un participante) y ‘gen

transcribe ARN' (un participante), es decir, que tanto la ubicación del concepto como el conector estaban correctos, y tal como se había indicado anteriormente, esto se produce por el manejo de preconceptos.

Respecto al postest (ver figura 27), tanto la formación de jerarquías como el establecimiento de las relaciones mejoraron notablemente, la media para las jerarquías pasa a 6 y para las relaciones a 4.37, en consecuencia, todos los participantes contestaron al menos una jerarquía o una relación, lo que permite decir que, después de la intervención, todos los participantes adquirieron algún concepto nuevo o reforzaron uno que traían de cursos anteriores.



*Figura 27. Comparación Jerarquía – Relaciones Postest*

El 23.33% de los participantes logran construir el mapa conceptual de forma adecuada, dicho de otra manera, tanto las jerarquías como las relaciones están ubicadas correctamente, e indica que la estrategia de las analogías empleada para la construcción del conocimiento facilita el proceso de aprendizaje de nuevos conceptos de una manera más cercana a su realidad; la elaboración del mapa conceptual nos mostró la organización que el participante le da a su nuevo conocimiento de forma jerárquica y coherente usando los conectores acertadamente, y es lo que finalmente nos permitió visualizar en los mapas conceptuales elaborados, pues estos “constituyen una representación visual de la jerarquía y las relaciones entre conceptos que el individuo posee” (Costamagna, 2005, p. 310).

Sin embargo, el hecho de que los demás participantes no hayan alcanzado estos porcentajes de asertividad en las dos categorías no quiere decir que los resultados sean negativos, pues el 40% logra un mayor número de ubicaciones jerárquicas, por encima de la media, y un 33.33% de relaciones. Todos aumentaron sus resultados en por lo menos un punto en la elaboración de jerarquías y en la construcción de relaciones, a excepción de un participante del Alfonso López Michelsen.

En el pretest se presentó un caso particular, donde siete participantes no elaboraron jerarquía o relación alguna, pero en el postest los mismos participantes mejoraron notablemente su proceso de aprendizaje de los conceptos dados en la intervención y todos lograron un aumento significativo en la elaboración de las jerarquías y relaciones.

A partir de lo anterior, podemos inferir que la intervención realizada tiene un impacto positivo en los participantes en cuanto al proceso de aprendizaje significativo ya que, según lo definido por Moreira (1997), ellos lograron el “establecimiento de relaciones entre ideas, conceptos, proposiciones ya establecidos en la estructura cognitiva” (p. 6) lo que facilita la adquisición de nuevos significados y les permite la reorganización de su estructura cognitiva.

### **Conceptualización.**

Tanto para el pretest, como para el postest, se solicitó a los participantes escribir cada concepto según sus conocimientos previos, es decir, antes de la intervención y según lo aprendido posterior al uso del análogo fuente y a las tareas elaboradas.

La figura 28 muestra los resultados comparativos en cada uno de los momentos, donde se tuvieron en cuenta el total de las conceptualizaciones establecidas correctamente por los participantes para cada concepto (ver Apéndice D).

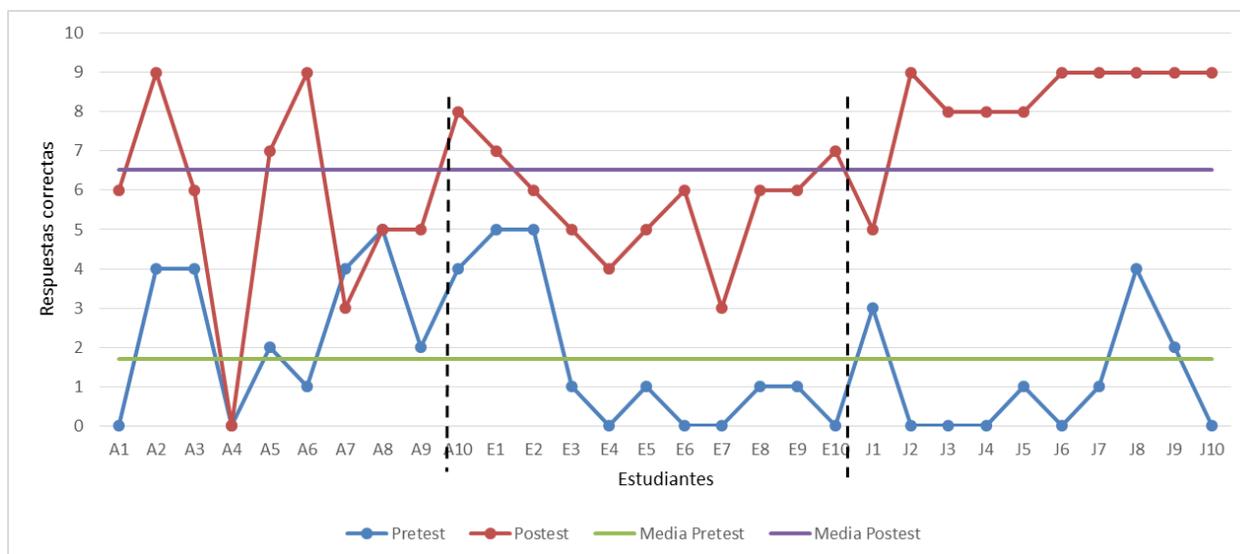


Figura 28. Consolidado Conceptualizaciones Pretest – Posttest

En el pretest, el 36.67% de los participantes no elaboraron una correcta conceptualización, sin embargo, quienes lograron por lo menos una bien hecha, lo hacen recordando aquellos conceptos que adquirieron en cursos anteriores, tal como se describe y detalla en las categorías de Jerarquía y Relaciones, ya mencionadas.

Es por esto que conceptos como ‘meiosis’, ‘gametos’ y ‘cromosomas’ son familiares para ellos, obteniendo el mayor número de respuestas acertadas por los participantes en el pretest, y les permite que puedan realizar un acercamiento al concepto, que si bien no es concreto y no usan vocabulario científico, les permite relacionar lo ya aprendido con los nuevos conceptos, y así construir nuevo conocimiento, tal como lo indica Caballero: “Las ideas previas del alumnado inciden de una manera muy directa en el proceso de enseñanza-aprendizaje” (Caballero, 2008, p. 227).

*Meiosis: Cuando una célula se divide teniendo por resultado dos células hijas*

*Gametos: son las células reproductoras de los hombres (A3, conceptualización pretest, octubre 6 de 2016).*

*Meiosis: proceso cuya finalidad es producir células sexuales*

Cromosomas: *son estructuras que se encuentran en el núcleo de las células (E8, conceptualización pretest, octubre 7 de 2016).*

Meiosis: *es el proceso en el cual se forman los gametos*

Gametos: *son el espermatozoide y el óvulo (J1, conceptualización pretest, octubre 7 de 2016).*

Gametos: *espermatozoides y óvulos (J5, conceptualización pretest, octubre 7 de 2016).*

Los participantes relacionan el concepto de ‘meiosis’ con: *proceso, formación, división, células hijas, gametos, reproducción celular*, y a su vez utilizan diferentes sinónimos para referirse a los gametos, tales como: *células reproductoras y/o células sexuales*. Para el caso de los ‘gametos’ es claro para ellos que son células y las relacionan directamente con los *espermatozoides* y los *óvulos* (ver apéndice 19 al 21).

Con relación al postest, se observa una mejoría significativa en la mayoría de los participantes, el 26.67% realiza la totalidad de las conceptualizaciones de forma acertada, el 70% de los participantes elaboran por lo menos 3 o más conceptos y, solamente 1 participante (3.33%) no elabora algún concepto de forma adecuada.

Como resultado a la intervención aumentaron la cantidad de los conceptos acertados por los alumnos, al mismo tiempo que los términos o palabras científicas que usaron para conceptualizarlos. Es así como ‘meiosis’, ‘gametos’, ‘gen’ y ‘locus’ obtienen la mayor valoración y cantidad de participantes que los usaron de forma correcta.

Células germinales: *Son las células no somáticas del cuerpo que se reproducen a través de el proceso de meiosis.*

ADN: *Dónde se encuentra la información genética.*

Locus: *Es donde se localiza el gen (A3, conceptualización postest, noviembre 3 de 2016).*

Meiosis: *da lugar a gametos con la mitad de cromosomas.*

Cromosoma: *en el núcleo de las células de todos los seres vivos se encuentran los cromosomas visibles durante el proceso de mitosis.*

Locus: *ubicación física de un gen en un cromosoma (E8, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

Gametos: *es lo que esta formado por 23 cromosomas, ovulo y espermatozoide.*

Gen: *es la unidad de las herencias la cual codifica la información necesaria para producir proteínas.*

Locus: *la ubicación física del ADN en un cromosoma (J1, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

En efecto, los participantes en la prueba posttest ya utilizan términos más complejos para definirlos, como es el caso de la ‘meiosis’ que lo relacionan con: *proceso, división, haploides, gametos y reproducción sexual*. Al mismo tiempo, para ellos es claro que en el resultado de la división celular: *los gametos tienen la mitad de los cromosomas* y, aunque no era un término desconocido, reforzaron el concepto y lo relacionaron con la reproducción y con la genética humana (ver apéndice 22 al 24).

Meiosis: *Divicion de las celulas germinales (A1, conceptualización posttest, noviembre 3 de 2016).*

Meiosis: *Reproducción en la cuál se obtiene 4 celulas haploides (A5, conceptualización posttest, noviembre 3 de 2016).*

Meiosis: *división celular que produce gametos (E2, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

Meiosis: *proceso de división celular que nos da los gametos (E4, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

Meiosis: *proceso por el cual se da lugar a gametos con la mitad de cromosomas (J3, conceptualización posttest, noviembre 3 de 2016).*

Para el caso de ‘gametos’, los participantes tienen claro que son *células sexuales*, 34.48% de los 29 participantes que acertaron en la respuesta coincidieron con esta definición, al mismo tiempo que lo asocian rápidamente con los *espermatozoides* y los *óvulos*, también los llaman: *células reproductivas* o *células reproductoras*. Así mismo, coinciden y aciertan al decir que son *células haploides* y que tienen *carga genética* en su interior, contenida en los *23 cromosomas*.

Esto nos lleva a entender que reforzaron los conocimientos que traían de años anteriores sobre este concepto y, al mismo tiempo, adquirieron nuevos conocimientos y elementos que les permitirá entender las temáticas de grado Noveno en cuanto al estudio de la genética.

*Gametos: son las partes de un cuerpo (celulas reproductoras del hombre) (A2, conceptualización pretest, octubre 6 de 2016).*

*Gametos: se encuentran tanto en los cuerpos masculinos y femeninos, espermias y óvulos (A2, conceptualización posttest, noviembre 3 de 2016).*

*Gametos: no se (pretest) (E2, conceptualización pretest, octubre 7 de 2016).*

*Gametos: espermatozoides son las celulas hapoides masculinas y ovulos son las celulas sexuales femeninas (E2, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

*Gametos: pertenecen al cuerpo del humano (J4, conceptualización pretest, octubre 7 de 2016).*

*Gametos: son los ovulos y espermios que forman los cigotos (J4, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

Otro de los conceptos con mayor número de aciertos es ‘gen’, donde 24 participantes acertaron con la definición mientras que, en el pretest, sólo un participante se había acertado esta. La conceptualización más común es *unidad de herencia*, donde el 45.83% de quienes acertaron coincidieron con ella. También la definen como: *pequeña parte del cromosoma, porción del cromosoma o porción de ADN*. Igualmente, conocen que un ‘gen’ *determina una característica específica y tiene información hereditaria y que codifican información* (ver apéndice 22 al 24).

*Gen: Es aquella sustancia que ayuda al procedimiento de la meiosis y éste la contiene (A6, conceptualización pretest, octubre 6 de 2016).*

*Gen: Una parte del ADN que asigna una especial característica del individuo (A6, conceptualización posttest, noviembre 3 de 2016).*

*Gen: (no escribe nada) (E1, conceptualización pretest, octubre 7 de 2016).*

Gen: *es la que posee la información hereditaria (E1, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

Gen: *celula masculina (J10, conceptualización pretest, octubre 7 de 2016).*

Gen: *Transcribe la informacion genetica en caracteristicas visibles (J10, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

Algo semejante sucede con el concepto ‘locus’, donde el 86.66% de los participantes aciertan en su conceptualización y, de éstos, el 65.38% coinciden en que es la *ubicación exacta de un gen* y el 15.38% que es la *localización de un gen en el cromosoma*. Es interesante observar cómo en este momento, reconocen el concepto de ‘locus’ directamente con los cromosomas y su utilidad en genética, ya no es lejano para ellos.

Locus: *Se define como la localización precisa de un gen (A7, conceptualización posttest, noviembre 3 de 2016).*

Locus: *la ubicación física de un cromosoma de llama locus (E5, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

Locus: *ubicación de un gen en el cromosoma (J3, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

En cuanto a los conceptos que obtuvieron menores calificaciones, pero no mínimas, están ‘Sexualidad humana’ y ‘ARN’. En relación con ‘Sexualidad humana’, al igual que sucedió con el desarrollo de la tarea 8 de *Prezi*, y la ubicación y relación de este en las categorías de Jerarquía y Relaciones, es un concepto impreciso para ellos porque lo asocian directamente con el *método de reproducción* o el *fin reproductivo*, pues de acuerdo con lo citado por Pacheco et al. (2007) “los adolescentes de 10-14 años ya tienen significaciones sobre sexualidad, sustentadas en los discursos hegemónicos de sus referentes cercanos... (y) las significaciones que tienen las adolescentes de la sexualidad están ligadas muy fuertemente a los procesos reproductivos” (p. 50); por tanto, hasta que los estudiantes no independicen la sexualidad humana del acto sexual, se compromete la conceptualización del mismo. No obstante, el 33.33% de la totalidad de la población logró este propósito y lo conceptualiza correctamente.

Sexualidad humana: *el fin de terminar una relación con un hijo o sea que termina lo que hicieron (A4, conceptualización posttest, noviembre 3 de 2016).*

Sexualidad humana: *metodo de reproduccion de los seres vivos (A1, conceptualización posttest, noviembre 3 de 2016).*

Sexualidad humana: *proceso mediante el cual el hombre pasa espermatozoides yy la mujer ovulos, para la fecundación (E7, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

Sexualidad humana: *capacidad para formar un ser vivo un bebe (J5, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

Para el caso de ‘ARN’, la dificultad que se aprecia en la conceptualización es el confundirlo con ADN, por ello es posible encontrar definiciones equivocadas como es el ADN de la célula o que contiene la información genética del ser vivo. Pese a esto, el 60% conceptualiza de forma adecuada (ver apéndice 22 al 24).

ARN: *es lo que define de qué especie seremos si humanos, monos, plantas etc. (A3, conceptualización posttest, noviembre 3 de 2016).*

ARN: *es el ADN de una celula eucariota se albega en el nucleo (E3, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

ARN: *cada cromosoma consta de una doble helice de ADN empaquetada con diversas proteínas (E5, conceptualización posttest, noviembre 4 de 2016).*

Ahora bien, dos participantes del colegio Alfonso López Michelsen (ver apéndice conceptualizaciones, participantes A4 y A7) aún presenta dificultades en el proceso de conceptualización, contrario a lo que sucede con sus resultados en las categorías Relaciones y Jerarquías, donde aumentaron los resultados obtenidos en relación con el pretest, pero en este apartado, ellos lo disminuyen o no logran hacer alguno de forma acertada. Al hacer el análisis, la dificultad no se encuentra en la poca o nula apropiación de conceptos, sino en el poco vocabulario que manejan, situación que no es propia de estos dos casos sino de los jóvenes en general, lo que ya se había analizado en este capítulo.

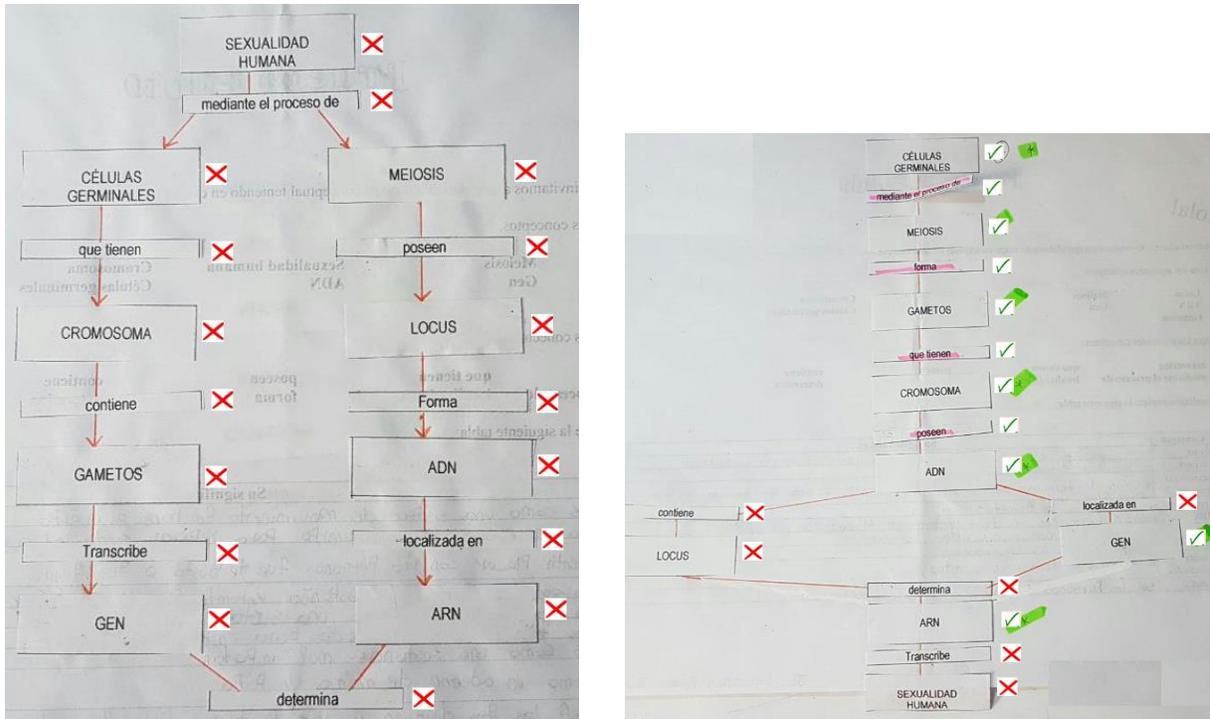


Figura 29. Mapa conceptual pretest y postest, estudiante A4

Células germinales: como un adene de mamá y papa (A4, conceptualización pretest, octubre 6 de 2016).

