



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**

FACULTAD DE CIENCIAS

**COMPARACIÓN DE ESTRATEGIAS DE
ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PARA LA UNIDAD
DIDÁCTICA DE GENÉTICA DEL PROGRAMA DE
BIOLOGÍA IV DE LA ESCUELA NACIONAL
PREPARATORIA.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN

MEDIA SUPERIOR (BIOLOGÍA)

PRESENTA:

BIÓL. ELIZABETH CRUZ FELIPE

DIRECTORA DE TESIS: DRA. PATRICIA RAMOS MORALES

MÉXICO, D.F.

SEPTIEMBRE, 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A LA MEMORIA DE MI PADRE MIGUEL CRUZ CRUZ

Ya que gracias a su ejemplo de dedicación y constancia, me ayudaron a finalizar este proyecto y aunque se fue antes de verlo terminado, él se sentiría orgulloso de mí desde donde está.

A MI MAMÁ

TERESA FELIPE NICOLAS

Por ser el motor que siempre me ha impulsado, cuyo valor, fuerza y sabiduría me han convertido en la persona que soy ahora.

A MIS HERMANOS

MARIA ELENA, MIGUEL ANGEL, DANIEL, MARTHA EUGENIA, ANABEL E IVETTE

Por su cariño, comprensión y apoyo sin condiciones.

A LA DRA. PATRICIA RAMOS MORALES

Por su paciencia, comprensión y acertadas observaciones al dirigir esta tesis.

A NORMA

Por ser cómplice de esta aventura, que iniciamos juntas hace tiempo y que hoy se ve terminada en este trabajo.

A CARMEN

Por su compañía a lo largo de la maestría, la cual hizo que se convirtiera en una jornada llevadera y sumamente satisfactoria.

A BIÓL. IRENE QUIROZ AMENTA

Por las valiosas observaciones y ayuda prestada para la realización de este proyecto.

A LA UNAM

Mi sincero agradecimiento por el apoyo brindado a lo largo de esta maestría.

A LA DGAPA

Por las facilidades recibidas para la culminación satisfactoria de este postgrado.

A MIS SINODALES

M. en C. Alejandro Martínez Mena, Dra. Martha Juana Martínez Gordillo, M. en Psic. Milagros Figueroa Campos, M en Psic. José Jesús Carlos Guzmán, por las observaciones que ayudaron a mejorar el presente trabajo.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. RESUMEN | 6 |
| 2. ANTECEDENTES | 8 |
| 3. INTRODUCCIÓN | 10 |
| 3.1 ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS..... | 10 |
| 3.1.1 ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA | 11 |
| 3.1.2 APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS..... | 12 |
| 3.1.3 EL CAMBIO CONCEPTUAL..... | 16 |
| 3.1.4 ESTRATEGIAS UTILIZADAS EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS. | 20 |
| 3.2 ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA | 20 |
| 3.3 ENSEÑANZA DE LA GENÉTICA. | 21 |
| 3.3.1 PROBLEMAS EPISTEMOLÓGICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA GENÉTICA. | 29 |
| 3.3.2 ESTRATEGIAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA GENÉTICA..... | 32 |
| 3.3.3 USO DE LOS MODELOS..... | 34 |
| 3.3.4 ESTRATEGIAS DE LECTURA EN LA ENSEÑANZA..... | 38 |
| 3.4 PAPEL DE LOS PROFESORES EN LA ENSEÑANZA..... | 40 |
| 4. JUSTIFICACIÓN..... | 41 |
| 5. HIPÓTESIS..... | 44 |
| 6. OBJETIVOS | 44 |
| 7. MÉTODO..... | 45 |
| 7.1 TAREAS PARA EL GRUPO EXPERIMENTAL | 47 |
| 7.2 TAREAS PARA EL GRUPO CONTROL..... | 48 |
| 7.3 DESCRIPCIÓN DE LAS SESIONES | 51 |
| 7.3.1 SESIONES GRUPO EXPERIMENTAL..... | 51 |
| 7.3.2 SESIONES GRUPO CONTROL..... | 55 |
| 8. ANÁLISIS DE DATOS..... | 59 |
| 8.1 VARIABLES DE RESPUESTA ESPERADAS CON EL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN | 59 |
| 9. RESULTADOS..... | 61 |
| 9.1 PRETEST | 61 |
| 9.2 POSTEST | 62 |
| 9.3 PRUEBA OBJETIVA..... | 63 |
| 10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 64 |
| 11. CONCLUSIONES | 70 |
| 12. BIBLIOGRAFÍA | 74 |
| 13. ANEXO 1. INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN..... | 82 |
| 14. ANEXO 2. PRUEBA OBJETIVA..... | 88 |

| | |
|--|------------|
| 15. ANEXO 3. TABLAS DE RESULTADOS | 92 |
| 16. ANEXO 4. GRÁFICAS..... | 96 |
| 17. ANEXO 5. LECTURAS..... | 126 |
| 18. ANEXO 6. MODELOS | 132 |

1. RESUMEN

El presente trabajo desarrollo la comparación de estrategias de enseñanza para genética, específicamente para los conceptos de cromosoma, gen, DNA, alelo e información genética; para la comparación se diseñaron modelos abstractos para un grupo, para que a través de la manipulación de éstos exploraran los aspectos importantes y difíciles de los conceptos básicos de la genética (Harrison y Treagus, 2000) y lecturas con discusión para otro grupo, para la comprensión de los mismos conceptos a través del lenguaje (Solé, 2005; Campanario y Otero, 2007; Campanario, 2007), para observar si estas estrategias utilizadas para la enseñanza de la genética propiciaban aprendizajes significativos que llevaran al cambio conceptual de los alumnos.

El estudio se llevó a cabo en la Escuela Nacional Preparatoria con dos grupos de 5º año, ambos grupos tienen como antecedente los cursos de biología del nivel medio básico (secundaria). Al principio y al final del proceso se aplicó un test para evaluar las condiciones iniciales y finales a lo largo de la investigación, además de aplicar al final una prueba objetiva para ambos grupos.

Los resultados obtenidos permiten observar cambios después de la instrucción, en ambos grupos al final de este proceso de investigación, que al compararse con los resultados obtenidos a partir del instrumento de evaluación aplicado en el Colegio de Ciencias y Humanidades, al final de un proceso de instrucción, se tienen desempeños similares con el grupo experimental de la Escuela Nacional Preparatoria; se puede decir entonces, que estrategias constructivistas como los modelos, aplicadas en sistemas de bachillerato universitario propician cambios similares. Los modelos y las lecturas con discusión aplicadas propiciaron aprendizajes tanto en el grupo control como en el experimental.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que los aprendizajes significativos que pueden guiar el cambio conceptual en los alumnos parece ser un proceso gradual, que en un ciclo escolar puede darse solo en algunos alumnos, sin embargo el uso de los modelos abstractos, las lecturas con discusión y el trabajo en equipo si ayudan a que se alcancen aprendizajes significativos que dirijan el cambio conceptual, aunque no en el corto plazo.

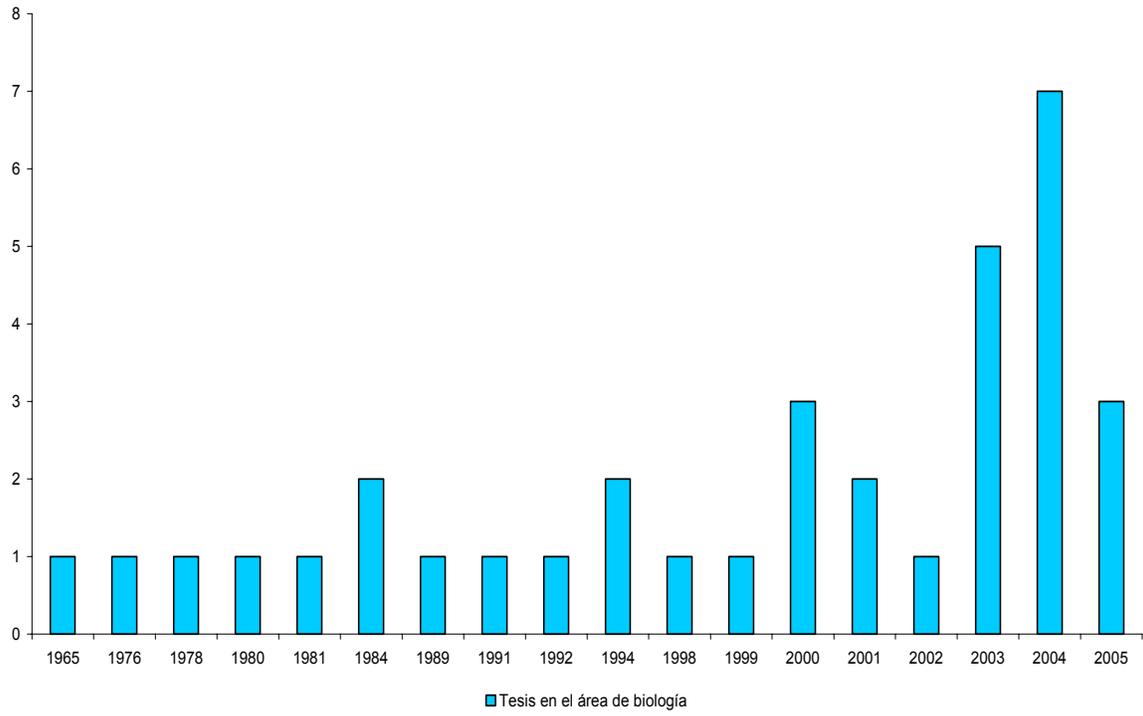
2. ANTECEDENTES

En México la investigación educativa en biología se realiza en menor proporción que para física, química o matemáticas, por lo que existen menos trabajos para los diferentes niveles de enseñanza que analicen el proceso educativo en el aula para biología.