Células germinales: el principio de formar 46 cromosomas (A4, conceptualización postest, noviembre 3 de 2016).

Gametos: son los que dirigen a las proteínas para que entren y salgan (A4, conceptualización pretest, octubre 6 de 2016).

Gametos: son las personas o todos tenemos 23 gametos (A4, conceptualización postest, noviembre 3 de 2016).

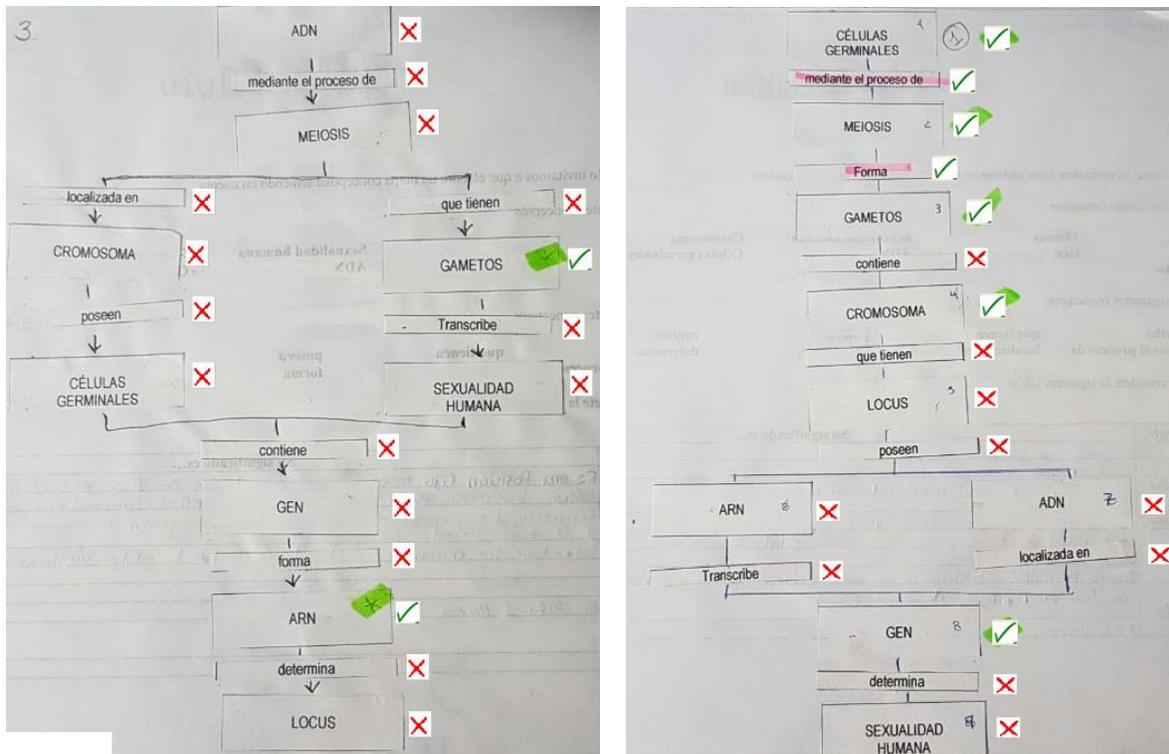


Figura 30. Mapa conceptual pretest y postest, estudiante A7

Gen: [no escribe nada] (A7, conceptualización pretest, octubre 6 de 2016).

Gen: es una función genética (A7, conceptualización postest, noviembre 3 de 2016).

ADN: del papá y mamá (A7, conceptualización pretest, octubre 6 de 2016).

ADN: Es la totalidad de la carga gnética de las células germinales (A7, conceptualización postest, noviembre 3 de 2016).

Considerando que el 90% de los participantes aumentan por lo menos en una conceptualización acertada, podemos inferir que la apropiación conceptual, en general, fue buena, ya que los participantes no presentaron mayores dificultades para escribirlas y no se quedaron con el análogo, por el contrario, realizaron la transposición con el concepto blanco.



## **Conclusiones, recomendaciones e implicaciones investigativas**

Esta investigación presenta una herramienta pedagógica, basada en la estrategia de las analogías en situaciones cotidianas de los estudiantes, relacionada con la genética, para favorecer la apropiación de conceptos estructurantes, la cual fue analizada desde un enfoque de investigación mixto. Los resultados de la prueba diagnóstica, las pruebas pretest y postest y el desarrollo de las tareas enlace, desde las diferentes categorías de análisis diseñadas, permiten realizar las siguientes conclusiones:

El uso de la estrategia de analogías con los estudiantes provocó cambios en el proceso de aprendizaje, puesto que ellos consiguen apropiarse de los conceptos estructurantes de la genética acerca de la reproducción humana propuestos en la investigación, a través de la vinculación de conceptos previos con base en análogos y la reestructuración del entramado conceptual.

Es importante descubrir en los estudiantes sus preconceptos en relación con la genética y la reproducción humana, adquiridos en los años anteriores, ya que la estrategia de las analogías refuerza, aclara y modifica estos conceptos previos y, de esta forma, no excluyen lo aprendido, sino lo asocian con los nuevos, y así facilita el proceso de aprendizaje posterior de los alumnos, en este caso, en el grado Noveno.

La elaboración del mapa conceptual mostró la organización que el estudiante le da a su nuevo conocimiento, de forma jerárquica y coherente, usando los conectores adecuadamente y evidencia los conceptos que posee. En la mayoría de los estudiantes se produjo un cambio en la cantidad de niveles jerárquicos logrados, lo que permite inferir que lograron establecer una diferenciación conceptual que ubica conceptos más específicos contenidos en otros más generales.

La estrategia de las analogías permite al estudiante apropiarse del conocimiento y estar en la capacidad de establecer jerarquización y relaciones conceptuales, en este caso, de la genética. Es importante favorecer en los estudiantes el uso de los conceptos estructurantes de reproducción humana, permitiendo que sean más entendibles y útiles en su cotidianidad.

En el proceso de enseñanza aprendizaje se debe procurar el desarrollo de estrategias que permitan a los estudiantes comprender el contexto científico, facilitando la mediación por parte

del docente entre la ciencia erudita y la ciencia escolar y, de este modo, formar ciudadanos críticos y científicamente informados.

Al analizar las temáticas de los grados Séptimo y Noveno, se concluyó que existe un lapso de tiempo muy largo que no permite enlazar los temas de reproducción y herencia y no hay una la secuenciación conceptual que les permita a los estudiantes conservarlos y utilizarlos de forma constante. Se recomienda que se aborden estos conceptos en grado Octavo, pues esta experiencia nos muestra que ellos facilitan el proceso de enseñanza de la herencia.

Se deben considerar algunas limitaciones que se dieron durante el desarrollo de la investigación. Se encontró que los estudiantes cuentan con un vocabulario limitado y esto dificultó, en algunos casos, la selección de las palabras de enlace al establecer las conexiones entre los conceptos estructurantes en la elaboración de los mapas conceptuales. También se evidenció, al construir las conceptualizaciones, que no poseen muchas habilidades en el proceso escritural.

De igual forma, en la mayoría de los estudiantes no existe una cultura de trabajo extra clase, evidente ya que no todos completaron la tarea de enlace en la plantilla *Prezi*.

Dentro de los conceptos estructurantes trabajados en la investigación, el concepto de sexualidad humana es impreciso para ellos porque lo asocian directamente con el método de reproducción o con el fin reproductivo, pues por su edad no cuentan con la madurez fisiológica, psicológica, ni emocional para establecer una proyección para su vida.

Se espera que, a partir de esta experiencia, se puedan realizar investigaciones acerca del concepto de sexualidad humana, ya que fue el que presentó mayor dificultad en la apropiación por parte de los estudiantes. Además, se espera que el análogo fuente, producto de esta investigación pueda ser usado como recurso para la enseñanza de la genética por otros docentes, y como transposición didáctica para otras áreas.

## Referencias

- Acevedo, J., Vázquez, Á., Martín, M., Oliva, J., Acevedo, P., Paixão, F. y Manassero, M. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación de Las Ciencias*, 2(2), 121–140.
- Álvarez, G. y Giraldo, M. *Una propuesta para entender los conceptos de uso y apropiación* (documento de trabajo). Universidad Pontificia Bolivariana. Recuperado de [http://cmap.upb.edu.co/rid=1PC31T6LD-1QKJ05M-2R7/Conceptos\\_Usos\\_Apropiacion%5B1%5D.pdf](http://cmap.upb.edu.co/rid=1PC31T6LD-1QKJ05M-2R7/Conceptos_Usos_Apropiacion%5B1%5D.pdf)
- Aguilar, M. (2006). El mapa conceptual una herramienta para aprender y enseñar. *Plasticidad Y Restauración Neurológica*, 5(1), 62–72.
- Alberts, B. y Bray, D. (2006). *Introducción a la biología celular*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Alemañ, R. y Pérez, J. (2000). Enseñanza por cambio conceptual: de la física clásica a la relatividad. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 463–471.
- Aragón, M., Bonat, M., Oliva, J. y Mateo, J. (1999). Las analogías como recurso didáctico en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, (21), 1–4.
- Arango, J. (2013). *Diseño y aplicación de una estrategia para la enseñanza de la Genética con el fin de propiciar aprendizajes significativos en el grado octavo mediante el uso de las TIC: Estudio de caso en la Institución Educativa Dinamarca del municipio de Medellín*. Universidad Nacional de Colombia.
- Armúa de Reyes, C. (2002). Una Propuesta integrada en la enseñanza de la Biología. In *Memorias de las V Jornadas Nacionales de Enseñanza de la Biología. La Educación en Biología: Tendencias e Innovaciones* (pp. 402–405). Posadas: Universitat Córdoba.
- Audesirk, T., Audesirk, G. y Byers, B. (2003). *Biología, la vida en la tierra* (6th ed.). México: Pearson.

- Audesirk, T., Audesirk, G. y Byers, B. (2008). *Biología, la vida en la tierra* (8th ed.). México: Pearson.
- Audesirk, T., Audesirk, G. y Byers, B. (2013). *Biología, la vida en la tierra con Fisiología* (9th ed.). México: Pearson.
- Ayuso, E. (2000). *Fundamentación, planificación, aplicación y evaluación de una propuesta didáctica para la Educación Secundaria Obligatoria*. Universidad de Murcia.
- Ayuso, E. y Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 133-157.
- Ayuso, E., Banet, E. y Abellán, T. (1996). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios? *Enseñanza de Las Ciencias*, 14(2), 127–142.
- Banet, E. y Ayuso, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 137–153.
- Banet, E. y Ayuso, E. (2000). Teaching Genetics at Secondary School: A Strategy for Teaching about the Location of Inheritance Information. *ScienceEducation*, 84(3), 287–428.
- Barrero, F. (2011). *Cruces genéticos, monohíbridos y dihíbridos. Una herramienta para establecer ideas previas y propiciar aprendizajes significativos en los estudiantes de grado octavo de la institución educativa Santa Rosa de Lima del municipio de Suárez Tolima*. Universidad Nacional de Colombia.
- Becerra, D. (2013). *Secuencia didáctica para el desarrollo de aprendizajes significativos en la enseñanza de la estructura de los ácidos nucleicos - DNA - con estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa Diego Echavarría misas del municipio de Medellín* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia.
- Blanco, Á. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(2), 70-86

- Bruner, J. S. (2008). *Desarrollo cognitivo y educación* (6th ed.). Madrid: Morata.
- Buendía, L., Colás, P. y Hernández, F. (1998). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. Madrid: McGraw-Hill
- Bugallo, A. (1995). La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 379–385.
- Buitrago, L. M. (2015). *Las analogías como estrategia de enseñanza en el aprendizaje del campo conceptual de la respiración* (tesis de maestría). Manizales: Universidad Autónoma de Manizales.
- Campanario, J. y Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 155–169.
- Campbell, N. A. (2007). *Biología*. Madrid: Médica Panamericana.
- Castelo-Branco, C. (2005). *Sexualidad humana: una aproximación integral*. Madrid: Médica Panamericana.
- Catret, M., Gomis, J., Ivorra, E. y Martínez, J. (2013). *El uso del entorno local en la formación científica de los futuros docentes. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Girona.
- Ciccone, L. (2005). *Bioética: Historia. Principios. Cuestiones*. Madrid: Palabra.
- Comas, D. (2001). De Mendel al mapa del genoma. *Quark*, (20), 16-19.
- Costamagna, A. M. (2001). Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 309-318.
- Costamagna, A. (2005). El valor de la metaevaluación del cambio conceptual: una experiencia didáctica. *Enseñanza de Las Ciencias*, 23(3), 419–430.

- Cruz-Coke, R. (1999). Historia de la genética latinoamericana en el siglo XX. *Revista Médica de Chile*, 127(12), 1524–1532.
- Curtis, H., Barnes, N. S., Schnek, A. y Flores, G. (2006). *Invitación a la Biología*. (E. M. Panamericana, Ed.) (Sexta). Montevideo-Uruguay: Ed. Médica Panamericana.
- Curtis, H. y Schnek, A. (2006). *Invitación a la Biología*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Curtis, H. y Schnek, A. (2008). *Biología*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Dagher, Z. (1995). Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education*, 79(3), 295–312.
- Felipe, A., Gallarreta, S. y Merino, G. (2006). Aportes para la utilización de analogías en la enseñanza de las ciencias. Ejemplos en biología del desarrollo. *Revista Iberoamericana de Educación*, 37(6), 1–9.
- Fernández, I. (2010). *Fortalezas y dificultades de los estudiantes de básica según sus desempeños en Saber 2009*. AlTablero, (55), 4–7.
- Fernández, J., González, B. y Moreno, T. (2005). Hacia una evolución de la concepción de analogía. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 33-46
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 30–35.
- Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 291-296.
- Gagliardi, R. (1995). Formación científica y tecnológica para las comunidades tradicionales. *Perspectivas: Revista Trimestral de Educación Comparada*, (1), 59–82.
- Galagovsky, L. R. (1993). Redes conceptuales: base teórica e implicaciones para el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 301-307.
- Galagovsky, L. y 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.

Gamboa, M. (2014). *Análisis de la evaluación externa en el área de ciencias: estudio comparativo entre España y Colombia* (tesis doctoral). Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid, España.

García, C. (1998). De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: una aproximación a la enseñanza-aprendizaje de la Geología. *Enseñanza de Las Ciencias*, 16(2), 323–330.

García, F. (2014). Gregorio Mendel. Aporte histórico a la genética. Aproximación a una interpretación epistemológica. *Boletín del Consejo Académico de Ética en Medicina*, 4(1), 133–145.

Garriz, A. (2010). La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y cambios acelerados. *Enseñanza de Las Ciencias*, 28(3), 315–326.

Glynn, S. M. (1990). La enseñanza por medio de modelos analógicos. In K. Denise (Ed.), *El texto expositivo. Estrategias para la comprensión*. Buenos Aires: Aique.

Gómez, C., Sanjosé, V. y Solaz, J. (2012). Una revisión de los procesos de transferencia para el aprendizaje y enseñanza de las ciencias. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (26), 199-227

González, F. (1992). Los mapas conceptuales de J. D. Novak como instrumentos para la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. *Enseñanza de Las Ciencias*, 10(2), 148–158.

Goodenough, J. & McGuire, B. (2012). *Biology of Humans, Concepts, Applications and Issues* (4th ed.). San Francisco: Pearson.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista P. (2006). *Metodología de la investigación*. (4, Ed.). México: McGraw-Hill.

- Holyoak, K. J. & Thagard, P. (1989). Analogical mapping by constraint satisfaction. *Cognitive Science*, 13(3), 295–355.
- ICFES. (2015). *SABER 3º, 5º y 9º. Resultados Nacionales 2009-2014*. Bogotá: Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación.
- Íñiguez, F. (2005). *La enseñanza de la genética: una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista*. Universitat de Barcelona.
- Íñiguez, F. y Puigcerver, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación de Las Ciencias*, 10(3), 307–327.
- Maggi, A. (2012). ¿Cuál es el material hereditario? En M. Mardarás, V. Corbacho, L. Galotti, y A. Maggi (Eds.), *Del gen a la proteína* (pp. 21–54). Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.
- Matorras, R., Hernández, J. y Molero, D. (2008). *Tratado de reproducción humana para enfermería*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2012). *Coeducación: dos sexos en un solo mundo. La sexualidad humana*. Recuperado de:  
[http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/112/cd/m4/la\\_sexualidad\\_humana.html](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/112/cd/m4/la_sexualidad_humana.html)
- Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (1998). *Lineamientos Curriculares para Educación en Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. Bogotá: Magisterio.
- Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (2006). La formación en ciencias: ¡el desafío! En *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas* (pp. 96–147). Bogotá: MEN. Recuperado a partir de  
[http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021\\_recurso\\_1.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf)
- Novak, J. (1980). *Handbook for the Learning How to Learn Program*. Ithaca, NY: CornellUniversityPress.

- Novak, J. (1991). Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor-investigador. *Enseñanza de Las Ciencias*, 9(3), 215–228.
- Novak, J. y Gowin, D. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- Oliva, J. (2004). El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor deficiencias. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 3(3), 363-384.
- Oliva, J., Aragón, M., Mateo, J. y Bonat, M. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 19(3), 453–470.
- Ontoria, A. (1993). *Mapas conceptuales. Una técnica para aprender*. Madrid: Narcea.
- Ontoria, A., Gómez, J. y Molina, A. (2000). *Potenciar la capacidad de aprender y pensar* (2nd ed.). Madrid: Narcea.
- Pardo, G. G. (2004). ADN: Historia de un éxito científico. *Revista Colombiana de Filosofía de La Ciencia*, 3, 9–40.
- Passarge, E. (2009). *Genética: texto y atlas* (Tercera). España: Ed. Médica Panamericana.
- Pierce, B. A. (2009). *Genética: Un enfoque conceptual* (Tercera). Buenos Aires: Médica Panamericana.
- PISA (2008). *Informe PISA 2006. Competencia científica para el mundo del mañana*. Bilbao: ISEI.IVEI
- Pozo, J. (1992). El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos. In C. Coll, J. Pozo, B. Sarabia y E. Valls (Eds.), *Los contenidos en la Reforma* (pp. 19–80). Madrid: Santillana.
- Pozo, J. (1999). Más allá del cambio conceptual: El aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de Las Ciencias*, 17(3), 513–520.
- Pozo, J. y Gómez, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.

- Pozo, J., Sanz, A., Gómez, M. y Limón, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de Las Ciencias*, 9(1), 83–94.
- Puertas, M. J. (1999). *Genética: Fundamentos y Perspectivas (segunda)*. Madrid: McGraw Hill
- Ruiz, S., Bustos, M., Gómez, C., Otero, M. y Duarte, J. (2014). *Orientaciones curriculares de Ciencias Naturales para fortalecer la ciudadanía. Reorganización curricular por ciclos. Ambientes de Aprendizaje con énfasis en socioafectividad*. Bogotá: SED.
- Sáenz, J. (2012). *La fotosíntesis, concepciones, ideas alternativas y analogías. Unidad didáctica dirigida a estudiantes de los ciclos 3 y 4 de educación básica del colegio José María Carbonell*. Universidad Nacional de Colombia.
- Sardà, A. y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente. *Enseñanza de Las Ciencias*, 18(3), 402–422.
- Secretaría de Educación Distrital. (2008). *Referentes conceptuales y metodológicos de la Reorganización Curricular por Ciclos*. Bogotá: SED.
- Sigüenza, A. (2000). Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética. *Enseñanza de Las Ciencias*, 18(3), 439–450.
- Solari, A. (2004). *Genética humana. Fundamentos y aplicaciones en Medicina*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Solomon, E., Berg, L. y Martin, D. (2013). *Biología* (9th ed.). México: Cengage Learning.
- Teijón, J. (2006). *Fundamentos de bioquímica estructural*. Madrid: Tébar.
- UNESCO. (1999). *Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico*. Budapest.
- Villa, L. y Torres, M. (2011). Una propuesta para la enseñanza de herencia biológica desde un análisis histórico del concepto. *Revista EDUCyT*, 4, 116–122.
- Vygotski, L. (1973). *Pensamiento y lenguaje*. Buenos Aires: Pléyade.
- Vygotsky, L. (2010). *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona: Paidós.

Wood, C., Lewis, J., Leach, J. y 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.

Yaguara, J. (2013). *Las leyes de Mendel, una estrategia de aula para grado 8°*. Universidad Nacional de Colombia.

Young, B. y Heath, J. (2002). *Wheater. Histología funcional*. Madrid: Elsevier

Apéndice A. Genealogía Autobiográfica, plantilla en Prezi



## Apéndice B. Validación de la herramienta metodológica: Analogía

Francisco Javier Íñiguez Porras, Doctor de la Facultad de Educación de la Universidad de Barcelona

Concepto Estructurante	Significado	Analogía	Tarea de enlace	Consistencia
Células Germinales	Las estructuras donde ocurren los procesos de meiosis y formación de gametos, o gametogénesis, en organismos vivos superiores, son las gónadas, (ovarios y testículos), a partir de las <b>células germinales</b> , y la producción de hormonas sexuales. (Goodenough & McGuire, 2010) <sup>2</sup>	El inicio de una biblioteca se da con dos fundadores (células germinales) quienes son los que llegan a formarlas.	Arma un árbol genealógico familiar con fotos de tus parientes	
Meiosis	La <b>meiosis</b> , es el proceso de división celular exclusivo de los gametos, donde se reduce el número de sus cromosomas a la mitad. Fue descubierta y descrita por primera vez por el zoólogo alemán Oscar Hertwig en 1876 (Curtis, Barnes, Schnek, & Flores, 2006) <sup>3</sup> .	Cada fundador selecciona sus 23 libros (meiosis) y los deposita en un "carro" (gameto) para su transporte hacia la nueva biblioteca.	Relata la historia de "amor" del momento en que tus padres se conocieron	
Gametos	Los <b>espermatozoides</b> , son las células reproductoras masculinas de los animales. Los <b>óvulos</b> , son células sexuales o gametos femeninos, haploides, grandes, inmóviles, que contienen reservas alimentarias que nutren al embrión, y porta el material genético para ser fecundado por el espermatozoide, formando el cigoto (Audesirk et al., 2013) <sup>4</sup> .	Cada "carro" (gameto), está lleno de 23 libros (cromosomas), cada uno es independiente de los otros.	¿Cómo eras tú cuando naciste?, Sube una foto de cuando eras bebé, otra un poco más grande y elabora una caricatura de cómo eres ahora. Pon mucho énfasis en el color de tus ojos, forma de tu nariz (larga - corta) y color de tu piel (claro - oscuro).	
Cromosomas	En el núcleo de las células de todos los seres vivos, se encuentran los <b>cromosomas</b> , visibles durante el proceso de mitosis y de la meiosis; los cuales son los portadores "físicos de los genes" (Solomon et al., 2013) <sup>5</sup> .	Al llegar cada uno dejará sus 23 libros, 46 en total, en una estantería de la biblioteca (núcleo), con las instrucciones para formar nuevas bibliotecas.	Imagen o fotografía de 23 libros numerados.	
ADN	Cada cromosoma consta de una única doble hélice de <b>ADN</b> empaquetada con	Cada libro (cromosomas) está constituido por un	Debes escoger el libro que más te llame la atención o tú	

**Comentado [J11]:** Esto no es del todo correcto. Los gametos no se dividen. La meiosis es el proceso que permite la formación de los gametos.

**Comentado [J12]:** En realidad no se seleccionan, ya que durante la meiosis se distribuyen sin intervención "dirigida". Podría llevar a error esta expresión.

**Comentado [J13]:** En este caso s usa el término "células reproductoras", pero en los ovocitos (mejor que óvulos), se usa "células sexuales". Aunque ambos serían correctos, yo utilizaría uno de ellos para evitar confusión.

	diversas proteínas (Audesirk et al., 2013). Es un polímero de nucleótidos, constituido por tres componentes fundamentales: una base nitrogenada (la adenina, la guanina, la citosina y la timina), un azúcar de cinco carbonos (pentosa) y una molécula de ácido fosfórico (Puertas, 1999) <sup>6</sup> .	materia del que está hecho los libros (papel y tinta) (ADN) que se representa con las letras ATGC. Es la materia prima de la genética.	favorito. Abre una página (cualquiera) y toma una foto. Analiza los elementos de los que está hecho el libro. Cuenta en las dos páginas la cantidad de veces que aparecen las letras A, C, T y G	
Gen y Locus	Los genes son las unidades de la herencia, los cuales codifican la información necesaria para producir proteínas, células y organismos enteros. Los genes son parte de los cromosomas. La ubicación física de un gen en un cromosoma se llama <b>locus</b> (plural, <b>loci</b> ) (Audesirk et al., 2013) <sup>7</sup> .	El libro con sus letras tiene una estructura, sentido y orden el cual indica las instrucciones para la fabricación de nuevas bibliotecas. Cada párrafo (gen), contiene cierta información. La página del libro y el número del párrafo indica las coordenadas para ubicar ese gen (locus).	Foto de tus ojos, nariz y piel. Su información genética está en alguno de sus 23 libros. Para los ojos: toma el libro 3 página 54 párrafo 2 Para la nariz: libro 10 página 104 párrafo 1 Para la piel: libro 20 página 8 párrafo 2.	
ARN	El ADN de una célula eucariota se alberga en el núcleo, pero la síntesis de las proteínas ocurre en los ribosomas del citoplasma. Por tanto el ADN no puede guiar directamente la síntesis de proteínas: necesita un intermediario, una molécula que lleve la información del ADN del núcleo a los ribosomas del citoplasma. Ésta molécula es el <b>ácido ribonucleico</b> , o <b>ARN</b> (Audesirk et al., 2013) <sup>8</sup>	Para poder llevar a cabo la fabricación de nuevas bibliotecas o materiales para mantener esta biblioteca es necesaria una copia de la información de las instrucciones. Debido a que no se puede sacar de los estantes los libros, es necesario sacarle una copia (ARN m) Ésta se traslada a otros lugares de la biblioteca.	¿Cómo te imaginas tu ARN? Imagina lo que debe decir un párrafo de uno de tus genes. Inventa unas instrucciones, para elaborar tu ojo, nariz o piel en tres dimensiones, con las características indicadas anteriormente (material libre).	
Sexualidad humana	La <b>sexualidad</b> es una capacidad que conforma a cada ser humano y que nos permite sentir, vibrar y comunicarnos a través del propio cuerpo. Es algo que	Cuando se quiere formar otra biblioteca, es necesario seleccionar 23 libros de ésta, para que junto con otros 23	"Carta a mi futuro yo" Elabora una reflexión de tus futuros gametos.	

**Comentado [J14]:** Propongo una actividad usando cuatro letras cualesquiera que formen las palabras que se les ocurra, como si fuesen las bases nitrogenadas. Suelo utilizar C, S, O, A. Permite formar algunas palabras en castellano (En mi caso, también se habla catalán en Barcelona y aún hay más variedad de términos que se generan)

**Comentado [J15]:** En mi opinión son caracteres complejos, algunos controlados por diversos genes, otros con diversos alelos. Podría usarse caracteres sencillos que sigan las leyes de Mendel. Por ejemplo tener o no pelos en la segunda falange, lóbulo de la oreja enganchado a la cara. Incisivos separados, nacimiento del pelo en la frente en pico,...

**Comentado [J17]:** Creo que es difícil de imaginar. Pero depende de la edad del alumnado.

**Comentado [J16]:** Si la biblioteca se ha dicho que es el núcleo, entonces esto no sería correcto. Sería más bien que se traslada a otra estancia del edificio o bien a otro edificio (según si la biblioteca es todo un edificio o una parte de una casa). En realidad se seca al citoplasma

**Comentado [J18]:** Atención con este término. Con frecuencia se confunde sexualidad con sexo. La sexualidad como tal, es un proceso biológico que permite la mezcla de información hereditaria, siendo la meiosis la más clara expresión y posteriormente con la formación del cigoto.

	forma parte de lo que somos desde el mismo momento en el que nacemos y que permanece en nuestras vidas hasta que morimos. Con lo cual, cuando hablamos de educar la sexualidad, estamos hablando de hacer una educación, no sólo para el futuro de niñas y niños, sino también para vivir mejor su propio presente ( <a href="http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/112/cd/m4/la_sexualidad_humana.html">http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/112/cd/m4/la_sexualidad_humana.html</a> ) <sup>5</sup> .	libros provenientes de otra biblioteca, se de origen a una nueva.	¿Cómo te imaginas tus hijos?	
--	---	---	------------------------------	--

<sup>2</sup> Goodenough, J., & McGuire, B. A. (2010). *Biology of Humans. Concepts, Applications and Issues*. San Francisco, California: Deirdre - Espinoza.

<sup>3</sup> Curtis, H., Barnes, N. S., Schnek, A., & Flores, G. (2006). *Invitación a la Biología*. (F. M. Panamericana, Ed.) (Sexta). Montevideo-Uruguay: Ed. Médica Panamericana.

<sup>4</sup> Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. (2013). *Biología, la vida en la tierra con Fisiología* (Novena). México: Pearson.

<sup>5</sup> Solomon, E., Berg, L., & Martin, D. (2013). *Biología* (Novena). México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.v.

<sup>6</sup> Puertas, M. J. (1999). *Genética: Fundamentos y Perspectivas* (segunda). España: S.A. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA

<sup>7</sup> Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. (2013). *Biología, la vida en la tierra con Fisiología* (Novena). México: Pearson.

<sup>8</sup> Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. (2013). *Biología, la vida en la tierra con Fisiología* (Novena). México: Pearson.

<sup>9</sup> Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2012). *Coeducación: dos sexos en un solo mundo. La sexualidad humana*. Recuperado de: [http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/112/cd/m4/la\\_sexualidad\\_humana.html](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/112/cd/m4/la_sexualidad_humana.html)

Nydia Esperanza Espinel Barrero, Licenciada en Química, M Sc. Bioquímica, estudiante DIE-UPN

Concepto Estructurante	Significado	Analogía	*Tarea de enlace	Consistencia
Células Germinales	Las estructuras donde ocurren los procesos de meiosis y formación de gametos, o gametogénesis, en organismos vivos superiores, son las gónadas, (ovarios y testículos), a partir de las <b>células germinales</b> , y la producción de hormonas sexuales (Goodenough&McGuire, 2010) <sup>2</sup>	El inicio de una biblioteca se da con dos fundadores (células germinales) quienes son los que llegan a formarla.	Arma un árbol genealógico familiar con fotos de tus parientes	La analogía se presta para confundir las células germinales con las gónadas o gametos. Pregunto: ¿qué es la biblioteca?, ¿la biblioteca es donde se producen los óvulos o espermatozoides? ¿La biblioteca es el cigoto? Se debe explicar desde el comienzo qué será la biblioteca, de forma tal que la analogía cobre mayor sentido.
Meiosis	La <b>meiosis</b> , es el proceso de división celular exclusivo de los gametos, donde se reduce el número de sus cromosomas a la mitad (Curtis, Barnes, Schnek, & Flores, 2006) <sup>3</sup> .	Cada fundador selecciona sus 23 libros (meiosis) y los deposita en un "carro" (gameto) para su transporte hacia la nueva biblioteca.	Relata la historia de "amor" del momento en que tus padres se conocieron	El término meiosis debe ir después de la acción selección, ya que más adelante se explica que los 23 libros hacen referencia a los cromosomas. Tal y como está parece que los 23 libros se relacionaran con la meiosis
Gametos	Los <b>espermatozoides</b> , son las células reproductoras masculinas de los animales. Los <b>óvulos</b> , son células sexuales o gametos femeninos, haploides, grandes, inmóviles, que contienen reservas alimentarias que nutren al embrión, y porta el material genético para ser fecundado por el espermatozoide, formando el cigoto (Audesirk et al., 2013) <sup>4</sup> .	Cada "carro" (gameto), está lleno de 23 libros (cromosomas), cada uno es independiente de los otros.	¿Cómo eras tú cuando naciste?. Sube una foto de cuando eras bebé, otra <b>de ti</b> un poco más grande y elabora una caricatura de cómo eres ahora. Pon mucho énfasis en el color de tus ojos, forma de tu nariz (larga - corta) y color de tu piel (claro - oscuro).	Quizás la caricatura no sea el mejor recurso, pues con ella se busca distorsionar algunos rasgos físicos y lo que se busca es todo lo contrario, que el estudiante retrate cómo son sus rasgos físicos sin alejarse.
Cromosomas	En el núcleo de las células de todos los seres vivos, se encuentran los <b>cromosomas</b> , visibles durante el proceso de mitosis y de la meiosis; los cuales son los portadores "físicos de los genes" (Solomon et al., 2013) <sup>5</sup> .	Al llegar cada uno dejará sus 23 libros, 46 en total, en una estantería de la biblioteca (núcleo), con las instrucciones para formar nuevas bibliotecas.	Imagen o fotografía de 23 libros numerados.	Nuevamente se hace necesario explicar a qué se refiere la biblioteca, aquí parece que la biblioteca fuera la célula