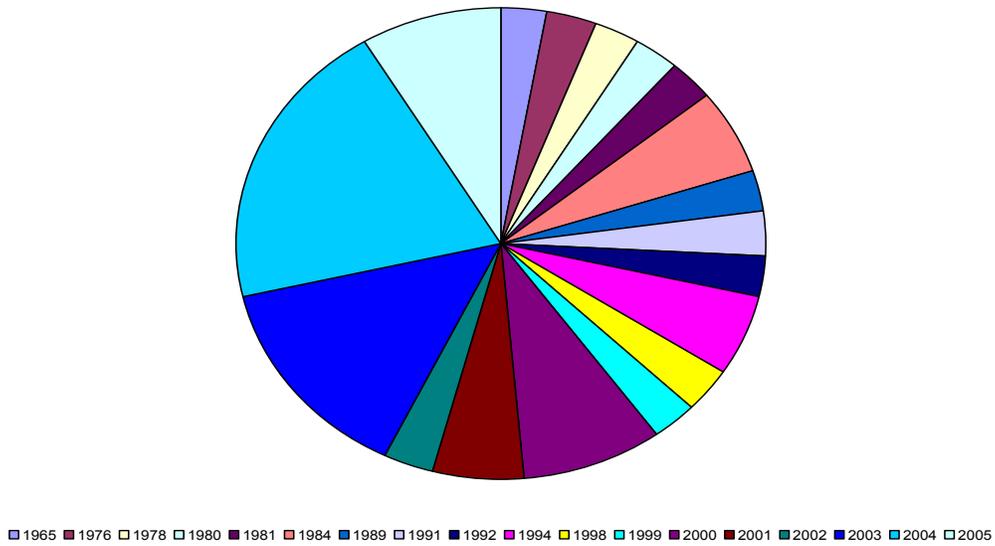
Tabla 1. Trabajos de investigación educativa en Biología, para los niveles de Bachillerato y Superior en México.

| Ámbito de conocimiento | Referencia |
|-------------------------------|---|
| Ecología | Torres, O. S. R. 2005. |
| Nutrición | Tovar, M. Ma. E. y Rubio, R. C.; 2004; Palou, G. E., 2005 |
| Biología Celular | Vega, F. M. M., 1981; Díaz, G. P. 2000 |
| Biología en el bachillerato | Hernández, L. J., 1976; Chamorro, Z. M. A., 1999; Vergara, O. J. 2001; Gutiérrez, M. M. F., 2002; Rangel, R. F., 2003; Hernández, M. M. R., 2003; Valencia, C. B. A.; Tovar, M. Ma. E. y Barba, T. J. F. 2004 |
| Biología I y II CCH | Medicis, P. M. A., 1978; Miravete, N. N., 1980, Antonio, L. R., 1984; García, A. M., 1984; Ríos, D. A., 1991; |
| Célula en el CCH | Coria, A. M. E. I., 1994 |
| Enseñanza: uso de P. C. | Espinosa, L. N., 1992; Moreno, H. J., 1994; Guzmán, Z. Ma. L. 2004 |
| Evolución | Sánchez, M. M. C., 2000 |
| Fotosíntesis | Rosas, B. P., 2000; Pacheco, H. R. M.; Castillo, M. D. y Gunaris, C. G. 2004 |
| Ciencia | Flores, F. <i>et al.</i> ; 2004; López, M. A. D. y Rodríguez, P. D. P. 2004; Flores, C. F., 2005 |
| Formación docente en biología | Álvarez, P. E., 2001; Paul, W. J. E. 2004 |
| Evaluación Programas CCH | Saldaña, G. M. R., 2003 |
| Herencia en el CCH | Tapia, M. L. 1989. |
| Genética | Loeza, E. R., 1965; Pérez, C. M. 1998; Cortes, M. O., 2003; Medina, C. A., 2003 |

GRÁFICA 1. TESIS EN EL ÁREA DE BIOLOGÍA



GRÁFICA 2. TESIS EN EL ÁREA DE BIOLOGÍA



En el extranjero existen diversos trabajos de investigación centrados en el estudio de las causas que dificultan el aprendizaje de los contenidos de genética (revisado en Bugallo Rodríguez, 1995), las cuales abarcan casi tres décadas (Deadman y Kelly, 1978). Dentro del marco del aprendizaje constructivista, se han publicado trabajos de investigación, por un lado, centrados en estudiar las concepciones alternativas que el alumnado tiene sobre determinados conceptos de genética (Kargbo *et al.* 1980; Mahadeva y Randerson, 1982; Hackling y Treagust, 1984; Albadalejo y Lucas, 1988) y por otro lado, centrados en investigar hasta qué punto estas concepciones son derivadas de los libros de texto (Tolman, 1982; Cho, *et al.*, 1985; Martínez-Gracia, *et al.*, 2003). Por último también se han llevado a cabo trabajos de investigación que proponen posibles soluciones o alternativas didácticas (Johnstone y Mahmoud, 1980; Banet y Ayuso, 1995; Bahar *et al.*, 1999; Lewis *et al.*, 2000; Tsai y Huang, 2001; Finley *et al.* citado en Abril, *et al.* 2002).

3. INTRODUCCIÓN

3.1 ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Durante los últimos treinta y cinco años se ha discutido la importancia de una enseñanza de las ciencias, sólida como elemento esencial para la población. En este ámbito se reconoce la existencia de una crisis general derivada de:

- La explosión del conocimiento generado por los científicos, que hace difícil el logro del aprendizaje de la totalidad de este conocimiento (Duschl, 1997).

Por lo tanto, se hace evidente la necesidad de implementar estrategias adecuadas que permitan alfabetizar científicamente a la población.

3.1.1 ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

La inquietud que despierta tan enorme tarea, obliga al examen minucioso de la información teórica con que se cuenta y a interpretar con objetividad los resultados de la investigación y sus implicaciones. A nivel profesional y público se debe estar preparado para llegar a acuerdos compartidos en los temas científicos de impacto para la población (Bugallo, 1995; Lewis y Wood-Robinson, 2000a, 2000b; Marbach-Ad, 2001; Abril *et al.* 2002; Duit y Treagust, 2003; Venville *et al.* 2005).

Millar (1996) en Lewis y Wood-Robinson (2000a), dice que la alfabetización científica es importante por tres características:

- a. Como bien utilitario, ya que se necesita tener cierto conocimiento científico en la vida diaria.
- b. Como parte de la vida democrática, para la toma de decisiones acerca de procesos y aspectos científicos que afectan a la población.
- c. Como parte de la cultura y de las relaciones sociales y, como un bien perteneciente a todos (Lewis *et al.* 1998; Lewis y Wood-Robinson, 2000a; Abril, *et al.* 2002).

La alfabetización científica incluye el desarrollo de capacidades intelectuales que permiten a los individuos entender e interpretar los contenidos científicos que de manera continua reciben de los medios de comunicación, de las publicaciones periódicas, de los centros de investigación, de las universidades e instituciones de educación superior, entre otras (Pearson y Hughes, 1986; Bugallo, 1995; Lewis, *et al.* 1998; Lewis y Wood-Robinson, 2000a; Ayuso y Banet, 2002; Banet y Ayuso, 2003; Knippels, *et al.* 2005).

Para alfabetizar científicamente a la población es preciso proporcionar información básica sobre la cual los individuos, una vez fuera de la escuela, puedan construir sus opiniones; por tal motivo es importante facilitarles los escenarios en los cuales

puedan desarrollar sus habilidades para evaluar dicha información, basados siempre en el entendimiento de los orígenes y naturaleza del conocimiento científico, sin dejar de lado la parte social de éste (Radford y Bird-Stewart, 1982; Gilbert, 1991; Lewis y Wood-Robinson, 2000a; Marbach-Ad, 2001; Banet y Ayuso, 2003; Venville *et al.* 2005).

3.1.2 APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

Para iniciar el análisis sobre la enseñanza de la ciencia se podría partir desde la pregunta ¿qué es la ciencia? que se podría responder como una “manera de mirar al mundo y de pensar en él” (Jiménez y Sanmartí, 1997). Por su parte Pozo y Gómez Crespo (2004); señalan que “la ciencia es un proceso socialmente definido de elaboración de modelos para la interpretación de la realidad”. O bien, de acuerdo con Gilbert (1991), la ciencia es una construcción humana que permite interpretar el entorno e interactuar con él; es una manera de acercarnos a la realidad a través de modelos.

Los alumnos perciben a la ciencia como un cuerpo de conocimientos que tienen que aprender de memoria, conocimientos que no aplican en su vida cotidiana, por lo que la ven desconectada de la realidad, considerándola neutra y objetiva (Cavallo, 1996; Pozo y Gómez Crespo, 2004); esta percepción es errónea y no refleja todo lo que es. Estas ideas se ven reforzadas por la manera en que los profesores la enseñan en las aulas, lo que aunado a planes y programas de estudio extensos difícilmente le permiten al profesor mostrarla como una construcción humana, cambiante y útil (Ayuso y Banet, 2002).

Como consecuencia de la poca conexión de las definiciones y conceptos científicos con la vida cotidiana de los estudiantes, éstos no muestran mucho interés por aprenderla ni por dedicarse a ella en su vida futura. Estudios enfocados en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias muestran que en clases donde la enseñanza se centra en los alumnos a través de actividades de investigación, manipulación de modelos, y otras actividades que los involucran más en su proceso de aprendizaje, se observa un mayor interés por las ciencias.