Comentado [EE7]: contiene

ADN	Cada cromosoma consta de una única doble hélice de <b>ADN</b> empaquetada con diversas proteínas (Audesirk et al., 2013). Es un polímero de nucleótidos, constituido por tres componentes fundamentales: una base nitrogenada (la adenina, la guanina, la citosina y la timina), un azúcar de cinco carbonos (pentosa) y una molécula de ácido fosfórico (Puertas, 1999) <sup>2</sup> .	Cada libro (cromosomas) está constituido por un material del que está hecho los libros (papel y tinta) (ADN) que se representa con las letras ATGC. Es la materia prima de la genética.	Debes escoger el libro que más te llame la atención o tú favorito. Abre una página (cualquiera) y toma una foto. Analiza los elementos de los que está hecho el libro. Cuenta en las dos páginas la cantidad de veces que aparecen las letras A, C, T y G	Si se usa la expresión "un material" se está hablando en singular y se pone (papel y tinta), lo cual confunde. No me parece conveniente usar dos paréntesis seguidos. ¿Qué es la genética en la analogía? La actividad de contar las letras A, C, T y G se presta para que los estudiantes piensen que hay otras letras (bases nitrogenadas) que están presentes en el ADN, pues dichas letras no son las únicas que aparecen en el libro.
Gen y Locus	Los genes son las unidades de la herencia, los cuales codifican la información necesaria para producir proteínas, células y organismos enteros. Los genes son parte de los cromosomas. La ubicación física de un gen en un cromosoma se llama <b>locus</b> (plural, <b>loci</b> ) (Audesirk et al., 2013) <sup>3</sup> .	El libro con sus letras tiene una estructura, sentido y orden el cual indica las instrucciones para la fabricación de nuevas bibliotecas. Cada párrafo (gen), contiene cierta información. La página del libro y el número del párrafo indica las coordenadas para ubicar ese gen (locus).	Foto de tus ojos, nariz y piel. Su información genética está en alguno de sus 23 libros. Para los ojos: toma el libro 3 página 54 párrafo 2 Para la nariz: libro 10 página 104 párrafo 1 Para la piel: libro 20 página 8 párrafo 2.	No es clara la actividad, ¿qué debe hacer el estudiante?
ARN	El ADN de una célula eucariota se alberga en el núcleo, pero la síntesis de las proteínas ocurre en los ribosomas del citoplasma. Por tanto el ADN no puede guiar directamente la síntesis de proteínas: necesita un intermediario, una molécula que lleve la información del ADN del núcleo a los ribosomas del citoplasma. Ésta molécula es el <b>ácido ribonucleico</b> , o <b>ARN</b> (Audesirk et al., 2013) <sup>4</sup>	Para poder llevar a cabo la fabricación de nuevas bibliotecas o materiales para mantener esta biblioteca es necesaria una copia de la información de las instrucciones. Debido a que no se pueden sacar de los estantes (núcleo) los libros, es necesario sacarle una copia (ARN m) Ésta se traslada a una oficina	¿Cómo te imaginas tu ARN? Imagina lo que debe decir un párrafo de uno de tus genes. Inventa unas instrucciones, para elaborar tu ojo, nariz o piel en tres dimensiones, con las características indicadas anteriormente (material libre).	

		especializada en traducir la información del libro (citoplasma).		
Sexualidad humana	La <b>sexualidad</b> es una capacidad que conforma a cada ser humano y que nos permite sentir, vibrar y comunicarnos a través del propio cuerpo. Es algo que forma parte de lo que somos desde el mismo momento en el que nacemos y que permanece en nuestras vidas hasta que morimos. Con lo cual, cuando hablamos de educar la sexualidad, estamos hablando de hacer una educación, no sólo para el futuro de niñas y niños, sino también para vivir mejor su propio presente ( <a href="http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/112/cd/m4/la_sexualidad_humana.html">http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/112/cd/m4/la_sexualidad_humana.html</a> ) <sup>5</sup> .	Cuando se quiere formar otra biblioteca, es necesario seleccionar 23 libros de ésta, para que junto con otros 23 libros provenientes de otra biblioteca, se de origen a una nueva.	"Carta a mi futuro yo" Elabora una reflexión de tus futuros gametos. ¿Cómo te imaginas tus hijos?	Nuevamente es importa aclarar qué es la biblioteca, dado que si es una célula somática, se formara a partir del proceso de mitosis, pero si es un cigoto, se llevará a cabo el proceso indicado por ustedes.

<sup>2</sup>Goodenough, J., & McGuire, B. A. (2010). *Biology of Humans. Concepts, Applications and Issues*. San Francisco, California: Deidre - Espinoza.

<sup>3</sup>Curtis, H., Barnes, N. S., Schnek, A., & Flores, G. (2006). *Invitación a la Biología*. (E. M. Panamericana, Ed.) (Sexta). Montevideo-Uruguay: Ed. Médica Panamericana.

<sup>4</sup>Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. (2013). *Biología, la vida en la tierra con Fisiología* (Novena). México: Pearson.

<sup>5</sup>Solomon, E., Berg, L., & Martin, D. (2013). *Biología* (Novena). México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.v.

<sup>6</sup>Puertas, M. J. (1999). *Genética: Fundamentos y Perspectivas* (segunda). España: S.A. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA

<sup>7</sup>Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. (2013). *Biología, la vida en la tierra con Fisiología* (Novena). México: Pearson.

<sup>8</sup>Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. (2013). *Biología, la vida en la tierra con Fisiología* (Novena). México: Pearson.

<sup>9</sup>Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2012). *Coeducación: dos sexos en un solo mundo. La sexualidad humana*. Recuperado de: [http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/112/cd/m4/la\\_sexualidad\\_humana.html](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/112/cd/m4/la_sexualidad_humana.html)

**Apéndice C. Enseñanza con analogías (Felipe et al., 2006)**

PASOS	CARACTERÍSTICAS
1. Presentar información relevante	El docente efectúa la presentación de la información más importante del tema a estudiar. Esto puede hacerse mediante la exposición y el uso de recursos didácticos variados.
2. Analogía	El docente presenta la analogía.
3. Resumen conceptual	Los alumnos deben sintetizar las conexiones efectuadas durante la discusión del tema.
4. Enlace conceptual	Se establece una actividad tarea de enlace con el fin de enlazar los conceptos estructurantes.

### Apéndice D. Criterios de valoración del mapa conceptual

CATEGORIA	INDICADORES	CRITERIO	VALORACIÓN
CONCEPTO PRINCIPAL	Selección del concepto principal	Selecciona el concepto principal (células germinales)	0 o 1
JERARQUIA	Organización de conceptos entre uno general y otros subordinados a él.	Ubica adecuadamente los 9 conceptos	1 a 8
RELACIONES	Adecuada relación entre conceptos	Demuestra conocimiento de las relaciones entre conceptos.	1 a 8
DESCRIPCIONES CORRECTAS DE LOS CONCEPTOS	Explicación de los conceptos	Muestra un entendimiento del concepto y una terminología adecuada.	1 a 9

Parámetros para evaluar descripciones correctas de conceptos	
CONCEPTO	SIGNIFICADO
Locus	“La ubicación física de un gen en un cromosoma se llama locus (plural, loci)” (Audesirk et al., 2013, p 212).
Meiosis	Se lleva a cabo en las células germinales donde “la dotación cromosómica diploide, que contienen los dos homólogos de cada par, se reduce a una dotación haploide que contiene solo un homólogo” (Curtis et al., 2006, p 102), es decir, se reduce el número de cromosomas y lo sufren las células germinales para producir gametos.
Sexualidad humana	“Es un proceso continuo que se inicia en el nacimiento y termina en la muerte. Es consecuencia de una compleja y cambiante interacción entre factores biológicos y socioemocionales altamente influenciados por la familia, religión y los patrones culturales” (Castelo-Branco, 2005, p. 55); tiene un componente biológico que determina las decisiones que vamos tomando durante el crecimiento y determinará nuestro futuro, contexto social y familiar.
Cromosoma	“Los cromosomas están hechos de cromatina, un material que consiste en ADN y proteínas asociadas” (Solomon et al., 2013, p. 248), es decir, una estructura conformada por ADN.
ARN	“El ARN se consideraba una molécula intermediaria que actuaba, sobretodo, como una copia temporal de trabajo de un fragmento del código del ADN (gen)” (Audesirk et al., 2013, p 109), que lleva la información del ADN del núcleo al citoplasma.
Gen	“Los genes son unidades de herencia” (Audesirk et al., 2013, p 4) los cuales codifican la información necesaria para producir proteínas.
ADN	Es un polímero de nucleótidos, “en su composición entran a formar parte: nucleótidos de bases púricas (adenina y guanina) y pirimidínicas (citosina y timina)” (Teijón, 2006, p. 261), además de un azúcar de cinco carbonos (pentosa) y una molécula de ácido fosfórico.
Células germinales	Tipos de célula que sufre la meiosis, proceso que sucede “en las gónadas durante la formación de gametos” (Young y Heath, 2002, p. 40) en el ser humano, óvulos y espermatozoides.
Gametos	Son “células especializadas en la reproducción sexual, son haploides” (Alberts y Bray, 2006, p 663) provenientes de la meiosis.

## Apéndice E. Consentimiento informado

### FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

*Título del Proyecto:*

Apropiación de conceptos estructurantes de genética en estudiantes de grado octavo a través de analogías: el caso de la reproducción humana.

*Investigador Principal:*

Sandra Bermúdez Millán, Yaqueline Salcedo Guerrero, Yecenia Sandoval  
Estudiantes de Maestría en Educación **Pontificia Universidad Javeriana**

*Fecha de la Versión:* 23 de septiembre de 2016

Estimado(a) acudiente:

Mediante la presente su hijo(a) o acudido (a) es invitado a participar en un estudio sobre apropiación de conceptos científicos de genética.

¿Por qué se está realizando este estudio?

Su hijo/hija ha sido invitado a participar en un estudio que evaluará un instrumento educativo que será utilizado por profesionales que trabajan con jóvenes para educarlos con estrategias que son útiles para la apropiación de conceptos.

¿Por qué estoy siendo invitado a participar en este estudio?

Su hijo/hija está siendo invitado a participar en este estudio porque él o ella forman parte de una institución educativa. A medida que su hijo/hija y su profesor trabajen en los objetivos del proyecto durante un período de tres (3) meses, se desarrollará un test en dos momentos. Además, realizarán actividades relacionadas con habilidades dirigidas a objetivos.

¿Qué sucederá si yo participo en este estudio?

A su hijo/hija se le pedirá que complete diferentes actividades en el aula y a nivel virtual. Completar cada actividad no le tomará más de 45 minutos. Y realizar otras actividades relacionadas con la estrategia de trabajo.

La participación de su hijo/hija en este estudio puede mejorar sus habilidades de manejo de objetivos del proyecto, las cuales también pueden mejorar su éxito en diferentes áreas.

Yo \_\_\_\_\_, estudiante (a); del curso: \_\_\_\_ y de \_\_\_\_ años de edad, acepto de manera voluntaria que se me incluya como sujeto de estudio en el proyecto de investigación denominado:

\_\_\_\_\_, luego de haber conocido y comprendido en su totalidad, la información sobre dicho proyecto, riesgos si los hubiera y beneficios directos e indirectos de mi participación en el estudio, y en el entendido de que:

- Mi participación como alumno no repercutirá en mis actividades ni evaluaciones programadas en el curso, como tampoco en mis relaciones con la institución.
- No habrá ninguna sanción para mí en caso de no aceptar la invitación.
- No haré ningún gasto, ni recibiré remuneración alguna por la participación en el estudio.
- Se guardará estricta confidencialidad sobre los datos obtenidos producto de mi participación, con un número de clave que ocultará mi identidad.
- Si en los resultados de mi participación como alumno se hiciera evidente algún problema relacionado con mi proceso de enseñanza – aprendizaje, se me brindará orientación al respecto.

SU FIRMA INDICA QUE SE LE HA EXPLICADO EL ESTUDIO DE INVESTIGACION, QUE USTED ACEPTA QUE SU HIJO/HIJA PARTICIPE EN ESTE ESTUDIO. Este formulario contiene toda la información que usted necesita saber para tomar una decisión informada sobre si permitir participar o no a su hijo/hija en este estudio.

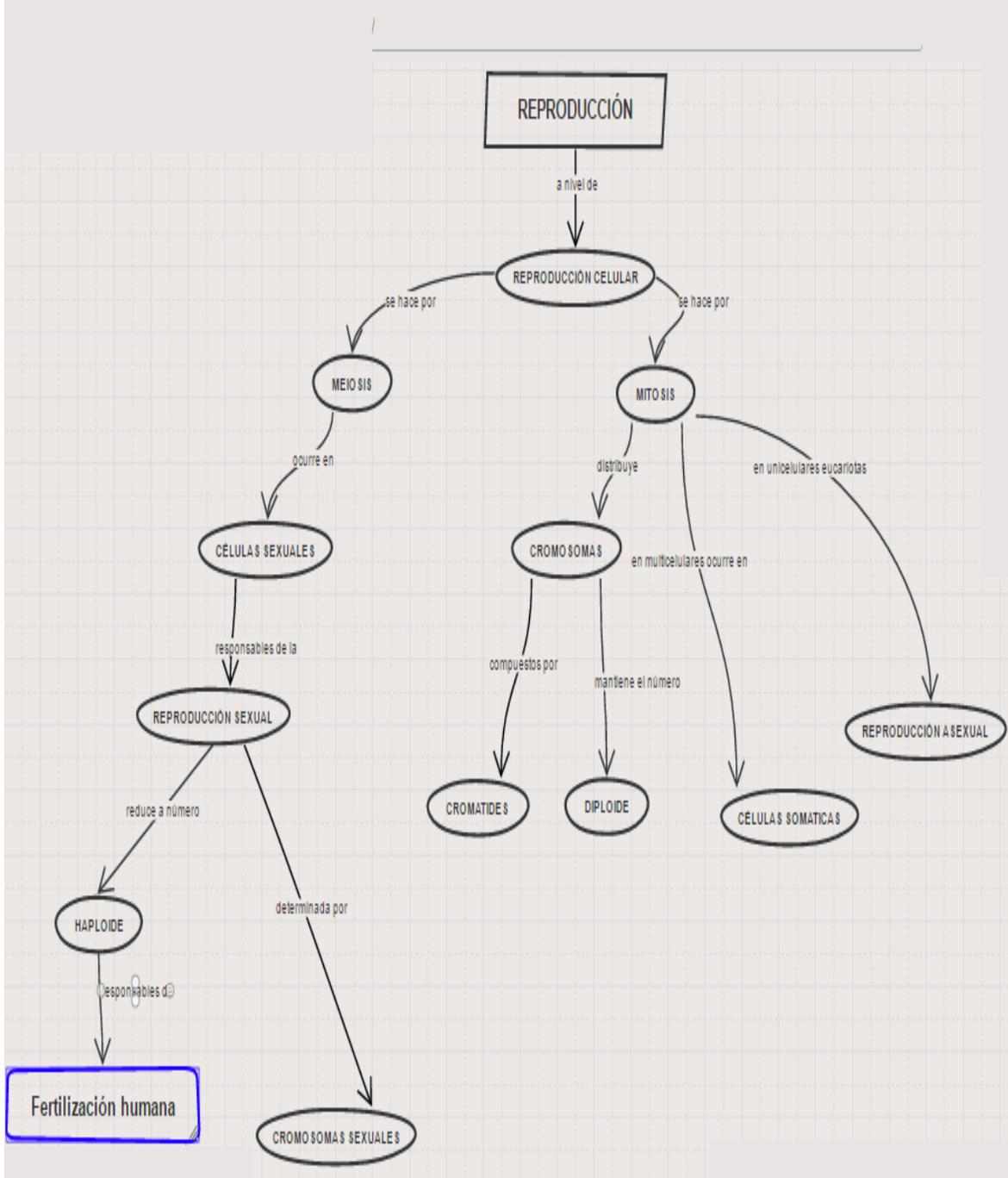
Nombre de su Hijo/hija (impresión): \_\_\_\_\_

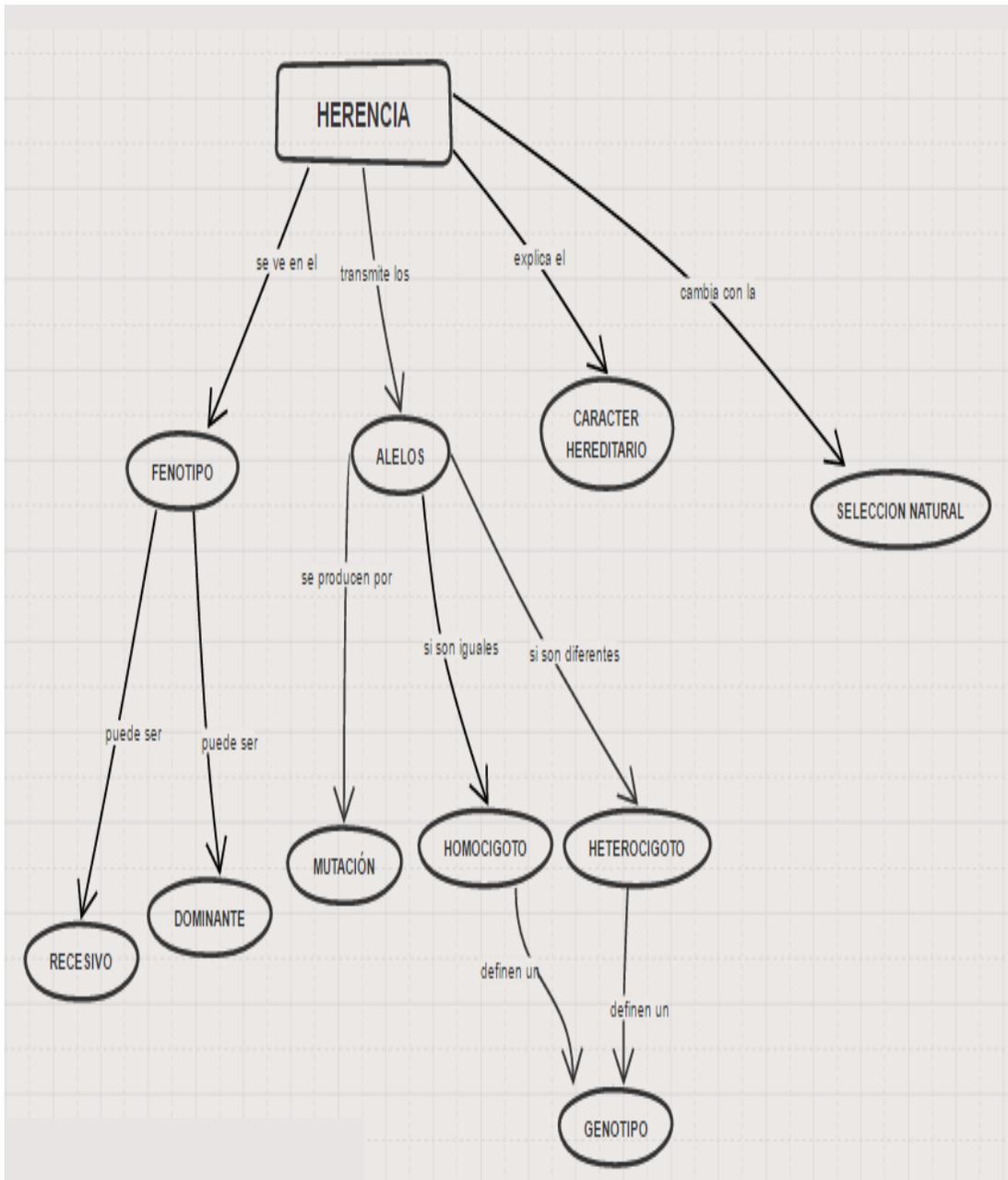
Su Nombre (impresión): \_\_\_\_\_

(Firma del padre y número de cedula de ciudadanía)

MUCHAS GRACIAS. POR FAVOR ENTREGUE AL DOCENTE PARTICIPANTE.

## Apéndice F. Mapa conceptual de conceptos estructurantes para grado Séptimo



**Apéndice G. Mapa conceptual de conceptos estructurantes para grado Noveno**

### Apéndice H. Estructura de presentación de conceptos

Concepto	Significado	Análogo fuente	Tarea de enlace
Células Germinales	Las estructuras donde ocurren los procesos de meiosis y formación de gametos, o gametogénesis, en organismos vivos superiores, son las gónadas, (ovarios y testículos), a partir de las <b>células germinales</b> , y la producción de hormonas sexuales. (Goodenough y McGuire, 2012)	El inicio de una biblioteca se da con dos fundadores (células germinales) quienes son los que llegan a formarla.	Arma un árbol genealógico familiar con fotos de tus parientes
Meiosis	La <b>meiosis</b> , es el proceso de división celular exclusivo de los gametos, donde se reduce el número de sus cromosomas a la mitad (Curtis, Barnes, Schnek y Flores, 2006)	Cada fundador selecciona sus 23 libros (meiosis) y los deposita en un “carro” (gameto) para su transporte hacia la nueva biblioteca.	Relata la historia de “amor” del momento en que tus padres se conocieron
Gametos	Los <b>espermatozoides</b> , son las células reproductoras masculinas de los animales. Los <b>óvulos</b> , son células sexuales o gametos femeninos, haploides, grandes, inmóviles, que contienen reservas alimentarias que nutren al embrión, y porta el material genético para ser fecundado por el espermatozoide, formando el cigoto (Audesirk et al., 2013)	Cada “carro” (gameto), está lleno de 23 libros (cromosomas), cada uno es independiente de los otros.	¿Cómo eras tú cuando naciste? Sube una foto de cuando eras bebé, otra un poco más grande y elabora una caricatura de cómo eres ahora. Pon mucho énfasis en el color de tus ojos, forma de tu nariz (larga - corta) y color de tu piel (claro – oscuro).
Cromosomas	En el núcleo de las células de todos los seres vivos, se encuentran los <b>cromosomas</b> , visibles durante el proceso de mitosis y de la meiosis; los cuáles son los portadores “físicos de los genes” (Solomon et al., 2013)	Al llegar cada uno dejará sus 23 libros, 46 en total, en una estantería de la biblioteca (núcleo), con las instrucciones para formar nuevas bibliotecas.	Imagen o fotografía de 23 libros numerados.
ADN	Cada cromosoma consta de una única doble hélice de <b>ADN</b> empaquetada con diversas proteínas (Audesirk et al., 2013).  Es un polímero de nucleótidos, constituido por tres componentes fundamentales: una base nitrogenada (la adenina, la guanina, la citosina y la timina), un azúcar de cinco carbonos (pentosa) y una molécula de ácido fosfórico (Puertas, 1999).	Cada libro (cromosomas) está constituido por un material del que está hecho los libros (papel y tinta) (ADN) que se representa con las letras ATGC. Es la materia prima de la genética.	Debes escoger el libro que más te llame la atención o tu favorito. Abre una página (cualquiera) y toma una foto. Analiza los elementos de los que está hecho el libro. Cuenta en las dos páginas la cantidad de veces que aparecen las letras C, S, O y A.

Concepto	Significado	Análogo fuente	Tarea de enlace
Gen y Locus	<p>Los genes son las unidades de la herencia, los cuales codifican la información necesaria para producir proteínas, células y organismos enteros.</p> <p>Los genes son parte de los cromosomas. La ubicación física de un gen en un cromosoma se llama <b>locus</b> (plural, <b>loci</b>) (Audesirk et al., 2013)</p>	<p>El libro con sus letras tiene una estructura, sentido y orden el cual indica las instrucciones para la fabricación de nuevas bibliotecas. Cada párrafo (gen), contiene cierta información. La página del libro y el número del párrafo indica las coordenadas para ubicar ese gen (locus).</p>	<p>Foto de tus ojos, nariz y piel. Su información genética está en alguno de sus 23 libros.</p> <p>Para los ojos: toma el libro 3, página 54, párrafo 2.</p> <p>Para la nariz: libro 10, página 104, párrafo 1</p> <p>Para la piel: libro 20, página 8, párrafo 2.</p>
ARN	<p>El ADN de una célula eucariota se alberga en el núcleo, pero la síntesis de las proteínas ocurre en los ribosomas del citoplasma. Por tanto, el ADN no puede guiar directamente la síntesis de proteínas: necesita un intermediario, una molécula que lleve la información del ADN del núcleo a los ribosomas del citoplasma. Ésta molécula es el <b>ácido ribonucleico</b>, o <b>ARN</b> (Audesirk et al., 2013)</p>	<p>Para poder llevar a cabo la fabricación de nuevas bibliotecas o materiales para mantener esta biblioteca es necesaria una copia de la información de las instrucciones. Debido a que no se pueden sacar de los estantes (núcleo) los libros, es necesario sacarle una copia (ARN m) Ésta se traslada a una oficina especializada en traducir la información del libro (citoplasma).</p>	<p>¿Cómo te imaginas tu ARN?</p> <p>Imagina lo que debe decir un párrafo de uno de tus genes.</p> <p>Inventa unas instrucciones, para elaborar tu ojo, nariz o piel en tres dimensiones, con las características indicadas anteriormente (material libre).</p>
Sexualidad humana	<p>La <b>sexualidad</b> es una capacidad que conforma a cada ser humano y que nos permite sentir, vibrar y comunicarnos a través del propio cuerpo. Es algo que forma parte de lo que somos desde el mismo momento en el que nacemos y que permanece en nuestras vidas hasta que morimos. Con lo cual, cuando hablamos de educar la sexualidad, estamos hablando de hacer una educación, no sólo para el futuro de niñas y niños, sino también para vivir mejor su propio presente (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2012).</p>	<p>Cuando se quiere formar otra biblioteca, es necesario seleccionar 23 libros de esta, para que, junto con otros 23 libros provenientes de otra biblioteca, se de origen a una nueva.</p>	<p>“Carta a mi futuro yo”</p> <p>Elabora una reflexión de tus futuros gametos.</p> <p>¿Cómo te imaginas tus hijos?</p>

### Apéndice I. Consolidado pretest y postest

#### PRETEST

Muestra	Numero Estudiante	Concepto principal	Jerarquía	Relaciones	Conceptualización
		(Células germinales)			
ALFONSO LOPEZ MICHELSEN	A1	0	1	1	0
	A2	0	1	0	4
	A3	0	0	0	4
	A4	0	0	0	0
	A5	0	2	2	2
	A6	0	2	0	1
	A7	0	3	0	4
	A8	0	0	0	5
	A9	0	2	0	2
	A10	0	0	0	4
EDUARDO SANTOS	E1	1	3	1	5
	E2	1	3	1	5
	E3	1	1	0	1
	E4	0	0	0	0
	E5	1	4	0	1
	E6	1	3	1	0
	E7	1	4	2	0
	E8	1	4	0	1
	E9	0	1	0	1
	E10	1	4	0	0
JAIRO ANIBAL NIÑO	J1	0	1	1	3
	J2	0	0	0	0
	J3	0	1	0	0
	J4	0	1	0	0
	J5	0	2	0	1
	J6	0	3	0	0
	J7	0	0	0	1
	J8	0	1	0	4
	J9	0	2	1	2
	J10	0	1	0	0

## POSTEST

Muestra	Numero Estudiante	Concepto principal	Jerarquía	Relaciones	Conceptualización
		(Células germinales)			
ALFONSO LOPEZ MICHELSEN	A1	1	4	2	6
	A2	1	2	2	9
	A3	1	6	3	6
	A4	1	6	4	0
	A5	1	5	1	7
	A6	1	6	4	9
	A7	1	4	2	3
	A8	1	6	2	5
	A9	1	5	4	5
	A10	1	7	3	8
EDUARDO SANTOS	E1	1	3	3	7
	E2	1	3	3	6
	E3	1	8	8	5
	E4	1	6	4	4
	E5	1	6	3	5
	E6	1	8	5	6
	E7	1	6	4	3
	E8	1	6	3	6
	E9	1	8	8	6
	E10	1	6	4	7
JAIRO ANIBAL NIÑO	J1	1	7	2	5
	J2	1	5	5	9
	J3	1	7	4	8
	J4	1	8	8	8
	J5	1	7	5	8
	J6	1	8	8	9
	J7	1	8	8	9
	J8	1	8	8	9
	J9	1	3	3	9
	J10	1	8	8	9





## Apéndice K. Consolidado conceptualizaciones de los estudiantes por colegio

### Colegio Alfonso López Michelsen

CONCEPTO ESTRUCTURANTE	ESTUDIANTE	A1		A2		A3		A4		A5		A6		A7		A8		A9		A10	
		pre	post																		
Células germinales		0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
Meiosis		0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Gametos		0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
Sexualidad humana		0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Cromosoma		0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1
ADN		0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1
Gen		0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Locus		0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
ARN		0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

### Colegio Eduardo Santos

CONCEPTO ESTRUCTURANTE	ESTUDIANTE	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10	
		pre	post																		
Células germinales		0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
Meiosis		1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1
Gametos		1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Sexualidad humana		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cromosoma		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
ADN		1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Gen		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Locus		1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1
ARN		1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0



## Apéndice L. Conceptualizaciones (conceptos estructurantes) de los estudiantes por colegio - pretest

### Colegio Alfonso López Michelsen

CONCEPTO ESTRUCTURANTE	ESTUDIANTE	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
	Células germinales	Son las que se forman en el proceso de sexualidad humana	a mi parecer son el ovulo y el esperma	Contienen ADN	como un adene de mamá y papa	son aquellas que provienen papá o mamá para la reproducción celular y formación del bebe	son las células que pone la madre (ovarios) para poder reproducir un nuevo ser vivo	0	Son las que obtienen la parte de la genetica que nos hace parte de lo que otenemos para salir parecidos	son células que ya se dividieron, mediante el proceso de la meiosis	son celulas que se encuentran en la parte intima de los seres humanos y hacen parte del proceso de reproduccion
Meiosis	Reproducción de las células	proveniente del ADN	Cuando una célula se divide teniendo por resultado dos células hijas	la meiosis recorre el cuerpo para reparar sustancias o algo así	reproducción celular	Es un procedimiento en el cuál se da vida a otras células cuando la madre célula se divide	Proceso de división celular, propio de las células reproductoras, en el que se reduce el número de cromosomas	es el funcionamiento de las células reproductoras	reproduccion de las celulas	es un proceso que hace la creación de gametos	
Gametos	Celulas chiquiticas que están en el ARN	son las partes de un cuerpo (celulas reproductoras del hombre)	son las células reproductoras de los hombres	son los que dirigen a las proteínas para que entren y salgan	son el ovulo y el espermatozoide	son las células que pone el padre (espermatozoides) las cuáles utilizan para fecundar el ovario	0	los gametos son los que ayudan en la reproducción celular fecundando los óvulos	son las celulas reproductoras	son celulas que definen nuestra apariencia	
Sexualidad humana	Medio de reproducción de los seres vivos	proceso voluntario (en algunos casos no) donde los aparatos reproductores masculinos y femeninos se unen ya sea por placer	es cuando dos personas del sexo opuesto tienen relaciones	sentir placer con una persona que te gusta o que quieres tener algo con ella	distincion de los humanos	es el género de cada ser humano ya sea hombre - mujer y es cuando están juntos para procrear	Representa el conjunto de comportamientos que consiernen el conjunto de la necesidad y el deseo sexual	es la que nos define el género que somos como hombre o mujer nos soluciona nuestra genética	es la que determina si el humano es mujer u hombre mediante el aparato reproductor	es el que describe o clasifica a el hombre y a la mujer	
Cromosoma	Células que se forman en el ADN	son los que me que somos, aguacate o ser humano, el ovulo tiene la mitad de cromosomas igual que el espermatozoide, al unirse se complementa y nace un ser humano	Contienen la información sobre el físico del bebé	es como si fuera una esponja y se rompe por la mitad pero poco a poco se construye	está en el ADN y al momento de reproducción celular contiene los genes	Es una célula del cuerpo que define si seremos niño o niña, hay 49 cromosomas y si no los tenemos todos puede que suframos alguna enfermedad	Estructura que se encuentra en el centro (núcleo) de las células que transportan	son las que tienen o poseen la información	son los que guardan nutrientes y tienen guardado el ARN y ADN	es donde se ubican las células germinales	
ADN	Células por la cuál se mira lo que tiene su cuerpo	es el que tiene la información	Es la información genética de nosotros y nuestros antepasados que nos da nuestro aspecto físico	es como una sustancia muy importante	contiene los genes	Es aquel liquido que está dentro de las células y nos dice de donde provenimos	del papá y mamá	es el que adquirimos al nacer con una genética a la de los padres	es la información de uno mismo sin la intervención del ADN de los padres	su tamaño es microscopico, esta dentro de nuestro cuerpo y dice quien es nuestros padres ya que hay se encuentran toda nuestra informacion anatomica	
Gen	es la misma palabra de genética	es quien define si es masculino o femenino	La información genética mía y la de mis padres, abuelos, etc.	la que ya está formada para empezar su función	derivado de genes	Es aquella sustancia que ayuda al procedimiento de la meiosis y éste la contiene	0	genes que tenemos parecidos a nuestros familiares teniendo parecido por la genética que tenemos	es la suesión de uno o sea de los hijos	es una partícula que se hereda de los padres u/o antepasados	
Locus	Sustancia del ADN	me suena más a locus de control	Dirección	es como una especie de movimiento que hace el cuerpo	forma de ser de una persona	Es el que controla todos los procedimientos de reproducción, dá las ordenes de como hacerlo	Es una posición fija en un cromosoma, como la posición de un gen o un marcador	creo que es un órgano que tenemos en nuestro cuerpo y utilizamos la genetica	es una posición fija de los cromosomas	0	
ARN	son las celulas que le siguen al ADN	es como el mensajero del ADN (acido ribo Nucleico)	Tiene información del tipo de sangre que tendrá el bebé	es como también fuera una sustancia más importante	contiene el ADN	Es aquel líquido que nos dice de que color serán nuestros ojos, color de cabello, de piel, etc.	0	es una parte de lo que adquirimos como el ADN que nos da el parecido a familiares	es la información que le brindan los padres	0	

## Colegio Eduardo Santos

CONCEPTO ESTRUCTURANTE	ESTUDIANTE	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
	Células germinales	celulas madres	son las celulas madre	proceso de las celulas madres	no se	_____	no se	_____	_____	_____	se reproducen por celulas madre
Meiosis	proceso de reproducción celular, con la finalidad de crear gametos o celulas sexuales	proceso de reproducción celular cuya finalidad es producir celulas sexuales	posee dos divisiones celulares consecutivas	es la división que permite la reproducción sexual	proceso cuya finalidad es producir celulas sexuales	no se	_____	_____	proceso cuya finalidad es producir celulas sexuales	posee dos divisiones celulares	_____
Gametos	celulas sexuales	son celulas sexuales	_____	no se	_____	no se	_____	_____	_____	son celulas	_____
Sexualidad humana	_____	_____	sistema reproductor humano	es la unión del ovulo con el espermatozoide	_____	cuando dos personas tienen relaciones sexuales	_____	como se reproducen los seres humanos	_____	presenta dimorfismo sexual	_____
Cromosoma	estructura que se encuentra en el nucleo de las celulas formando parejas	estructura que se encuentra en el nucleo de las celulas	son estructuras que se encuentran en el nucleo de las celulas eucariotas	es la parte de la celula	son estructuras que se encuentran en el nucleo de las celulas	no se	_____	_____	son estructuras que se encuentran en el nucleo de las celulas	son estructuras que se encuentran en el nucleo	_____
ADN	acido desoxirribonucleico	acido desoxirribonucleico	el Rh de la sangre	es como el tipo de sangre	_____	el tipo sanguineo	_____	_____	_____	son el Rh de la sangre	_____
Gen	_____	_____	lo que se saca de la familia	es parte del ADN	son aquellos que forman los cromosomas	no se	_____	_____	son aquellos que forman los cromosomas	cuando sacamos algo de la familia	_____
Locus	lugar específico que ocupa en el cromosoma un gen y sus correspondientes alelos	lugar específico que ocupa en el cromosoma un gen	lugar específico que ocupa en el cromosoma un gen	no se	no se	no se	_____	_____	_____	lugar que ocupa en el cromosoma un gen	_____
ARN	acido ribonucleico	acido ribonucleico	el Rh de la sangre	no se	_____	no se	_____	_____	_____	el Rh del ser humano	_____