¿Cómo se puede ir atacando esta percepción de la ciencia?. La visión constructivista de la enseñanza propone un abordaje integral de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales para promover la construcción y reconstrucción de los contenidos científicos por el alumno, los cuales deben ser recuperados a nivel personal para que exista una apropiación de los productos y procesos culturales del grupo al que pertenece el alumno (Cavallo, 1996; Pozo y Gómez Crespo, 2004).

Aprender ciencias es un proceso complejo en el que intervienen muchos factores. Hay alumnos –pocos- que la aprenden con cualquier método aplicado en las aulas, pero la mayoría no.

No se tiene un marco teórico que, como receta, explique cómo hay que enseñar y seguramente no existirá nunca, porque los alumnos, la escuela, el contexto social, cambian continuamente (Sanmartí, 2002). El aprendizaje de la ciencia probablemente se da después de la enseñanza, más que durante ella (Bahar, Johnstone y Sutcliffe, 1999a, 1999b).

La enseñanza de las ciencias debería proporcionar a los alumnos oportunidades para experimentar con ella como un cuerpo de conocimientos y como un proceso de generación y desarrollo de conocimientos; los estudiantes deberían aprender hechos, leyes y teorías y la forma de trabajar de la ciencia (Duit, Widodo y Müller, 2002).

El aprendizaje de las ciencias supone pasar de posiciones más o menos realistas, es decir, de aquellas en las que creemos que el conocimiento describe la realidad como tal, a posiciones más constructivistas, es decir, al punto de vista que dice que todo conocimiento es un modelo o aproximación relativo a determinadas condiciones de aplicación y activación, que se dirigen hacia la comprensión de la complejidad que nos rodea (Pozo, 1999). La enseñanza de las ciencias debería promover maneras de pensar y no sólo enseñar los conocimientos y hechos que se generan como inmutables (Zohar y Nemet, 2002).

Los profesores que se dedican a dicha enseñanza deben hacer explícitas las interrelaciones que existen entre las diferentes áreas que la integran y servir de puente entre el conocimiento generado por la ciencia y los alumnos que están aprendiendo ciencia, sin dejar de tomar en cuenta la etapa de desarrollo cognitivo de los estudiantes y haciendo hincapié en la utilidad de éste a través de su aplicación en la vida diaria.

Las concepciones alternativas son una barrera más que limita la enseñanza de las ciencias. Estas concepciones alternativas o ideas previas se producen cuando los estudiantes tratan de reconciliar las piezas inconsistentes de información que les proporciona el profesor, produciendo un modelo mental sintético (Vosniadou, 1994).

La investigación al respecto de la concepciones alternativas, confirma lo que dice Ausubel acerca del conocimiento previo, como el factor que más influye en el aprendizaje (Moreira y Greca, 2003).

Hodson (1993), citado por Gericke y Hagberg (2002), dice que la enseñanza de las ciencias tiene tres propósitos: el primero es “aprender de la ciencia”, es decir, entender los productos, los conceptos, los modelos, las teorías; el segundo es “aprender acerca de la ciencia”, es decir, la naturaleza, la historia y los métodos de la ciencia; y el tercero “aprender a hacer ciencia”, es decir, desarrollar habilidades en la práctica de la investigación científica (Banet y Ayuso, 2003).

En la enseñanza de la ciencia, los profesores utilizan investigaciones con resultados conocidos, para recrear el quehacer científico a través de la elaboración de hipótesis, guiando a los alumnos durante este proceso, mientras que los científicos hacen conjeturas o hipótesis acerca de hechos en los cuales aún no existe un acuerdo entre la comunidad científica. Este tipo de analogías entre el quehacer científico y cómo los alumnos pueden aprender ciencia y alcanzar el cambio conceptual debe hacerse con cuidado (Caravita y Halldén, 1994; Tiberghien, 1994; Pozo, 1999).

De acuerdo con Bachelard, citado en Flores (2004), los conceptos científicos no sólo se transforman, sino que tienen papeles y significados diferentes, dependiendo de las teorías en las cuales se encuentran inmersos dichos conceptos científicos, que no son entidades aisladas, sino que se encuentran relacionados en un entramado teórico o explicativo al cual pertenecen.

Además de las dificultades que presenta la enseñanza de las ciencias, nos enfrentamos también a programas escolares de ciencia muy extensos, con un tiempo de revisión muy limitado, lo que no permite hacer evidentes las interrelaciones de las diferentes áreas científicas, por lo que se abordan los contenidos de manera descontextualizada, lo que hace difícil alcanzar la meta de “ciencia para todos”.

En el trabajo que realizan los profesores de ciencia existen tres aspectos importantes que se deben considerar:

- Primero: la ciencia como una actividad colaborativa, en la que se hace énfasis en el trabajo que los diferentes equipos de científicos llevan a cabo para la resolución de problemas particulares; procesos en los cuales el desarrollo del conocimiento involucra la negociación de significados.
- Segundo: los científicos utilizan el conocimiento frecuentemente en forma de modelos explicativos, para la construcción de nuevo conocimiento a través de la revisión de los modelos propuestos y
- Tercero: la comprensión científica de los problemas y su resolución mediante el cambio de estrategias durante la construcción del conocimiento. En la práctica científica los nuevos conocimientos se generan y negocian en un contexto social, en respuesta a problemas que surgen con los modelos existentes (Caravita y Halldén, 1994; Finkel, 1996; Gericke y Hagberg, 2002).

Además de los puntos anteriores, es importante tomar en cuenta las relaciones que existen entre alumnos, ya que la interacción de grupo permite negociar ideas con personas de su misma edad y a través de la discusión, los puede ayudar a

alcanzar niveles más altos de pensamiento abstracto (Caravita y Halldén, 1994; Ayuso y Banet, 2002).

3.1.3 EL CAMBIO CONCEPTUAL

En todo proceso educativo, la meta de los profesores es que sus alumnos logren aprendizajes significativos, es decir, conocimientos que integren a su estructura cognitiva y que hagan uso de ellos en diferentes escenarios.

La adquisición y retención de grandes cuerpos de conocimientos constituyen realmente un fenómeno muy impresionante, si se considera que los seres humanos, en primer lugar pueden aprender e inmediatamente recordar sólo unos pocos objetos discretos de información que se presentan en un solo momento, y en segundo lugar, que la memoria para los conocimientos aprendidos por repetición, que reciben representaciones múltiples, es notoriamente limitada y depende del tiempo y la longitud de lo que se desea memorizar (Ausubel, Novak y Hanesian, 2003).

El cambio conceptual se define como el aprendizaje que cambia algunas concepciones existentes (Chi, Slotta y Leeuw, 1994). Duit y Treagust (2003), comentan que el cambio conceptual denota caminos de aprendizaje de concepciones pre-instruccionales de los estudiantes a conceptos científicos que serán aprendidos.

Muchos conceptos científicos están incluidos tanto en la categoría ontológica de materia como de proceso (de acuerdo a la clasificación de Chi, Slotta y Leeuw, 1994), así el que aprende debe alternar entre estas dos categorías conceptuales para tratar de entender los conceptos que se les enseñan.

Se sabe que los conceptos están inmersos en grandes estructuras que los mantienen fuertemente relacionados. No se puede pensar en los conceptos como entidades aisladas, que tienen límites claros para su revisión; por tal motivo el cambio conceptual tendría que pensarse como una modificación gradual de los modelos mentales del mundo físico, ya sea a través su enriquecimiento o de su

revisión. El enriquecimiento involucra la adición de información a estructuras conceptuales ya existentes, y la revisión involucra cambios en las creencias individuales o presuposiciones o cambios en relación a la estructura de una teoría (Vosniadou, 1994).

Dentro de las dificultades que existen para dirigir el cambio conceptual en los alumnos, está la dificultad para asignar límites claros a los conceptos, aún en los que parecen estar muy bien “delimitados”, pues, no hay que olvidar que son parte de un amplio campo de conocimiento y guardan relación con ciertas estructuras de pensamiento. Existe también el problema de las relaciones que existen entre la categorización que se hace de los conceptos y las teorías que le da un significado y una reorganización a la estructura de pensamiento, lo cual es más importante que el análisis de los objetos y sus atributos. De hecho, es primordial considerar la estructura global de las categorías conceptuales básicas; por último también se debe considerar la influencia mutua que tienen el lenguaje y el desarrollo conceptual (Caravita y Halldén, 1994; Vosniadou, 1994).

El cambio conceptual se entendería mejor como un cambio en la representación de un fenómeno y una modificación continua de los modelos que representan a los objetos del fenómeno.

Debido a lo anterior se puede decir que el progreso en el conocimiento está por consiguiente, íntimamente vinculado con la secuencia progresiva de interpretantes de un fenómeno estudiado y del contexto en el que éste se estudia (Flores, 2005).

Dicho cambio conceptual se entiende entonces como el aprendizaje que requiere una reestructuración del conocimiento de los estudiantes y no simplemente la adquisición de piezas nuevas de información; este proceso, que involucra la incorporación de información significativa, ayudará a modificar el marco conceptual inicial de los alumnos (Pozo, 1999; Banet y Ayuso, 2000; Rodrigo y Pozo, 2001; Gallegos, García-Franco y Calderón, 2004).