## Colegio Jairo Aníbal Niño

CONCEPTO ESTRUCTURANTE	ESTUDIANTE									
	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10
Células germinales	los que definen el sexo de la persona	son las que contaminan el cuerpo	herencia geneticas	por medio de ellas se producen los genes	son aquellas que determinan el sexo de un ser vivo	son aquellas que con ellas se producen genes	_____	es una propuloras de los gametos	son celulas que forman la vida	_____
Meiosis	es el proceso en el cual se forman los gametos	proceso de ambas celulas (Madre e hija)	proceso de la celula madre e celula hija	es un proceso que se hace d la hija y a la madre creo	proceso por el cual las celulas se une para formar los gametos	es un proceso de ambas celulas por medio de un gen y la madre	es cuando la celula sale de la membrana	son un tipo de celulas	son un tipo de celulas	_____
Gametos	son el espermatozoide y el ovulo	esta en el cuerpo femenino'	parte del cuerpo de una mujer	pertenecen al cuerpo del humano	espermatozoides y ovulos	hace parte del cuerpo de la mujer	es como el espermatozoide donde salen los niños	es una celula reproductora	la celula que reproduce a los seres humanos	es el feto mas pequeño de un embarazo
Sexualidad humana	es cuando dos organismos poseen organos sexuales que se unen entre si	hace referencia A lo que tiene que ver con el cuerpo humano	union entre dos personas de sexos opuestos o iguales	pss se refiere al cuerpo a nosotros, al sexo, etc	Proceso por el cual se reproduce una persona dando origen a su hija o su hijo según sea	es el tema que trata de explicarnos todo lo referente al cuerpo ya sea femenino o masculino	Cuando las ormonas de los seres humanos avanzan y se reproducen mas o cuando estan teniendo relaciones y empiezan a sentir orgasmos	se puede decir que hay diferentes sexos tanto como femenino y masculino y pueden tener relaciones, y se diferencian por sus sentimientos, sus acciones	Es la relacion entre los que esten el espermatozoide y el ovario	tipo de reproduccion entre hombre y mujer
Cromosoma	es lo que tienen la celulas dentro contiene el ADN	parte de la celula	es una parte de la celulas	es parte de una célula	se encuentran dentro de los espermatozoides y ovulos	es parte de una célula ya sea animal o vegetal	es parte de la celula	están en una celula eucariota	se encuentra en el interior al ADN	es una parte de una celula
ADN	determina los rasgos de cada persona hay estan los genes	genes sanguíneos (De la sangre)	genes de sanguíneos tipo de sangre	es una prueba de sangre que le hacen a una persona para saber los genes etc	busca especificar y analizar los rasgos que se traspan de generacion	es algo así como una prueba de sangre que se le realiza a la persona para saber los genes	sacan sangre para ver si tienen compatibilidad	sirve para identificar a las personas y sus tipos de familias	es la informacion dada de nuestros padres a nosotros	tipo de sangre o celulas que identifican su sangre para saber el adn de sus padres o alguien
Gen	son los rasgos que posee cada persona	se da a travez de la unión sexual	genética del humano	es algo que se saca del AdN	ragos. Son una capacidad de especificarlos y poderlos identificar	es algo que se obtiene mediante el ADN	_____	es un marcador genético en un tipo de posición, con información genética	Es el origen de la vida	celula masculina
Locus	cuando los gametos se unen	hace parte del cuerpo	algo de la sexualidad humana	pss creo que pertenece de la palabra loca o loco	proceso por el cual los gametos se unen	es una parte del cuerpo que establece ARN	_____	es un posición fija en un cromosoma	Es una celula	_____
ARN	grupo de cromosomas	otra parte de la sangre	Algo de los genes humanos	según yo es un proceso que se obtiene también del adN	es un grupo de moléculas	Es otro proceso casi parecido al ADN	_____	es una posición de un marcador genético	Es una posición de marcador genético	_____

## Apéndice M. Conceptualizaciones (conceptos estructurantes) de los estudiantes por colegio - postest

### Colegio Alfonso López Michelsen

ESTUDIANTE	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
<b>Células germinales</b>	son las que ayudan a la creación de los gametos	son las células que se dividen (4) para hacer de ellas los gametos	Son las células no somáticas del cuerpo que se reproducen a través de el proceso de meiosis	el principio de formar 46 cromosomas	son aquellas células que sede su gametos con los cuales se crea un nuevo ser vivo	A base de éstas células se crean los gametos: óvulos y espermatozoides	son los progenitores de nosotros	las células germinales no se dividen y en el proceso de división forman gametos	son células somáticas, que su proceso de división es por la mitosis	son las creadoras de los gametos mediante el proceso de meiosis, reparten su carga para que los gametos puedan tener 23 an y el ser se pueda reproducir
<b>Meiosis</b>	División de las células germinales	proceso mediante el cual se reproducen las células sexuales	es el proceso donde se producen las células germinales	es la que determina "sexual"	Reproducción en la cuál se obtiene 4 células haploides	Proceso de reproducción sexual de los gametos	Es el proceso de división celular entre una célula y otra	es el proceso de división celular	es la división de células germinales que al hacer meiosis da 2 células hijas	es el proceso que realiza el cuerpo humano en su parte íntima el cuál crea gametos
<b>Gametos</b>	Son las células reproductivas en los hombres espermatozoides y en las mujeres los ovulos	se encuentran tanto en los cuerpos masculinos y femeninos, espermas y óvulos	Son los espermatozoides de los hombres y los óvulos de las mujeres	son las personas o todos tenemos 23 gametos	son las células reproductoras (espermatozoide y óvulo)	Células haploides	esta poseen cromosomas	son los que tienen la carga genética para otro ser vivo	son las células reproductoras y reúnen la carga genética de los dos sexos (masculinos y femeninos)	son los espermatozoides y los ovulos
<b>Sexualidad humana</b>	metodo de reproducción de los seres vivos	No solo es sexo. Es lo que va desde que somos hombres omujeres (espermas - ovulos) de nuestra forma de pensar, ya que las mujeres maduran más rápido que los hombres	es el proceso que permite que los seres vivos se reproduzcan o lo que define si somos hombres o mujeres	el fin de terminar una relación con un hijo o sea que termina lo que hicieron	es la que nos identifica si somos hombre o mujer y también determina como actuamos y como somos	Es la capacidad que tenemos todos los seres humanos de vibrar, sentir y comunicarnos a través de nuestro cuerpo.	Es la capacidad que tiene cada ser humano	es la que nos da el don de reproducimos con otras personas de diferente género sexualobteniendo otra vida con rasgos parecidos	es el fin reproductivo que todo humano necesita, es lo que nos hace ser como personas y nos indica nuestro sexo (mujer u hombre)	es el resultado de todo un proceso reproductivo que determina la apariencia, personalidad, sexo de un individuo
<b>Cromosoma</b>	Componentes de una célula germinal	contiene el ADN, los genes. Su cantidad nos dice o define el cuerpo a que especie pertenece	Es donde se encuentra el ADN	es una porcion de gametos	es el ADN enrollado antes de la división celular	son células que se hacen visibles en la división celular e intervienen las histonas	Es el proceso de una célula hacia un gameto	el cromosoma es donde se localiza los gametos en el proceso de división	son los que contienen toda la carga genética	se encuentran en los gametos y son los que dividen las células germinales para que puedan tener la carga específica
<b>ADN</b>	es donde se almacena la información genética	Es ADN (Acido desoxirribonucleico) contiene toda la información genética de la especie	Dónde se encuentra la información genética	el que forma los cromosomas	este es portador de todo nuestro ser, este es nuestra receta	Acido desoxirribonucleico que tiene las instrucciones del desarrollo y funcionamiento del organismo	Es la totalidad de la carga genética de las células germinales	al ADN se conforma por componentes que hace que nosotros al nacer carguemos la información de nuestros padres	Es un ácido nucleico y contiene toda la información genética	es aquel que contiene toda nuestra información genética
<b>Gen</b>	es el acido desoxirribonucleico ubicado en el centro del ADN	es una pequeña parte o porción del cromosoma, también determina una característica específica	son las características físicas que poseo como ser humano según las genética de mi familia	los que ya mas o menos estan formados	es aquel que tiene la informacione de como somos	Una parte del ADN que asigna una especial característica del individuo	es una función genética	el gen es la finalización del ADN y ARN	un orden fijo al cromosoma	es un pedazo o una parte del ADN que termina alguna característica específica
<b>Locus</b>	localización del cromosoma	es la localización del gen sobre el cromosoma	Es donde se localiza el gen	es un concepto no encontrado o mejor una localización no encontrada	ubicación del gen	Es la localización exacta de un gen sobre un cromosoma	Se define como la localización precisa de un gen	localizado en el cromosoma	es el que da orden a los cromosomas y su función es para saber donde están ubicados	es la ubicación exacta de algún gen
<b>ARN</b>	es la mitad del ADN y es conocido como acido ribonucleico	es el que contiene la copia de información que posee el ADN (ARN - RNA) Acido Ribonucleico	es lo que define de qué especie seremos si humanos, monos, plantas etc.	están formados ya para empezar a dirigir	es nuestro sistema operativo, es el que dice como funciona cada organismo	Acido ribonucleico formado por una cadena	es la mitad de la carga genética de unas células germinales	es una porción que contiene el ADN que es el que tiene la mitad de la información	son mensajeros de la información genética	es un proceso el cuál determina la sexualidad humana

## Colegio Eduardo Santos

CONCEPTO ESTRUCTURANTE	ESTUDIANTE	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
	Células germinales	estructura donde ocurre la meiosis	es el proceso de meiosis	son espermatozoides sexuales masculinos y formación de gametos	estructuras donde los procesos de meiosis y se hacen llamar células madre	estructuras donde ocurren los procesos de meiosis y forman gametos, gametogénesis	donde ocurren los procesos de meiosis y formación de gametos	están localizadas en el gen	las estructuras donde ocurren los procesos de meiosis y formación de gametos	donde se producen las hormonas sexuales	donde ocurre el proceso de la meiosis y la formación de gametos
Meiosis	proceso mediante el cual la célula se divide	división celular que produce gametos	la meiosis da lugar a gametos con la mitad de cromosomas	proceso de división celular que nos da los gametos	da lugar a gametos con la mitad de cromosomas que sus células predecedoras	da lugar a gametos con la mitad de cromosomas	es donde los gametos están con la mitad de cromosomas en sus células	da lugar a gametos con la mitad de cromosomas	da lugar a los gametos con la mitad de cromosomas con sus células predecedoras	la meiosis da lugar a los gametos y la mitad de los cromosomas	
Gametos	son las células sexuales	son las células sexuales masculinas y femeninas	son células sexuales haploides masculinos	los espermatozoides son las células haploides masculinas y los ovulos son las células sexuales haploides femeninas	los espermatozoides son células sexuales masculinas	son las células sexuales masculinas	son los espermatozoides del hombre y el ovulo de la mujer	los ovulos son células sexuales o gametos femeninos	son los ovulos y espermatozoides	son las células sexuales masculinas y femeninas	
Sexualidad humana	capacidad que poseemos todos los seres humanos para expresarnos con nuestro cuerpo	capacidad que conforma cada ser humano y puede expresarse mediante el cuerpo	capacidad que conforma cada ser humano y que nos permite sentir	capacidad de todo ser humano para expresarse a través de su cuerpo	capacidad que conforma a cada ser humano que nos permite sentir vibrar y comunicarnos	es una capacidad que conforma a cada ser humano	proceso mediante el cual el hombre pasa espermatozoides y la mujer ovulos, para la fecundación	capacidad que conforma a cada ser humano y que nos permite sentir	es una capacidad que nos permite sentir y comunicarnos a través de nuestro cuerpo	es una capacidad de los seres humanos para comunicarse	
Cromosoma	ellos poseen los genes	portadores de los genes	es un núcleo de células de todo ser humano	en el núcleo de las células de todos los seres vivos se encuentran los cromosomas	los genes son parte de los cromosomas	es el núcleo de las células de todos los seres vivos	donde se guarda la información genética de las personas	en el núcleo de las células de todos los seres vivos se encuentran los cromosomas visibles durante el proceso de mitosis	es el núcleo de la célula de todos los seres vivos	cada cromosoma consta de un ADN que está con diversas proteínas	
ADN	su término es ácido desoxirribonucleico y tiene timina, citosina, adenina y guanina	está compuesto por timina, citosina, adenina y guanina	está constituido por tres componentes	cada cromosoma consta de una doble hélice de ADN	es una célula eucariota se alberga en el núcleo	es un polímero de nucleótidos constituido por tres componentes	donde se guarda la información en la sangre.	es un polímero de nucleótidos	es un polímero de nucleótidos constituido por tres componentes	tiene tres componentes que son la base nitrogenada, la adenina, la guanina, la citosina y la timina	
Gen	es la que posee la información hereditaria	es la unidad de la herencia	son la unidad de herencia los cuales codifican información	son unidades de la herencia los cuales producen la información necesaria para producir proteínas	son las unidades de la herencia	son unidades de la herencia, son parte de los cromosomas	es cuando uno hereda algún aspecto de los padres como los ojos o el cabello	son las unidades de la herencia	son las unidades de herencia las cuales nos dejan nuestros papas	son las unidades de la herencia que transmiten información	
Locus	lugar específico del gen	es la ubicación física del gen	es la ubicación del gen	es la parte física que nos produce la ubicación física de los genes	la ubicación física de un cromosoma de llama locus	ubicación física de un gen en un cromosoma	son las unidades que conforman el gen y están dentro del gen	ubicación física de un gen en un cromosoma	es la ubicación del gen.	la ubicación física del gen	
ARN	posee la información del ADN y la transporta	es la molécula que lleva la información del ADN.	es el ADN de una célula eucariota se alberga en el núcleo	es el núcleo pero la síntesis de las proteínas ocurre en los ribosomas	cada cromosoma consta de una doble hélice de ADN empaquetada con diversas proteínas	esa molécula es el ácido ribonucleico	es el que pasa la información por los cromosomas	esta molécula es el ácido ribonucleico	es el intermediario que lleva la información del ADN	las proteínas que ocurren en los ribosomas	

## Colegio Jairo Aníbal Niño postest

CONCEPTO ESTRUCTURANTE	ESTUDIANTE										
	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	
Células germinales	as que empiezan el proceso	son formadoras de ovulos y espermatozoides	celulas donde ocurren los procesos de meiosis para la formación de gametos	son las que forman o fundan a los gametos	celulas donde ocurren los procesos de meiosis para formar gametos	las celulas germinales son las que forman las celulas sexuales femeninas y masculinas	formadoras de gametos formadoras de espermatozoides forman ovulos	son los formadores de los gametos	Son formadoras de gametos	Forman gametos, ovulos	
Meiosis	es cuando se dividen los cromosomas	es la division de cromosomas un material genetico a la mitad	proceso por el cual se da lugar a gametos con la mitad de cromosomas	"son las que dividen los cromosomas en 23 y 23 osea la mitad"	proceso por el cual se forman los gametos divide los cromosomas	proceso emdiante el cual el material Genetico de las celulas sexuales se dividen	proceso mediante el cual proceso genetico puede ser los cromosomas se dividen	es el proceso mediante el cual se divide el material genetico	Un proceso por el cual las celulas o cromosomas se dividen a la mitad	proceso por el cual se dividen los cromosomas o tambien el material genetico	
Gametos	es lo que esta formado por 23 cromosomas, ovulo y espermatozoide	son las celulas sexuales y son las que forman el cigoto	espermatozoide y ovulos	son los ovulos y espermatozoides que forman los cigotos	espermatozoides y ovulos	Celulas sexuales (Espermatozoides y ovulos)	el ovulo y el espermatozoide	son los ovulos y los espermatozoides para formar cigotos	son las celulas sexuales	Son las celulas sexuales sirven para formar sigotos	
Sexualidad humana	es la capacidad que conforma cada ser humano que nos permite sentir hasta que morimos	no se trata solo de sexo si no sobre las decisiones que queremos tomar sobre nuestro cuerpo y como nos queremos comportar	capacidad de formar un ser vivos	esta relacionado con la actitud comportamiento s y aceptaciones de uno mismo	capacidad para formar un ser vivo un bebe	Son las caracteristicas de lo que soy yo	tiene que ver con nuestras generos como me comporto y actua	Esta relacionado con las actitudes y aceptación de uno mismo	Una decisión	es la decisión de nuestras actividades de nuestro comportamiento	
Cromosoma	el que conforma el ADN	son los formadores de material genetico donde posee el ADN	nucleo de celulas de los seres vivos	son las que contienen ADN o material genetico	nucleo de celulas que forman seres vivos	Estructura conformada por material Genetico que forma ADN	los que portan material genetico o de ADN	son los que contienen material genetico o ADN	Son los portadores del ADN o informacion de nuestros padres	Son las estructuras que portan el material genetico- esta dentro del cromosoma consta e una unica doble helice de ADN con diversas proteínas"	
ADN	"esta dentro del cromosoma consta e una unica doble helice de ADN con diversas proteínas"	"las características genéticas y se encuentran en los cromosomas"	"polimero construido por adenina, timina, guanina, citosina"	"es la información de cada persona que esta en el cromosoma"	"contiene el material genetico"	"Es quien da la informacion Genetica"	es la informacion genetica de cada individuo	es el que tiene características genéticas y en este se encuentran los genes	gia para producir cualidades o características	Es la informacion genetica	
Gen	es la unidad de las herencias la cual codifica la información necesaria para producir proteínas	es la encargada de transcribir las proteínas (características)	unidades de herencia codifican informacion	son las que transcriben informacion genetica en proteínas etc	unidad de herencia	Transcribe la informacion Genetica en proteínas	transcribe la informacion genetica en proteínas	transcribe la informacion genetica a proteínas	Son las pequeñas instrucciones o las características	Transcribe la informacion genetica en características visibles	
Locus	la ubicación física del ADN en un cromosoma	es la ubicación exacta en el ADN del gen	ubicación de un gen en el cromosoma	es la ubicación del material en el ADN	ubicación exacta del gen en el cromosoma	Es el lugar donde los Genes se ubican	es el sitio exacto donde esta el (ADN) gen	el la ubicación del material Genetico en el ADN	Donde se ubican los genes en el ADN	es en el cual se ubica el gen en el ADN	
ARN	Se alberga en el nucleo por síntesis de las proteínas que ocurre en ribosomas del citoplasma	es el que copia el material genetico la saca del nucleo y la lleva a los ribosomas para que se cree mas ADN	acido ribonucleico	es el que saca una copia del ADN y se lo lleva al ribosoma	acido ribonucleico copia el Adn	El ARN mensajero hace una copia de ADN para llevarlos a los Ribosomas para formar mas ADN	es la copia del ADN	este copia un pedazo del ADN y lo lleva al ribosoma para producir más	copea el ADN y lo envia a las ribosomas	copia el material genetico y lo lleva al ribosomas donde se fabrica mas ADN	