En la propia historia del cambio científico, los avances en ciencia han procedido no tanto en la sustitución de unas ideas por otras, sino en la modificación de las relaciones entre lo que se conoce hasta el momento y las ideas nuevas, que son las que determinan su significado, siempre con el consenso de la comunidad científica (Tiberghien, 1994; Vosniadou, 1994; Rodrigo y Pozo, 2001)

Los esquemas de conocimiento son utilizados según el contexto en el cual se encuentre la persona. El cambio conceptual requiere construir estructuras conceptuales más complejas a partir de otras más simples y probablemente establecer usos diferenciales para cada uno de los contextos de aplicación de las teorías que se revisan con los alumnos. Se debe considerar también el lenguaje como medio de expresión a través del cual se hace patente el uso de los conocimientos adquiridos e integrados a la estructura cognitiva (Caravita y Halldén, 1994; Vosniadou, 1994; Oliva, 1999; Rodrigo y Pozo, 2001; Moreira y Greca, 2003; Pozo, 1999, 2005; Jiménez, 2005).

El cambio conceptual se entiende entonces como un proceso de reestructuración sólo si hay conocimientos o estructuras conceptuales necesarias desde el punto de vista cognitivo y por lo tanto estas estructuras conceptuales no son arbitrarias pero pueden ser reconstruidas por la práctica y el aprendizaje (Vosniadou, 1994; Pozo, 2005).

En la teoría del cambio conceptual, las estrategias de enseñanza deben tomar en cuenta los modelos mentales iniciales de los alumnos, para relacionar las teorías del aprendizaje, las estrategias didácticas y las condiciones de apoyo como el aula, la motivación, los intereses de los alumnos, el centro escolar. El cómo construyen el conocimiento los alumnos, debe considerarse dentro del diseño de la estrategia (Gallegos, García-Franco y Calderón, 2005).

Se tiene entonces que no hay una sola forma de entender una teoría debido a que ésta tiene muchas conceptualizaciones posibles en un doble sentido, tal como se ha mencionado. Se ve entonces que:

■ Una misma teoría se plasma en diferentes modelos mentales de acuerdo a las edades, tareas y tipos de nociones implicadas.

■ Una teoría no se agota desde una sola perspectiva sino que existe todo un conjunto de interpretaciones alternativas de la misma.

El llamado cambio conceptual no se basa tanto en la sustitución de una representación por otra, sino más bien en su multiplicación.

De acuerdo con Lewis (2004), existen condiciones que mejoran la posibilidad de llevar a los alumnos al cambio conceptual como:

1. Si existe insatisfacción con la concepción existente.
2. Si la nueva concepción parece inteligible para el que aprende.
3. Si parece plausible, es decir, si les ofrece una mejor explicación que la anterior y
4. Si parece productiva (Caravita y Halldén, 1994; Duit y Treagust, 2003; Moreira y Greca, 2003; Pozo, 2005).

Hay que considerar que los estudiantes y no los maestros toman la decisión acerca del estatus conceptual, es decir, para que se considere un concepto como inteligible, los estudiantes deben saber qué significa, para poder describirlo en sus propias palabras (Duit y Treagust, 2003).

De acuerdo a la teoría del cambio conceptual, el aprendizaje está inmerso en un proceso de cambio, el cual es un proceso mental de los sujetos que aprenden y que implica la transformación de diversos aspectos conceptuales y/ o cognitivos; este proceso de cambio conceptual requiere de un tiempo no especificado y no se promueve de manera inmediata (Flores, 2005).

El marco teórico predice que el proceso del cambio conceptual será un cambio gradual y presentará una mejoría en el manejo de las concepciones alternativas o modelos sintéticos. El cambio conceptual se desarrolla a través de la revisión gradual de las creencias en marcos teóricos específicos (Vosniadou, 1994). Se

falla en el logro del cambio conceptual, porque los profesores no logran que sus alumnos reconcilien los marcos explicativos fundamentales y contradictorios para ellos.

3.1.4 ESTRATEGIAS UTILIZADAS EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS.

Para favorecer la enseñanza de las ciencias, los profesores han recurrido a diversas estrategias como: actividades experimentales, revisión histórica de la ciencia, resolución de problemas auténticos, uso de analogías, organizadores gráficos, ilustraciones, mapas y redes conceptuales (Zohar y Nemet, 2002; Ayuso y Banet, 2002; Díaz-Barriga y Hernández, 2002). Estrategias que se incluyen en diversos modelos de enseñanza como el aprendizaje por descubrimiento, la investigación dirigida, el modelo expositivo con discusión y el conflicto cognitivo.

3.2 ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA

En todos los niveles de instrucción, desde primaria hasta bachillerato e incluso a nivel licenciatura existen dificultades en el aprendizaje de la física, química, matemáticas y biología (Cho, Kahle y Nordland, 1985; Kinfield, 1991; Fontes y Duarte, 1992; Banet y Ayuso, 1995; Ayuso, Banet y Abellán, 1996; Lewis, *et al.* 1998).

La biología como otras ciencias abordadas en la escuela, presenta dificultades en su enseñanza y aprendizaje, siendo el sistema nervioso central, órganos de los sentidos y coordinación, transporte del agua en plantas y la genética, las áreas percibidas por los alumnos como de mayor dificultad. Dentro de los temas más difíciles de asimilar están: las cruzas monohíbridas y dihíbridas, linajes, ingeniería genética, control genético del desarrollo y procesos metabólicos, meiosis, gametos, alelos y genes (Bahar, *et al.*, 1999a).

Muchas de las dificultades de la enseñanza de la biología se derivan del tipo de fenómenos estudiados por esta ciencia, pues todos son multifactoriales y multicausales, lo que lleva a tener más de una posible respuesta para cada hecho estudiado. Como parte importante de estos problemas está la manera de enseñar

la materia por parte de los profesores, los cuales tendrían que considerar los problemas del lenguaje, vocabulario, contenidos matemáticos, semejanza de algunos temas y el tiempo que se tiene para su revisión en el aula (Bahar, *et al.* 1999a).

Dentro de las estrategias que los profesores de biología han utilizado para el aprendizaje están: trabajo de laboratorio, uso de lecturas, modelos, trabajo de campo, material audiovisual e ilustraciones, uso de material multimedia y mapas conceptuales (Serrano, 1987; Nicholl y Nicholl 1987; Del Carmen, 1997; Tsui y Treagust, 2002); sin embargo existen pocos trabajos que investiguen el impacto de otras estrategias en la instrucción de los alumnos.

3.3 ENSEÑANZA DE LA GENÉTICA.

La genética se ha destacado por ser una de las áreas de la biología más difíciles de enseñar y aprender (Hackling y Treagust, 1984; Cho, Kahle y Nordland, 1985; Pearson y Hughes, 1986; Pashley, 1994b; Ramarogo y Wood-Robinson, 1995; Ayuso, Banet y Abellán, 1996; Bahar, *et al.* 1999a; Sigüenza, 2000; Marbach-Ad, 2001; Tsui y Treagust, 2002; Gericke y Hagberg, 2005; Knippels *et al.*, 2005).

Dentro de esta área, los temas más difíciles de aprender son:

- a. Los conceptos de genes, alelos, cromátidas y cromosomas
- b. Genética mendeliana
- c. El proceso de meiosis
- d. La replicación del DNA y su relación con la meiosis
- e. El proceso de mitosis
- f. La división celular (Radford y Bird-Stewart, 1982; Longden, 1982; Kindfield, 1994; Bugallo, 1995).

Mayr (2000), considera que la genética es un aspecto central de la biología, porque explica la habilidad de las formas vivas para replicarse. Aun cuando se reconozcan las dificultades que la genética plantea a los profesores y alumnos,

existe un amplio consenso acerca de la necesidad de incluir contenidos básicos sobre la herencia, en los diferentes niveles educativos (Banet y Ayuso, 1995).

Los problemas en la enseñanza y aprendizaje de la genética se derivan de los niveles de organización en que los conceptos genéticos se encuentran. Dichos conceptos se asignan a tres niveles: el nivel macroscópico, cuando se habla del fenotipo; el nivel microscópico cuando se habla de cromosomas y el submicroscópico o molecular cuando se habla de genes y de la molécula del DNA. Además se puede agregar, el nivel simbólico cuando se enseñan las Leyes de Mendel, en las cuales las letras utilizadas tienen un significado específico (Marbach-Ad y Stavy, 2000; Knippels, 2005).

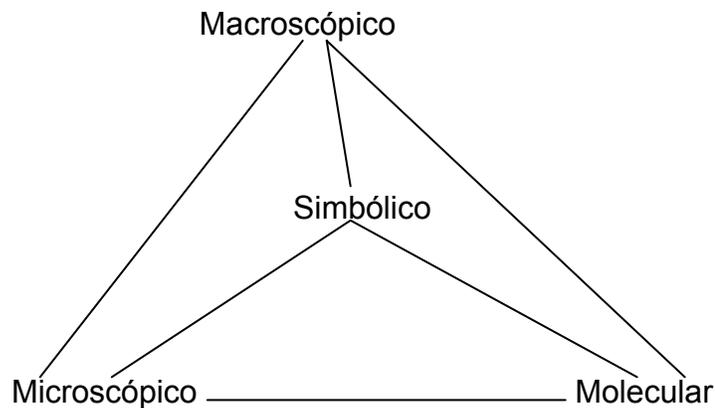


Fig. 1. Niveles en los que se mueve el conocimiento en Genética. Modificado de Marbach-Ad y Stavy, 2000.

La problemática del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, incluye la manera en que los profesores imparten los temas; el vocabulario que se emplea es nuevo para los alumnos y lo tienen que memorizar en poco tiempo; no se toman en cuenta los diferentes niveles en los que se insertan los conceptos genéticos para las actividades planeadas en el aula. Además, no se considera el

desarrollo cognitivo de los alumnos, que de acuerdo con Piaget, presentan pensamiento concreto y esbozos de pensamiento formal, que implica la abstracción del pensamiento, necesario para la comprensión de la genética. Se ha documentado en diversas investigaciones que los alumnos usan como su referente el nivel macroscópico, es decir, los alumnos entienden mejor lo que pueden ver (Hackling y Treagust, 1984; Lawson y Thompson, 1988; Bugallo, 1995; Ayuso, Banet y Abellán, 1996; Bahar, Johnstone y Sutcliffe, 1999a, 1999b; Sigüenza, 2000; Marbach-Ad, 2001; Knippels *et al.* 2005).

Una vez revisados los temas en clase, de manera descriptiva -lo que resulta insuficiente para entender los conceptos genéticos-, se pide a los alumnos que los integren a sus conocimientos previos, la mayoría de las veces sin ofrecerles la ayuda necesaria para esta integración y modificación (Radford y Bird-Stewart, 1982; Kindfield, 1991; Pashley, 1994a, 1994b; Burns, 1995; Ramarogo y Wood-Robinson, 1995; Bahar, *et al.* 1999a; Banet y Ayuso, 2000; Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000e; Tsui y Treagust, 2004). Al no facilitar este tránsito entre los niveles en los cuales se mueve el conocimiento genético, los alumnos realizan extrapolaciones de conocimiento erróneas, por ejemplo, pensar que la función del núcleo en la célula es similar a la función del cerebro en el cuerpo (Karbo, Hobbs y Erickson, 1980; Marbach-Ad y Stavy, 2000).

Estudios referidos a la problemática de la enseñanza de la genética, han demostrado que los estudiantes de secundaria y bachillerato confunden los términos alelos, genes y cromosomas, e intercambian alelo por gen o cromosoma; además, se ha observado que aunque estos términos les resultan familiares, no pueden utilizarlos. Saben, por ejemplo, que las características son determinadas por los genes y piensan que éstos las contienen en miniatura, pero saben poco acerca de por qué los genes proporcionan información, cuál es su función y dónde se encuentran físicamente; no entienden que el código genético es el “lenguaje a través del cual la información del gen puede traducirse en un producto génico”; consideran al gen y al cromosoma como equivalentes; asocian dichos conceptos como un medio para la identificación de los individuos, pero no entienden su

función biológica; ignoran la naturaleza de los cromosomas y la relación que tienen con los genes; no reconocen que el gen tiene una localización específica en el cromosoma, y no relacionan lo anterior con la localización de la información genética; al no tener claridad en lo referente a la estructura del cromosoma, los conceptos de ploidía, mitosis y meiosis resultan incomprensibles y sólo son memorizados (Longden, 1982; Hackling y Treagust, 1984; Engel y Wood-Robinson, 1985; Cho, Kahle y Nordland, 1985; Pearson y Hughes, 1986; Nicholl y Nicholl, 1987; Brown, 1990; Kindfield, 1991, 1994; Pashley, 1994a, 1994b; Caravita y Halldén, 1994; Banet y Ayuso, 1995, 1998, 2000; Ayuso, Banet y Abellán, 1996; Martins y Ogborn, 1997; Lewis *et al.* 1998; Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000b, 2000c, 2000d, 2000e; Marbach-Ad, 2001; Abril *et al.*, 2002; Ayuso y Banet, 2002; Banet y Ayuso, 2003; Lewis, 2004; Venville, Gribble y Donovan, 2005; Knippels *et al.* 2005).

La idea de que los genes pasan de padres a hijos, es una experiencia cotidiana para los estudiantes, quienes los representan como partículas en los cromosomas o parte de una molécula de DNA, y que constantemente surgen en las pláticas con profesores, en modelos, en diagramas de libros de texto y en fotos. Como Driver *et al.* (1985) citado por Tsui y Treagust (2004) apuntan, el gen es un tema común en niños que exhiben ideas alternativas acerca de la ciencia, a través de su “pensamiento perceptual dominante”, que inclusive muchos profesores de ciencias presentan (Martins y Ogborn, 1997).

Dado que los alumnos tienen una concepción del gen como una partícula que lleva las características del organismo, se tienen los siguientes problemas de enseñanza:

- ◆ Refuerzan la idea de que el fenotipo y genotipo actúan al mismo nivel. La atención de los alumnos se enfoca al fenotipo, que se visualiza más fácilmente que el genotipo, que es más abstracto, lo que los lleva a pensar que el genotipo y fenotipo son el reflejo uno del otro; por lo tanto los llevaría a pensar de manera implícita, en la creencia de que la información genética en una

célula está específicamente relacionada con su función (Martins y Ogborn, 1997; Lewis, 2004).

Otra dificultad detectada en los alumnos, es que no tienen una visión coherente de las relaciones genéticas que se presentan entre células de un mismo organismo, lo que puede deberse a la forma de enseñanza descontextualizada y fragmentada que utilizan sus profesores; el conocimiento que se les ofrece es de “hechos”, pero no se les proporciona un marco conceptual adecuado de trabajo, que les permita darle sentido a lo que aprenden, dado que estas nuevas ideas son contraintuitivas (Pashley, 1994a, 1994b; Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000c, 2000d; Venville, Gribble y Donovan, 2005).

Debido a esta confusión, los alumnos no logran diferenciar entre células somáticas y germinales. La explicación más común, es que la información genética dentro de una célula está determinada por su estructura, función y posición en el organismo, es decir, piensan que cada célula porta diferente información genética; también tienen la idea de que la información genética sólo se encuentra en los gametos, que se encuentra en diferente cantidad y se hereda con fuerzas diferentes (Karbo, Hobbs y Erickson, 1980; Banet y Ayuso, 1998, 2000; Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000c, 2000d, 2000e; Ayuso y Banet, 2002; Banet y Ayuso, 2003).

Los conceptos básicos no sólo son importantes para entender la herencia, sino también para entender los principios básicos de la clonación, la selección de la progenie y la ingeniería genética. Por tal motivo, es importante incluir conocimientos básicos acerca del gen como una porción del DNA que especifica un producto particular y que tiene una localización en el cromosoma; que es copiado en cada división celular y que el lenguaje que se usa para leer el código genético es universal, es decir, el mismo lenguaje es usado por todos los organismos. En resumen, que el DNA es la pieza clave de la biología moderna y, a pesar de las dificultades que representa su enseñanza, es una molécula relativamente sencilla y con ella es fácil entusiasmar a los alumnos en los temas

genéticos, porque además, existe la ventaja de que es la más utilizada por los medios de comunicación (Burns, 1995; Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000b).

Sin los conceptos básicos y una carencia de cualquier noción de los “switches” de los genes (que pueden prenderse y apagarse de acuerdo a las necesidades), la idea de que las células con diferentes estructuras y funciones deberían tener la misma información queda dentro de lo intuitivo. (Hackling y Treagust, 1984; Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000c, 2000e; Lewis, 2004).

Otros problemas asociados con la enseñanza y el aprendizaje de la genética pueden encontrarse en los libros de texto utilizados por los profesores; en ellos se han detectado importantes errores conceptuales, como la mala utilización de los términos alelo, gen y mutación, lo cual lleva a los alumnos a reforzar sus concepciones alternativas. Así mismo, no presentan de manera adecuada el contexto probabilístico de la conducta de los cromosomas, por lo que no pueden realizar bien las cruces cuando se están revisando las Leyes de Mendel. De la misma manera incluyen procesos complejos como la síntesis de proteínas o la ingeniería genética, sin reconocer la importancia de los conceptos básicos que deben entenderse, antes de abordar estos procesos. Se ha observado también confusión, entre la terminología técnica y el cuerpo de conocimientos que se denomina genética moderna (Cho, Kahle y Nordland, 1985; Pearson y Hughes, 1986, 1988; Bugallo, 1995; Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000e; Knippels *et al.* 2005).

Los procesos genéticos con problemas de enseñanza, incluyen las diferencias entre mitosis y meiosis; los estudiantes no tienen muy clara la naturaleza de la diferencia en términos del número de cromosomas o de información genética, dicha confusión se debe a la similitud de las palabras. De manera particular hablando de la reproducción sexual se detecta confusión entre el proceso de fecundación y el mecanismo asociado a este proceso, es decir, la cópula en animales y la polinización en plantas (Kindfield, 1994; Banet y Ayuso, 1998, 1995,

2000; Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000d). Sin embargo sí reconocen que los animales tienen reproducción sexual (Banet y Ayuso, 1998).

En lo que a plantas se refiere existen dificultades de comprensión como las siguientes:

- ✚ Perciben a las plantas como capaces de realizar la reproducción sexual o asexual, pero no ambas.
- ✚ No comprenden la relación entre la fecundación cruzada y la autofecundación, entre fecundación cruzada y reproducción sexual y entre autofecundación y reproducción asexual.
- ✚ Desconocen el origen de las semillas.
- ✚ Dudan de la existencia de cromosomas en plantas.
- ✚ Cuestionan la existencia de células en plantas.

La fuente de todos estos problemas podría deberse a no entender qué son y qué hacen los cromosomas, así mismo los estudiantes asumen que la replicación sólo ocurre después de que han sido repartidos los cromosomas y la célula se ha dividido, lo que limita su habilidad para entender la continuidad de la información genética entre ellas (Engel y Wood-Robinson, 1985; Banet y Ayuso, 1998, 2000; Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000d).

Para comprender a Mendel, los alumnos necesitan entender la segregación, la diploidia y la dominancia. Un error que cometen los profesores que enseñan las leyes mendelianas, es reforzar la idea de que para cada gen sólo hay dos alelos, aunque en muchos casos no ocurre así, por ejemplo los tipos sanguíneos y el color de ojos. Necesitan también apreciar la relación gen-alelo, lo que les permitiría ver que los alelos pueden ser dominantes o recesivos, con lo cual entenderían las condiciones heterocigotas y homocigotas en los organismos (Radford y Bird-Stewart, 1982; Pashley, 1994a; Banet y Ayuso, 1998). La genética

en este caso requiere también de ciertas habilidades matemáticas y una aproximación más analítica por parte de alumnos y profesores (Karbo, Hobbs y Erickson, 1980; Radford y Bird-Stewart, 1982).