**Apéndice N. Comparación Jerarquía – Relaciones – pretest y postest**

**Pretest**

Estudiante	Jerarquía	Relaciones
A1	1	1
A2	1	0
A3	0	0
A4	0	0
A5	2	2
A6	2	0
A7	3	0
A8	0	0
A9	2	0
A10	0	0
E1	3	1
E2	3	1
E3	1	0
E4	0	0
E5	4	0
E6	3	1
E7	4	2
E8	4	0
E9	1	0
E10	4	0
J1	1	1
J2	0	0
J3	1	0
J4	1	0
J5	2	0
J6	3	0
J7	0	0
J8	1	0
J9	2	1
J10	1	0
<b>Moda</b>	1	0
<b>Media</b>	1,666666667	0,333333333
<b>Mediana</b>	1	0

## Posttest

Estudiante	Jerarquía	Relaciones
A1	4	2
A2	2	2
A3	6	3
A4	6	4
A5	5	1
A6	6	4
A7	4	2
A8	6	2
A9	5	4
A10	7	3
E1	3	3
E2	3	3
E3	8	8
E4	6	4
E5	6	3
E6	8	5
E7	6	4
E8	6	3
E9	8	8
E10	6	4
J1	7	2
J2	5	5
J3	7	4
J4	8	8
J5	7	5
J6	8	8
J7	8	8
J8	8	8
J9	3	3
J10	8	8
<b>Moda</b>	6	3
<b>Media</b>	6	4,36666667
<b>Mediana</b>	6	4

**Apéndice O. Comparación Jerarquía, Relaciones y Concepto principal - pretest y postest**

**Jerarquía**

Estudiante	Pretest	Postest
A1	1	4
A2	1	2
A3	0	6
A4	0	6
A5	2	5
A6	2	6
A7	3	4
A8	0	6
A9	2	5
A10	0	7
E1	3	3
E2	3	3
E3	1	8
E4	0	6
E5	4	6
E6	3	8
E7	4	6
E8	4	6
E9	1	8
E10	4	6
J1	1	7
J2	0	5
J3	1	7
J4	1	8
J5	2	7
J6	3	8
J7	0	8
J8	1	8
J9	2	3
J10	1	8
<b>Moda</b>	1	6
<b>Media</b>	1,66666667	6
<b>Mediana</b>	1	6

## Relaciones

Estudiante	Pretest	Postest
A1	1	2
A2	0	2
A3	0	3
A4	0	4
A5	2	1
A6	0	4
A7	0	2
A8	0	2
A9	0	4
A10	0	3
E1	1	3
E2	1	3
E3	0	8
E4	0	4
E5	0	3
E6	1	5
E7	2	4
E8	0	3
E9	0	8
E10	0	4
J1	1	2
J2	0	5
J3	0	4
J4	0	8
J5	0	5
J6	0	8
J7	0	8
J8	0	8
J9	1	3
J10	0	8
<b>Moda</b>	0	3
<b>Media</b>	0,33333333	4,36666667
<b>Mediana</b>	0	4

### Concepto principal

Estudiante	Pretest	Postest
A1	0	1
A2	0	1
A3	0	1
A4	0	1
A5	0	1
A6	0	1
A7	0	1
A8	0	1
A9	0	1
A10	0	1
E1	1	1
E2	1	1
E3	1	1
E4	0	1
E5	1	1
E6	1	1
E7	1	1
E8	1	1
E9	0	1
E10	1	1
J1	0	1
J2	0	1
J3	0	1
J4	0	1
J5	0	1
J6	0	1
J7	0	1
J8	0	1
J9	0	1
J10	0	1
<b>Moda</b>	0	1
<b>Media</b>	0,26666667	1
<b>Mediana</b>	0	1

### Apéndice P. Conceptos Pretest – Postest

Estudiante	Pretest	Postest
A1	0	6
A2	4	9
A3	4	6
A4	0	0
A5	2	7
A6	1	9
A7	4	3
A8	5	5
A9	2	5
A10	4	8
E1	5	7
E2	5	6
E3	1	5
E4	0	4
E5	1	5
E6	0	6
E7	0	3
E8	1	6
E9	1	6
E10	0	7
J1	3	5
J2	0	9
J3	0	8
J4	0	8
J5	1	8
J6	0	9
J7	1	9
J8	4	9
J9	2	9
J10	0	9
<b>Moda</b>	0	9
<b>Media</b>	1,7	6,53333333
<b>Mediana</b>	1	6,5

## Apéndice Q. Consolidados Jerarquías y Relaciones - pretest y postest

### Jerarquías

Jerarquía	Pretest	Postest
Células germinales- Meiosis	13	30
Meiosis- gametos	15	29
Gametos- Cromosomas	10	26
Gametos- Sexualidad humana	2	11
Cromosomas- ADN	6	23
ADN-Gen	3	23
Gen-Locus	1	22
Gen-ARN	2	14
<b>Moda</b>	2	23
<b>Media</b>	6,5	22,25
<b>Mediana</b>	4,5	23

### Relaciones

Relaciones	Pretest	Postest
Células germinales mediante el proceso Meiosis	5	28
Meiosis forma gametos	3	28
Gametos que tienen Cromosomas	0	13
Gametos determinan Sexualidad humana	0	10
Cromosomas poseen ADN	1	11
ADN contiene Gen	0	8
Gen localizado en Locus	0	18
Gen transcribe ARN	1	11
<b>Moda</b>	0	28
<b>Media</b>	1,25	15,875
<b>Mediana</b>	0,5	12

**Apéndice R. Consolidado Jerarquía y Relaciones por colegio – pretest y postest**

**Jerarquía - pretest**

<b>Jerarquía</b>	<b>Total A</b>	<b>Total E</b>	<b>Total J</b>
Células germinales-Meiosis	1	9	3
Meiosis-gametos	2	7	5
Gametos-Cromosomas	2	7	1
Gametos-Sexualidad humana	1	1	0
Cromosomas-ADN	2	3	1
ADN-Gen	1	0	2
Gen-Locus	0	0	1
Gen-ARN	2	0	0

**Jerarquía - postest**

<b>Jerarquía</b>	<b>Total A</b>	<b>Total E</b>	<b>Total J</b>
Células germinales-Meiosis	10	10	10
Meiosis-gametos	9	10	10
Gametos-Cromosomas	7	10	9
Gametos-Sexualidad humana	1	3	7
Cromosomas-ADN	7	8	8
ADN-Gen	7	8	8
Gen-Locus	5	8	9
Gen-ARN	3	3	8

### Relaciones - pretest

Relaciones	Total A	Total E	Total J
Células germinales mediante el proceso de Meiosis	1	4	0
Meiosis forma gametos	1	0	2
Gametos que tienen Cromosomas	0	0	0
Gametos determinan Sexualidad humana	0	0	0
Cromosomas poseen ADN	0	1	0
ADN contienen Gen	0	0	0
Gen localizado en Locus	0	0	0
Gen transcribe ARN	1	0	0

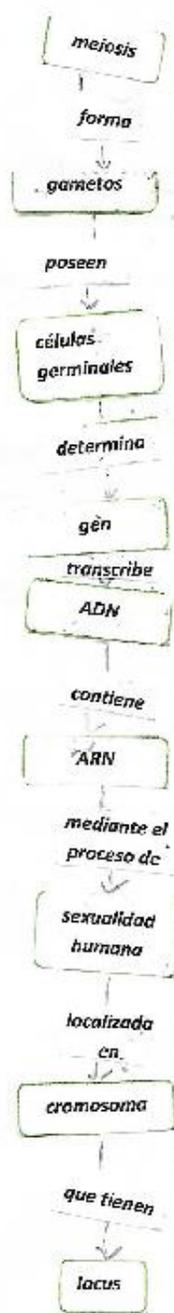
### Relaciones - postest

Relaciones	Total A	Total E	Total J
Células germinales mediante el proceso de Meiosis	8	10	10
Meiosis forma gametos	8	10	10
Gametos que tienen Cromosomas	1	5	7
Gametos determinan Sexualidad humana	0	3	7
Cromosomas poseen ADN	2	4	5
ADN contienen Gen	1	2	5
Gen localizado en Locus	2	8	8
Gen transcribe ARN	1	3	7

### Apéndice S. Tarea según la instrucción asociada al concepto

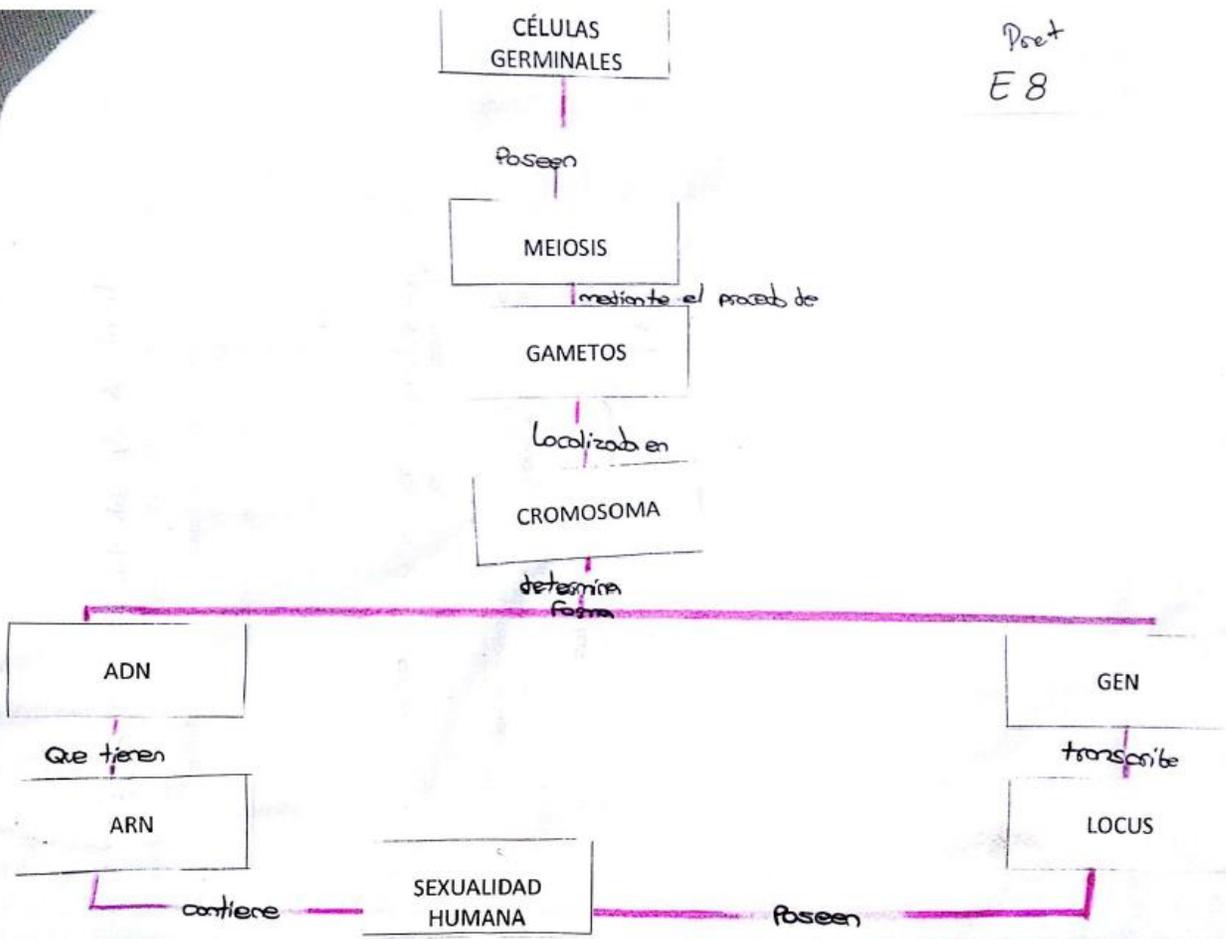
Muestra	Numero Estudiante	Tarea 1: Arma un árbol genealógico familiar	Tarea 2: Relata la historia de "amor"	Tarea 3: ¿Cómo eras tú cuando naciste? (foto bebé, grande y caricatura)	Tarea 4: Foto 23 libros	Tarea 5: Abrir página, contar letras y formar palabras	Tarea 6: Párrafos del libro para ojos, nariz y piel	Tarea 7: ¿Cómo te imaginas tu ARN?	Tarea 8: "Carta a mi futuro yo"	TOTAL
ALFONSO LOPEZ MICHELSEN	A1	1	1	1	1	1	0	1	0	6
	A2	1	1	1	1	1	1	1	0	7
	A3	1	0	1	1	1	1	1	0	6
	A4	1	1	1	1	1	1	1	0	7
	A5	1	1	1	1	1	1	1	0	7
	A6	1	1	1	1	1	1	1	0	7
	A7	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	A8	1	1	1	1	1	1	1	0	6
	A9	1	1	1	1	1	1	1	0	7
	A10	1	1	1	1	1	1	1	0	7
EDUARDO SANTOS	E1	1	1	1	1	1	1	1	0	7
	E2	1	1	1	1	0	0	0	0	4
	E3	1	1	1	0	1	1	0	0	5
	E4	0	1	1	1	1	1	0	0	5
	E5	0	1	1	1	1	1	0	0	5
	E6	0	1	1	0	1	1	0	0	4
	E7	0	1	1	0	1	1	0	0	4
	E8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E9	0	1	1	1	1	1	0	0	5
	E10	0	1	0	0	0	0	0	0	1
JAIRO ANIBAL NIÑO	J1	0	1	0	1	1	1	0	0	4
	J2	0	1	0	1	1	0	0	0	3
	J3	1	1	0	1	1	1	1	0	6
	J4	0	1	0	1	1	0	1	0	4
	J5	1	1	1	1	0	0	0	0	4
	J6	1	1	1	1	1	0	1	0	6
	J7	0	1	0	0	1	0	0	0	2
	J8	0	1	0	1	1	1	1	0	5
	J9	0	1	0	1	0	0	0	0	2
	J10	0	1	0	0	0	1	0	0	2