Además de las dificultades que representa el aprendizaje de los conceptos en genética, los medios de comunicación contribuyen de manera importante a la problemática existente, debido a que refuerzan sus concepciones alternativas. La información que les llega está llena de folcklore y de supersticiones. Por ejemplo, se tiene la creencia de que uno de los progenitores contribuye más que el otro en cuanto a su información genética. Se ha visto que esas preconcepciones tienen su origen en la observación de los patrones de la herencia en humanos, mascotas y parcialmente en fuentes de aprendizaje como la T.V., libros, revistas, comics, juegos electrónicos, películas, telenovelas, de los programas de educación sexual que se brindan en los centros escolares, así como de sus padres y de su contexto cultural (Engel y Wood-Robinson, 1985; Ramarogo y Wood-Robinson, 1995; Abril *et al.*, 2002; Venville, Gribble y Donovan, 2005).

Por ejemplo, Nelkin y Lindee citado en Venville *et al.* (2005) explican que el gen no es solamente un concepto científico, es también un icono cultural, un símbolo social muy fuerte. Dentro de la cultura popular el gen aparece para explicar una gran cantidad de características humanas que van de la obesidad a las preferencias de vestir; el DNA se considera como algo independiente del cuerpo, fundamental para la identidad y con la capacidad suficiente para explicar las diferencias individuales, el orden moral y la fe humana. La narrativa de la cultura popular describe a los genes como los responsables de dictar nuestras miradas, salud, conducta e inteligencia y hay una expectación cultural de que éstos unen unos individuos con otros, determinando conexiones emocionales y lazos sociales. Estas imágenes populares forman una foto interesante de que los genes son algo poderoso, determinístico y central para entender las conductas diarias y el “secreto de la vida”.

Una limitante más para el aprendizaje de los temas genéticos, es el tiempo que se le dedica a su enseñanza. Al hacer una revisión de los programas de la asignatura, se ve que los experimentos que podrían ser utilizados para estos temas requieren de semanas o meses, cosa imposible de hacer en un ciclo escolar, donde hay que cubrir un programa extenso en un tiempo corto; sin olvidar que sus marcos cotidianos representan una barrera para el aprendizaje, ya que a través de ellos tratan de explicarse el contexto científico (Radford y Bird-Stewart, 1982; Lewis, 2004).

Cho, Kahle y Nordland (1985), resumieron cuatro grandes factores que se encuentran relacionados con las dificultades en la enseñanza de la genética: la secuencia de lo que se explica, la relación entre meiosis y genética, así como el conjunto de relaciones entre los conceptos que son básicos para entenderla; el uso de los términos y elementos matemáticos en genética.

3.3.1 PROBLEMAS EPISTEMOLÓGICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA GENÉTICA.

La enseñanza para el logro del cambio conceptual acerca de los genes, de acuerdo a Chi (1992) citado por Tsui y Treagust, 2004, se desarrolla en tres etapas: en la primera etapa por adquisición, los alumnos aprenden los atributos del concepto de gen en una nueva categoría ontológica (proceso), como información en el DNA e instrucciones para hacer proteínas como productos. En una segunda etapa, aprenden algunos conceptos individuales como la replicación del DNA, la estructura y el proceso involucrado en el mecanismo de la síntesis de proteínas. Finalmente, en la tercera etapa, tienen que reasignar genes a esta nueva categoría ontológica. Sin embargo en el aprendizaje de los genes, debe permitírseles ambos significados, el nuevo –dentro de la categoría de procesos- como el viejo –dentro de la categoría de materia-, para que coexistan y puedan acceder a ellos de acuerdo al contexto (Tsui y Treagust, 2002, 2004; Flores, 2005).

Desde el punto de vista epistemológico las concepciones de los alumnos acerca de los genes, son ontológicamente incompatibles con las concepciones científicas. Chi (1992) citado por Tsui y Treagust, (2004) propuso las tres categorías ontológicas básicas de las entidades físicas en el mundo: materia, procesos y estados mentales (Duit y Treagust, 2003).

Aplicando estas categorías para evaluar los conceptos genéticos, se tiene que en el aprendizaje de esta área, los estudiantes conceptualizan a los genes como partículas en un cromosoma o una sección de una molécula de DNA, esto es, el gen pertenece a la categoría ontológica de materia, pero se trata también de un grupo de secuencias productivas de instrucciones para la síntesis de proteínas, por lo que los genes pueden pertenecer a la categoría ontológica de procesos. De acuerdo a los atributos de las categorías, definidas por Chi *et al.* (1994), los genes pueden pertenecer a las tres subcategorías de procesos que son: procedimientos, eventos e interacciones forzadas. Los genes involucrados en la meiosis (división celular que produce gametos) pertenecen a la subcategoría de procedimientos, porque tienen una secuencia, y a la subcategoría de eventos, porque tienen un principio y un fin. Las instrucciones en un gen son ejecutadas para producir una proteína solamente y éstas son definidas por sus relaciones limitadas a algunos estados del gen -dominante o recesivo- y por las fuerzas ambientales –por ejemplo la necesidad de un precursor químico o la luz, para producir el producto proteínico-; así pues, los genes pertenecen a las interacciones con base limitada que pertenece a la subcategoría de procesos (Chi, Slotta y Leeuw, 1994; Martins y Ogborn, 1997; Tsui y Treagust, 2002; Gericke y Hagberg, 2002; Tsui y Treagust, 2004).

Siguiendo con el análisis ontológico de los genes, éstos pertenecen también a la categoría materia y como Chi *et al.* (1994) citado por Tsui y Treagust, (2004), explicaron, la confusión puede surgir cuando se trata de situar al gen en una sola categoría ontológica, lo cual se debe a las interacciones que tiene este concepto, que involucra componentes de las otras categorías ontológicas, como la de proceso. Los estudiantes no pueden alcanzar el cambio conceptual debido a esta

confusión en las cuales un concepto puede moverse (Chi, Slotta y Leeuw, 1994; Tsui y Treagust, 2002).

Por un lado, la concepción de genes como partículas –en la categoría ontológica de materia- proporciona una relación analógica para explicar el mecanismo y la resolución de problemas de herencia mendeliana y por el otro, la concepción de genes como un conjunto de instrucciones para hacer proteínas –en la categoría ontológica de procesos- proporciona la explicación metafórica para el mecanismo universal de cómo el DNA o los genes controlan las características de cualquier organismo a través de la replicación y la síntesis de proteínas; esto involucra, en consecuencia, un cambio en la creencia de los alumnos acerca de los genes como partículas en los cromosomas (materia), que son además un grupo de instrucciones para hacer proteínas como productos (procesos) (Martins y Ogborn, 1997; Tsui y Treagust, 2004).

No es desfavorable que ambas ideas coexistan –la científica y la cotidiana- para usarlas y predecir eventos diarios; sin embargo, para entender cómo funcionan los genes, los estudiantes también deberían tener una conceptualización de los genes como proceso. Estudios en investigación educativa de Hackling y Treagust (1984) y Venville y Treagust (1998), citado en Tsui y Treagust (2004) muestran que al aplicar un instrumento de evaluación sobre conceptos biológicos, con preguntas tales como: ¿Qué sabes acerca del gen? en un pretest, y después de haber estudiado genética por unas semanas regresar y preguntar ¿Después de haber estudiado genética en tu escuela, qué sabes acerca de los genes? en el postest, las concepciones de genes antes y después de las actividades planeadas y realizadas en el aula presentaron cambios pero no hubo progreso en el nivel de complejidad esperado por los investigadores.

De acuerdo con Venville y Treagust (1998), citado en Tsui y Treagust (2004) las concepciones más complejas del gen son la de “secuencias de instrucciones productivas”. No hay un cambio conceptual radical a través de categorías ontológicas, de materia a proceso. La concepción de gen siendo una partícula

activa –materia- es ontológicamente incompatible con una concepción de gen compleja, como un conjunto de instrucciones que llevan a un proceso.

3.3.2 ESTRATEGIAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA GENÉTICA

Como parte de las estrategias para mejorar la enseñanza de la genética es necesario revisar los aspectos probabilísticos y observacionales de la evolución, interrelacionados con los procesos genéticos, para ayudar a entender la variación de los organismos a través de las mutaciones; utilizar un mayor número de experiencias prácticas; dar ejemplos de la vida cotidiana; evitar el uso ambiguo de la terminología en genética, ya que se usa como equivalente gen y alelo cuando son conceptos diferentes (Radford y Bird-Stewart, 1982; Longden, 1982; Engel y Wood-Robinson, 1985; Jiménez y Fernández, 1987; Nicholl y Nicholl, 1987; Lawson y Thompson, 1988; Brown, 1990; Kindfield, 1991; Pashley, 1994a, 1994b; Ramarogo y Wood-Robinson, 1995; Banet y Ayuso, 1998, 2003; Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000e; Abril *et al.*, 2002; Ayuso y Banet, 2002; Lewis, 2004; Jiménez, 2005; Venville, Gribble y Donovan, 2005).

En el proceso educativo, los profesores tienen que hacer explícitos los conceptos y sus relaciones, para guiar a los estudiantes a través del contexto genético y lo que ello implica; ofrecer experiencias educativas suficientes para que los alumnos comprendan los conceptos y las estructuras básicas, en caso contrario no lograrán entender los conceptos básicos, lo que traerá como consecuencia dificultades para entender los temas relacionados con la herencia. Por ejemplo, pueden hacer los cuadros de Punnett, aunque no comprendan su significado y presentar dificultades para comprender el concepto de herencia ligada al sexo (Kindfield, 1991; Banet y Ayuso, 1995, 1998; Cavallo, 1996; Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000a, 2000b; Sigüenza, 2000; Ayuso y Banet, 2002; Banet y Ayuso, 2003; Knippels *et al.* 2005; Jiménez, 2005).

Lewis, Leach y Wood-Robinson (2000c), recomiendan a los profesores que al preparar las clases de herencia se expliciten las ideas identificadas y se interrelacionen en un marco conceptual coherente para así dejar que los alumnos

construyan sus conocimientos de acuerdo a lo que entiendan acerca de la genética y herencia (Karbo, Hobbs y Erickson, 1980; Engel y Wood-Robinson, 1985; Ayuso y Banet, 2002; Banet y Ayuso, 2003).

Para alcanzar lo anterior se debe:

- ✦ Reconocer que los cromosomas son organizadores de la información genética.
- ✦ Reconocer que cada gen tiene una localización específica, en cromosomas específicos.
- ✦ Reconocer que la replicación de un cromosoma, durante la división celular, refleja la replicación de la información genética almacenada en el cromosoma.
- ✦ Hacer una clara distinción entre genes e información genética -por ejemplo, reconocer que hay un gen para el color de ojos; pero que la información del gen puede variar para especificar si es azul, café o algún otro color.
- ✦ Reconocer que los genes pueden prenderse o apagarse de acuerdo a las necesidades de las células: cuando las personas de piel clara se exponen a los rayos solares, los genes para la melanina se prenden en las células de la piel, la cual se broncea, mientras que en la ausencia de la luz solar, el gen de la melanina se apaga y el bronceado va desapareciendo.

Si los profesores tomaran en cuenta estas recomendaciones, se mejoraría la enseñanza de la genética. Es recomendable también, ayudar a los estudiantes a desarrollar un buen modelo de cromosoma, como un componente primario de su modelo de meiosis o mitosis, además de contextualizar los temas abordados en genética. Como parte de las actividades en el aula, se hace necesario el reforzamiento y la revisión de los conceptos básicos, ya que se ha observado que estudiantes, tanto graduados o no en biología, siguen teniendo dificultades con conceptos como el linaje genético, los cuales, para comprenderse, necesitan de

los conceptos básicos (Kindfield, 1994; Lewis *et al.*, 1998; Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000d, 2000e; Banet y Ayuso, 1995, 2003; Ayuso y Banet, 2002).

Las actividades en el aula, aplicadas por el profesor, no deberían ser utilizadas para enseñar más hechos e información, sino ayudar a la integración del conocimiento, para la construcción de sistemas coherentes de comprensión de la genética, entre las nociones de parentesco, herencia y genética, así como la reflexión de los estudiantes acerca de la vida y la biología en general (Ayuso y Banet, 2002; Banet y Ayuso, 2003; Venville, Gribble y Donovan, 2005).

Venville y Treagust (1998), citado en Lewis (2004), comenta que el aprendizaje del concepto gen, implica un proceso evolutivo de asimilación y captura conceptual, en el cual las concepciones previas son reconciliadas con las nuevas; más que un proceso de acomodación e intercambio en el que las preconcepciones se abandonan y son reemplazadas con explicaciones científicas (Hackling y Treagust, 1984; Cho, Kahler y Nordland, 1985; Lawson y Thompson, 1988; Ramarogo y Wood-Robinson, 1995; Bahar, Johnstone y Sutcliffe, 1999a, 1999b; Banet y Ayuso, 2000, 2003; Ayuso y Banet, 2002; Venville, Gribble y Donovan, 2005).

3.3.3 USO DE LOS MODELOS

Una de las estrategias recomendadas para mejorar la enseñanza de la genética es el uso de modelos. Los modelos son representaciones de los fenómenos de la naturaleza, que permiten analizarlos desde diferentes perspectivas, sin olvidar que sólo son imágenes de la realidad (Tiberghien, 1994; Gilbert, Boulter y Rutherford, 1998a; Gericke y Hagberg, 2002).

Los modelos son producto y esencia de la ciencia, integradores del pensamiento y del trabajo científico, forman parte de su método y su aprendizaje, son una herramienta para la enseñanza y permiten estimar la realidad (Gilbert, 1991; Harrison y Treagust, 2000; Duit y Treagust, 2003). La construcción de modelos representa un serio acercamiento a la ciencia y son una importante estrategia de

enseñanza constructivista, ya que permiten confrontar las creencias de los alumnos con las concepciones científicas.

Los modelos científicos y de enseñanza se pueden clasificar en modelos a escala o físicos, que son maquetas y modelos analógico-pedagógicos o abstractos. Son analógicos porque comparten información con el objetivo que se pretende enseñar, y pedagógicos porque permiten a los profesores hacer artesanalmente explicaciones sobre entidades no observables, como átomos y moléculas, accesibles a los estudiantes (Grosslight, Unger y Jay, 1991; Gilbert, Boulter y Rutherford, 1998a, 1998b; Harrison y Treagust, 2000).

Entre los modelos analógicos se tienen:

- ⊕ Icónicos y simbólicos (como las fórmulas químicas).
- ⊕ Matemáticos como los que se utilizan en física para representar condiciones ideales.
- ⊕ Teóricos, que son construcciones humanas que describen entidades teóricas básicas.

Existen también los modelos con múltiples conceptos y /o procesos, como los mapas, diagramas y tablas, que describen dos dimensiones y representan patrones de caminos y relaciones, que son fácilmente visualizados por los estudiantes. Los modelos concepto proceso son las simulaciones como los programas de cómputo.

Hay también modelos personales de procesos y teorías, que se clasifican en:

1. Modelos mentales, en los que cada alumno puede interpretarlos de diferente manera, por lo que son altamente personales, dinámicos y difíciles de acceder (Vosniadou, 1994).
2. Modelos sintéticos, que son una mezcla entre modelos intuitivos y modelos que les presentan los profesores (modelos científicos).

3. Modelos análogos, que se subdividen en:
 - a. Concretos, que sirven para introducir conceptos.
 - b. Abstractos, que sirven para explicar versiones más sofisticadas del concepto.

Los modelos analógicos ayudan al estudiante a construir y manipular modelos mentales de fenómenos abstractos no observables. Por tal motivo son utilizados para describir y explicar conceptualmente estructuras y funciones importantes, se usan frecuentemente como modelos macroscópicos, submicroscópicos y como entidades simbólicas. Es necesario ofrecer a los estudiantes más experiencias con modelos que proporcionen puntos de vista contrastantes del fenómeno que se estudia y discutir más de cerca el papel de los modelos al servicio de la investigación científica (Grosslight, Unger y Jay, 1991; Gilbert, Boulter y Rutherford, 1998a, 1998b).

Una mala preparación pedagógica del profesor puede llevarlo a utilizar modelos que lleven a explicaciones inapropiadas para los estudiantes con lo que se verían reforzadas sus ideas alternativas, es decir, una explicación incorrecta podría tomarse con más veracidad y autoridad (Gilbert, Boulter y Rutherford, 1998b).

Los profesores de ciencias valoran los modelos por tres razones:

- 1) Como representaciones más accesibles de teorías abstractas. Entre más visual y recordable sea el modelo es mejor. Lo que significa que los modelos físicos y visuales, quizá sean más útiles para los propósitos de enseñanza en clase.
- 2) A través de un marco organizacional permiten enseñar un gran número de hechos aislados, que la ciencia ha acumulado. En este caso son útiles los diagramas como un modelo visual, que contiene representaciones simbólicas de un arreglo de hechos.
- 3) Desde un sentido práctico indican el nivel de apropiación que los alumnos requieren aprender. Cada modo de representación lleva consigo un

conjunto implícito de alcances y limitaciones en su uso (Gilbert, Boulter y Rutherford, 1998a, 1998b).

El uso de modelos para la enseñanza de la ciencia tiene sus ventajas, pero también sus desventajas, puesto que los alumnos creen que son un reflejo de la realidad y no una representación de ella, por lo que hay que hacer mucho hincapié en este hecho para evitar una mala interpretación (Gilbert, 1991). Ellos los ven como copias físicas de la realidad, que envuelven diferentes perspectivas espacio-temporales, más que como una construcción de representaciones (Grosslight, Unger y Jay, 1991). Los modelos sólo actúan como ayuda para la memoria; son herramientas explicativas y artefactos de enseñanza si son fácilmente entendidos y recordados por los estudiantes.

Un modelo debe cumplir con ciertas características para que funcione en la enseñanza; debe actuar sobre el alumno y llevarlo a reflexionar acerca del tema que se esté revisando, es decir, tiene que actuar como un puente entre el conocimiento científico y los conocimientos que él posee. Los estudiantes además necesitan la guía epistemológica, para construir e interpretar los modelos analógicos. Éstos deben situarse en la zona de desarrollo próximo -de acuerdo a Vigostsky (2000)-, ya que los niveles para modelar sugieren que la habilidad intelectual se desarrolla con ayuda y experiencia (Finkel, 1996; Gilbert, Boulter y Rutherford, 1998a, 1998b; Harrison y Treagust, 2000).

Los expertos tienden a hablar acerca de los modelos, en términos de una formulación activa y una prueba de las ideas acerca de la realidad, mientras que los estudiantes tienden a ver los modelos de manera más inmediata y como reflejos de la realidad (Grosslight, Unger y Jay, 1991).