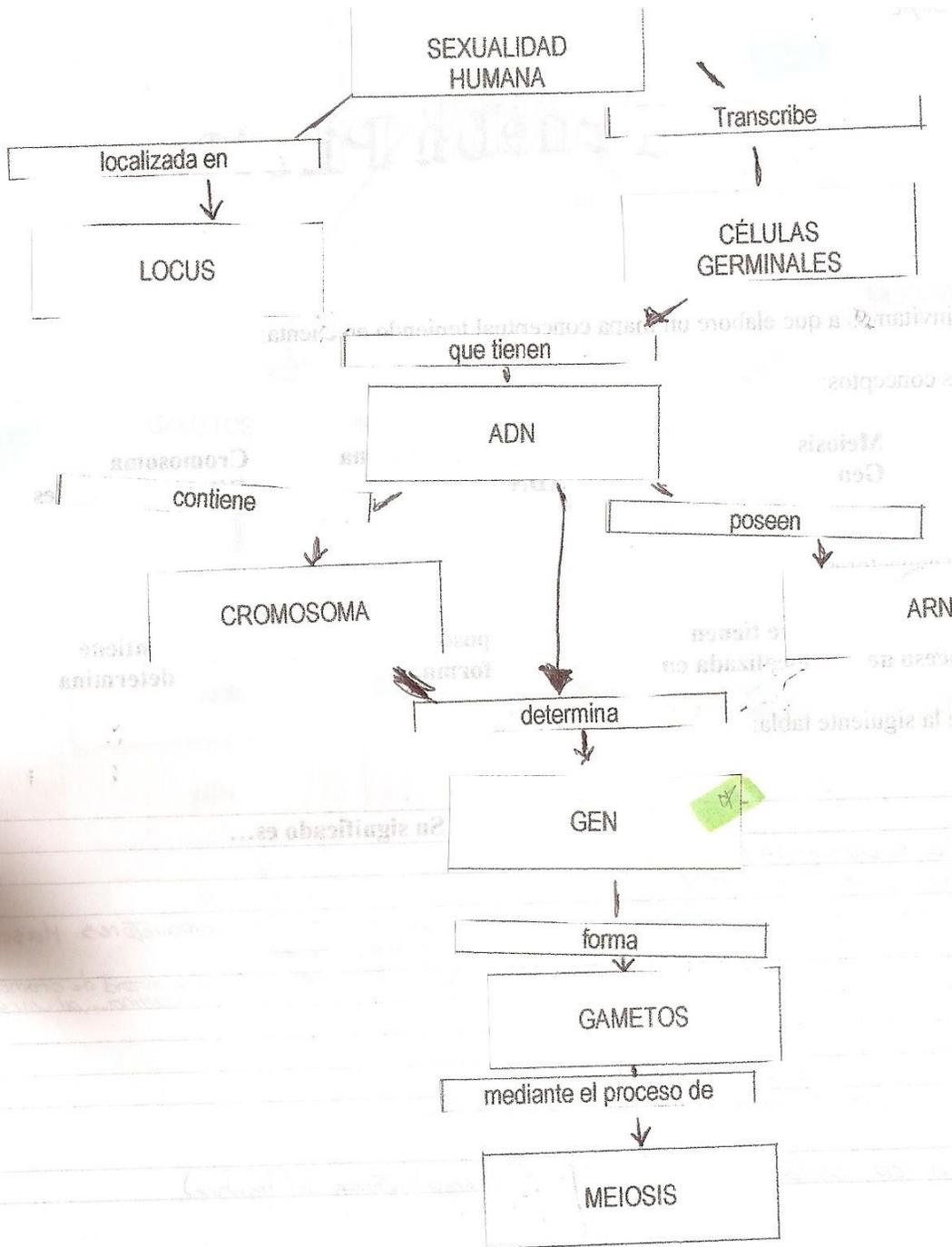
## Apéndice T. Ejemplo mapas conceptuales elaborados por estudiantes en pretest

57  
pretest

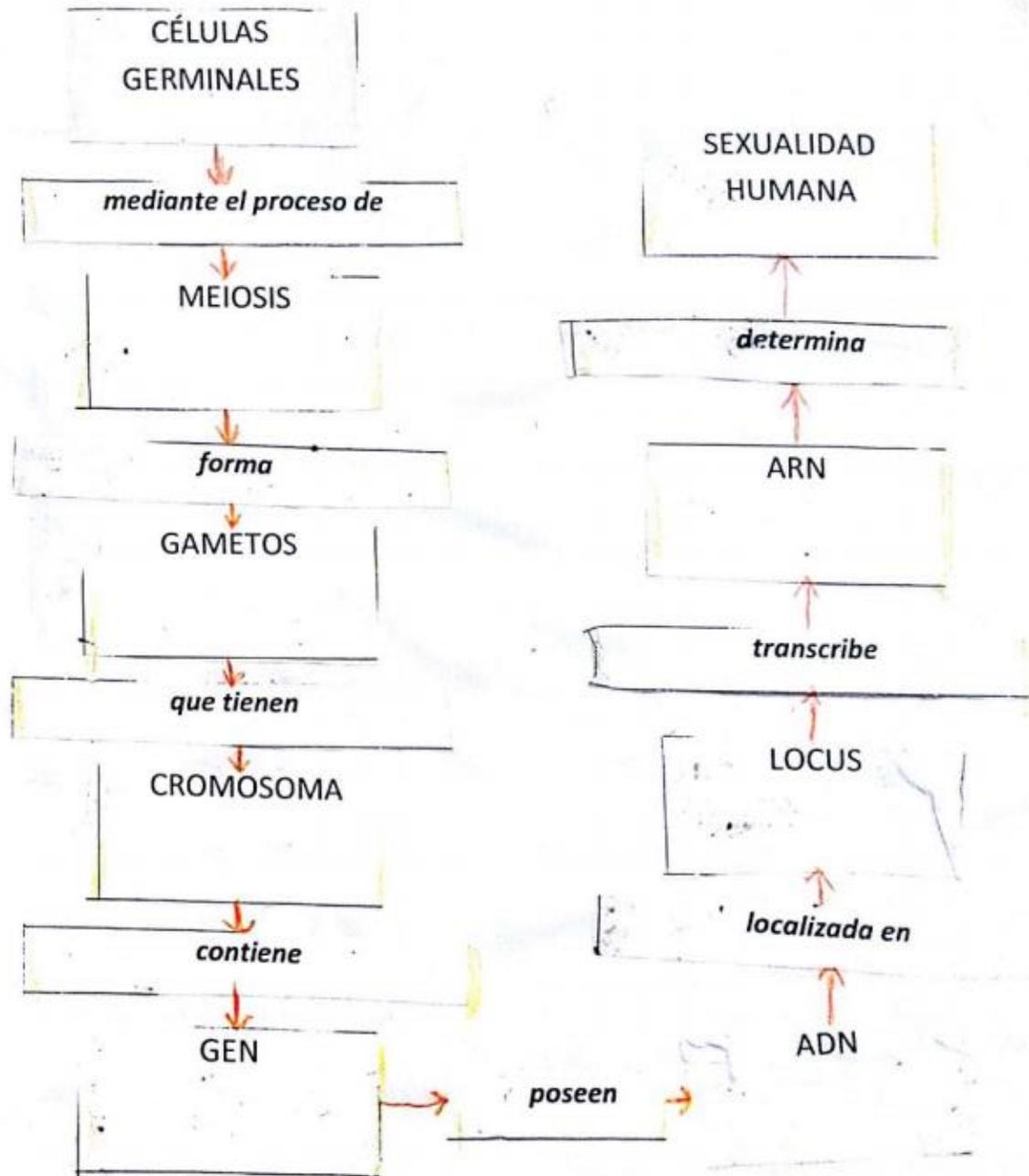
marie7 Aponte

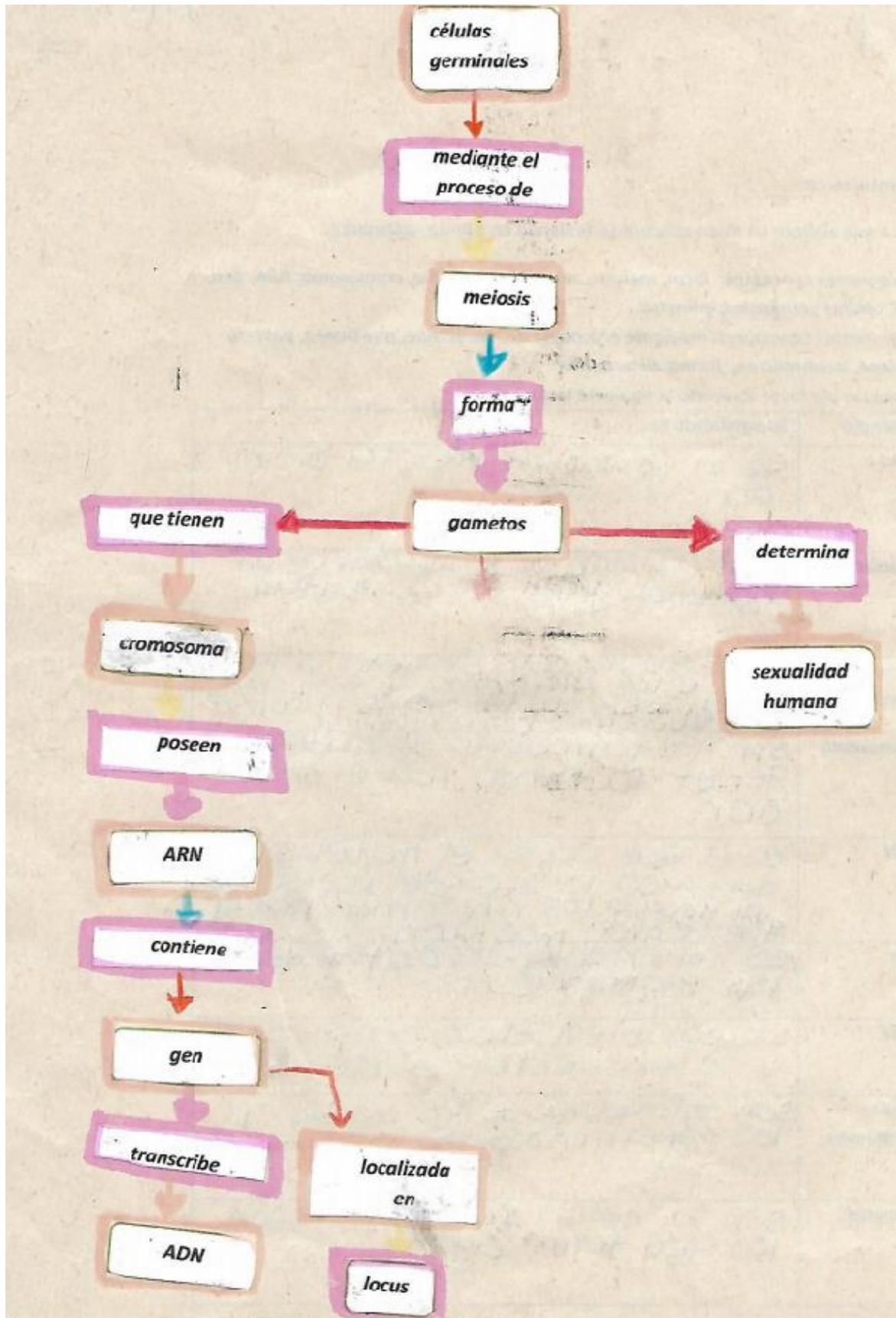
Post  
E8



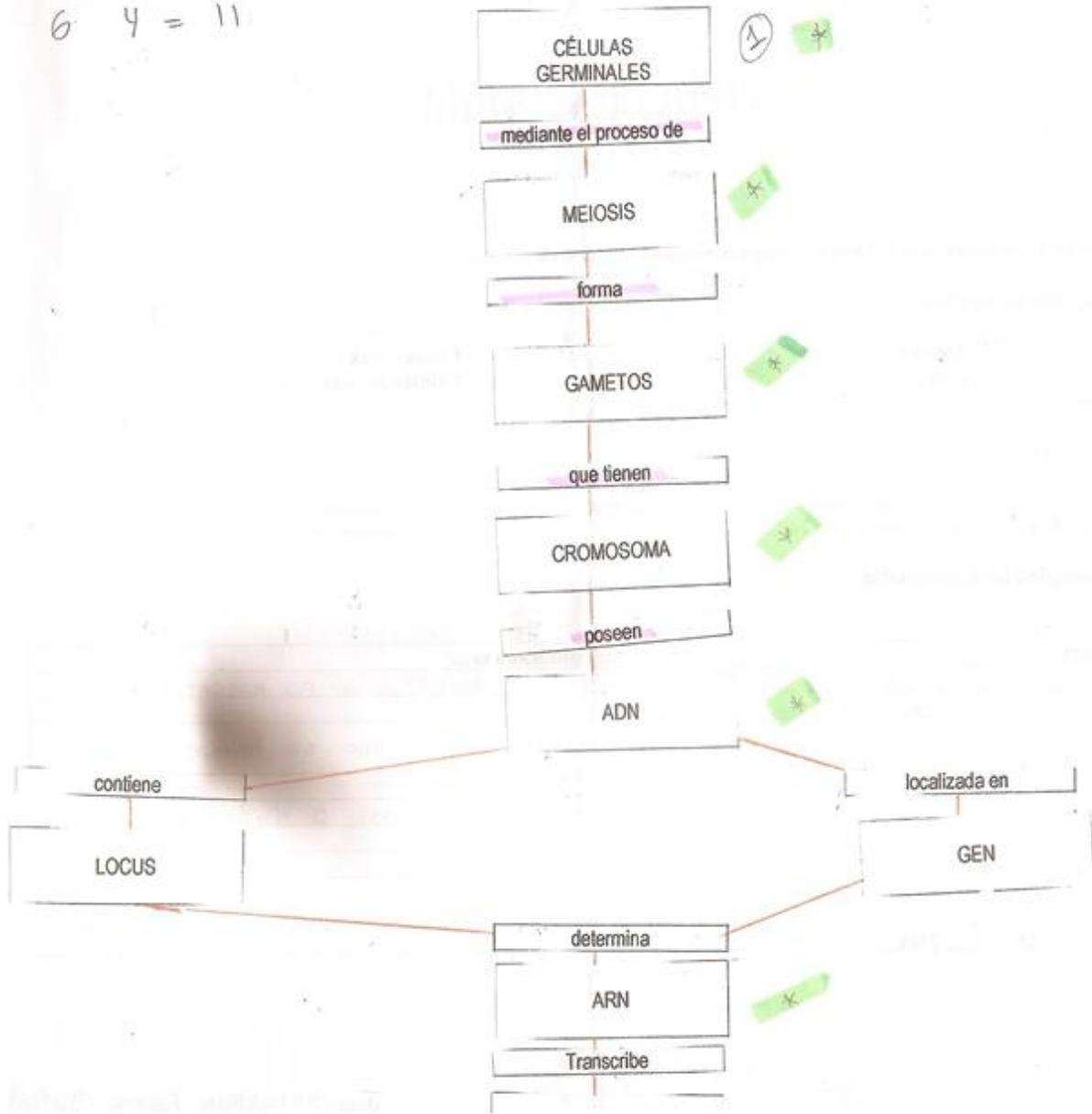


Apéndice U. Ejemplo mapas conceptuales elaborados por estudiantes en posttest





6 4 = 11



Apéndice V. Ejemplo conceptualizaciones elaboradas por estudiantes en pretest

Concepto	Su significado es...
locus	cuando los gametos se unen
meiosis	es el proceso en el cual se forman los gametos
sexualidad humana,	es cuando dos organismos poseen órganos sexuales que se unen entre si
cromosoma,	es lo que tienen las células dentro contiene el ADN
ARN	grupo de cromosomas
gen	son las rasgos que posee cada persona
ADN	determina los rasgos de cada persona hay estatus los genes
células germinales	las que definen el sexo de la persona
gametos	son el espermatozoide y el ovulo

Concepto	Su significado es...
locus	Pos creo que pertenece de la palabra loca a locos
meiosis	es un proceso que se hace al la hija y a la madre creo
sexualidad humana,	Pos se refiere al cuerpo nosotros al sexo, etc.
cromosoma,	Es parte de una célula
ARN	Segun yo es un proceso que se obtiene tambien del ADN
gen	Es algo que se saca del ADN
ADN	Es una parte de sangre que le hacen a una persona para saber los genes etc.
células germinales	Por medio de ellas se producen los genes
gametos	Pertenece al cuerpo del humano

Concepto	Su significado es...
locus X	Me suena más a locus de control
meiosis X	Progenitores del ADN
sexualidad humana, X	Proceso voluntario, en algunos casos no donde los aparatos reproductores masculinos y femeninos se unen ya sea por placer solamente, o para
cromosoma	Quien define que somos, Aparato o ser humano, el óvulo tiene la mitad de cromosomas para un ser humano
ARN ✓	es como el mensajero del ADN (Acido Ribo Nucleico) igual que el espermatozoides al unirse se implementan y hacen un ser humano
gen X	Es quien define si es Mas, o Fem.
ADN 1/2	Es el que tiene la información, ...
células germinales X	A mi parecer son el óvulo y el espermatozoides
gametos ✓	son las partes de un cuerpo reproductoras del hombre

**Apéndice W. Ejemplo conceptualizaciones elaboradas por estudiantes en postest**

Concepto	Su significado es...
locus	ubicación exacta del gen en el cromosoma
meiosis	proceso por el cual se forman los gametos divide los cromosomas
sexualidad humana,	capacidad para formar un org vivo un bebe
cromosoma,	núcleo de células que forman seres vivos
ARN	onda ribonucleica copia el ADN
gen	unidad de herencia
ADN	contiene el material genético
células germinales	células donde ocurren los procesos de meiosis para formar gametos
gametos	espermatozoides y ovulos

Concepto	Su significado es...
locus ✓	Es la localización del gen sobre el cromosoma
meiosis ✓	Proceso mediante el cual se reproducen las células sexuales
sexualidad humana, ✓	No solo es sexo. Es lo que va desde si somos hombres o Mujeres, (espermios-ovulos) de nuestra forma de pensar ya que las Mujeres maduran más rapido que los hombres.
cromosoma, ✓	Contiene el ADN - y los genes. Su cantidad nos dice o define el cuerpo a que especie
ARN ✓	Es el que contiene la copia de información que posee el ADN (ARN-RNA) Acido Ribonucleico
gen ✓	Es una pequeña parte o una porción del cromosoma, también determina una caract. específica
ADN ✓	Es ADN-RNA (Acido desoxirribonucleico) Contiene toda la información genética de la especie
células germinales ✓	No estudio o no me acuerdo bien de este tema. Son las células que se dividen (4) para hacer de ellas los gametos
gametos ✓	Se encuentran tanto en los cuerpos Masculinos y Femeninos. M. Espermias - F. Ovulos

Apéndice X. Ejemplo tareas de enlace asociadas al concepto elaboradas por estudiantes