Los modelos pueden ser interpretados por los alumnos en tres niveles:

1. Como juguetes o simples copias de la realidad.
2. Como poseedores de un propósito explícito, que sirve de puente entre el concepto que se revisa y las ideas de los alumnos.

3. Como apoyos para favorecer la zona de desarrollo próximo de los alumnos, al confrontar sus ideas, por lo que estos toman un papel activo en el análisis del modelo (Grosslight, Unger y Jay, 1991).

Así los estudiantes pueden interpretar los modelos a partir de seis dimensiones:

- I. El papel de las ideas
- II. El uso de los símbolos
- III. El papel del modelador
- IV. La comunicación
- V. La prueba
- VI. La multiplicidad en la construcción del modelo

Los maestros expertos utilizan los modelos la mayoría de las veces para acentuar o explorar aspectos importantes y difíciles de un concepto en particular al hacer énfasis en las ideas clave (Harrison y Treagust, 2000). Es importante tomar en cuenta el marco conceptual que se aborda para manejar los modelos más adecuadamente.

Para aprovechar las ventajas que ofrecen los modelos para la enseñanza de la ciencia se debería dar a los estudiantes más oportunidades para usarlos y diseñarlos con múltiples propósitos, para llevarlos a reflexionar sobre una gran variedad de preocupaciones epistemológicas, incluyendo los propósitos de las propias investigaciones, la naturaleza de lo que se desea comunicar, explicar o entender acerca de la información y los fenómenos que se pretenden abordar (Grosslight, Unger y Jay, 1991; Finkel, 1996).

3.3.4 ESTRATEGIAS DE LECTURA EN LA ENSEÑANZA

Leer es un proceso interactivo entre el lector y un texto, ya sea un artículo científico, un diccionario o las noticias en el periódico, el texto cumple un propósito para el lector. El propósito del lector puede ir desde el entretenimiento, hasta la búsqueda de información específica. Leer implica la presencia de un lector activo que procese y examine el texto y un objetivo que guíe la lectura. Leer, como parte

de un proceso de enseñanza-aprendizaje, requiere la comprensión del texto y su lenguaje. En esta comprensión intervienen tanto el texto, su forma, su contenido, así como el lector, sus expectativas, motivación y sus conocimientos previos (Solé, 2005, Campanario y Otero 2007; Campanario, 2007).

Para leer se necesita simultáneamente manejar con soltura las habilidades de decodificación y aportar al texto nuestros objetivos, ideas y experiencias previas, para la interpretación del texto, ayudados por las inferencias y predicciones que se van realizando durante la lectura (Solé, 2005, Campanario y Otero, 2007; Campanario, 2007).

Asumir el control de la lectura y regularla implica, tener un objetivo para ella, así como poder generar hipótesis acerca del contenido que se lee. Mediante las predicciones, se intuye lo que puede ocurrir en el texto; gracias a su verificación a través de los diversos índices en el texto (como títulos, subtítulos, negritas, cursivas, pies de página, esquemas), se puede construir una interpretación, se comprende. Un texto puede comprenderse, si éste tiene sentido para el que lee, es decir, si el lector se siente capaz de abordar la lectura sólo o con la ayuda de otros, para construir su interpretación.

Cuando leer implica comprender, el leer deviene un instrumento útil para aprender significativamente. Los textos poseen una serie de características, un sistema de símbolos, es decir, un código, que debe ser enseñado a los alumnos para que se descodifique y se comprenda.

Entre las estrategias que se utilizan para comprender los textos que se leen, se incluyen: parar la lectura para releerla, buscar las palabras desconocidas en el diccionario, utilizar el conocimiento que se tiene sobre el tema y evaluar si el texto tiene sentido, establecer generalizaciones, extraer lo fundamental del texto (resumen), comprobar de manera continua la comprensión a través de la revisión, recapitulación y autointerrogación, realizar inferencias e hipótesis sobre la lectura, formular los objetivos de la lectura, identificar el tema y las ideas principales, revisar el contexto (Solé, 2005, Campanario y Otero, 2007; Campanario, 2007).

Para verificar la comprensión final de la lectura se puede realizar una sesión de preguntas y respuestas, la representación gráfica de lo leído (mapa conceptual, semántico, cuadros sinópticos), o la elaboración de resúmenes (Solé, 2005).

3.4 PAPEL DE LOS PROFESORES EN LA ENSEÑANZA

El profesor representa el centro de la actividad educativa, es fundamentalmente el intelectual responsable de que dicha actividad, que se encuentra en continua construcción, se desarrolle de manera exitosa. El docente experto no es sólo aquel que sabe mucho sobre su disciplina o ha estudiado las teorías educativas o instruccionales en boga, también es aquel que se ha entrenado en tecnologías educativas. Los conocimientos que posee tienen que desplegarse estratégicamente, es decir, utilizarse de manera pertinente y exitosa en contextos socioeducativos específicos, que demandan prácticas especializadas que se enfoquen en problemas situacionales. Por lo tanto, no sólo es el que sabe más, sino quien organiza y maneja cualitativamente el conocimiento que despliega en su aula (Díaz-Barriga y Hernández, 2002).

Si el profesor no se encuentra convencido de su labor y de los elementos didácticos que tiene a su disposición, por más estrategias y modelos de enseñanza que se recomienden para el logro de aprendizajes significativos o cambios conceptuales, su actividad en el salón de clases se verá disminuida y su contribución hacia los alumnos no tendrá lugar, ya que su visión de la enseñanza se limitará a la transmisión de la información y la memorización por parte de los alumnos, lo que a la larga no resultará significativo para ellos (Duit, Widodo y Müller, 2002).

4. JUSTIFICACIÓN

La educación media superior es, desde el punto de vista de la definición de vocaciones, el nivel más importante del sistema educativo. El bachillerato de la UNAM es la opción que tiene más demanda y de él egresan las dos terceras partes de los alumnos que ingresan a la licenciatura.

Al revisar la trayectoria histórica de la Escuela Nacional Preparatoria, se descubre que esta institución no era inicialmente un centro de educación media superior, sino una escuela de enseñanza media, puesto que la institución tenía como tarea la educación de alumnos de entre 12 y 17 años que ingresaban apenas con los conocimientos básicos que otorgaba la escuela primaria (Pérez, 2001).

La corriente educativa de la Escuela Nacional Preparatoria es el positivismo, corriente con la cual se estructuraron sus planes y programas de estudio y que aún en la actualidad continúa siendo tema de debate y cuestionamiento. Este pensamiento privilegia el conocimiento científico sobre el humanista como camino para preparar para la vida, de ahí que las materias científicas cuenten con un mayor número de horas de clase. Los estudios de bachillerato se entendían como un proyecto de estudios completo, terminal, aunque hoy en día esta visión ha sufrido modificaciones, los estudios que se realizan en este nivel no son ya estudios terminales sino parte de la preparación que debe tener todo individuo (Romo, 1983). Como parte fundamental de su formación existen actualmente opciones técnicas (como laboratorista clínico, histopatología, fotografía, nutrición, contabilidad, entre otras), que ofrecen la oportunidad a los estudiantes de cursar además estudios especializados para apoyar su instrucción profesional.

En noviembre de 1996, se aceptaron los nuevos Planes y Programas de estudio de la Escuela Nacional Preparatoria, que establecen las siguientes consideraciones: “el planteamiento y reconocimiento de problemas relacionados con la vida cotidiana y la sociedad, como puntos de partida para introducir e interesar al alumno en la resolución de los mismos, a partir de la aplicación de la metodología de investigación básica, desarrollando actividades de búsqueda de

información bibliográfica y experimental, de organización y análisis de la información obtenida”. Se hace hincapié en que “el alumno no sólo adquirirá los conocimientos necesarios, sino que se familiarizará con los lenguajes, métodos y técnicas básicas de la ciencia, lo que contribuirá a fomentar en él una cultura y actitud científica”.

Los planteamientos anteriores concuerdan con la misión que tiene la Escuela Nacional Preparatoria de:

- Educar mujeres y hombres para que obtengan una formación integral que les permita contar con:
 - √ Una amplia cultura.
 - √ Los conocimientos sólidos y necesarios para cursar con éxito estudios superiores.
 - √ Una mentalidad analítica, dinámica y crítica que les permita ser conscientes de su realidad y comprometerse con la sociedad.
 - √ La capacidad de obtener por sí mismos nuevos conocimientos, destrezas y habilidades, que les posibilite enfrentar los retos de la vida de manera positiva y responsable.

Por lo que es parte inherente de la misión de la Escuela Nacional Preparatoria, la realización de investigación educativa para desarrollar y aplicar una mayor cantidad de modelos educativos y técnicas avanzadas, que eleven la calidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje en la institución (Plan de desarrollo de la Escuela Nacional Preparatoria, 2002-2006).

La asignatura de biología, que es parte del tronco común, tiene en general, buena aceptación de parte de los alumnos, pese a que existen ciertas áreas que presentan cierta dificultad. Una de ellas es la genética, la cual ha sido abordada ampliamente en investigación educativa y cuyos resultados describen la situación actual de su enseñanza, que muestra un panorama del impacto de la enseñanza escolar en los estudiantes de los diversos niveles escolares, especialmente el

bachillerato y el nivel profesional, evaluando la significatividad de los aprendizajes recibidos. Desafortunadamente los resultados obtenidos en estos estudios revelan el poco impacto que ha tenido la enseñanza de estos temas en los estudiantes durante su vida escolar.

Las investigaciones sobre estrategias de enseñanza, que pueden utilizarse para guiar el cambio conceptual de los alumnos, son insuficientes, dada la cantidad de conocimiento genético generado en la actualidad. Sin embargo, es importante el aprendizaje de conceptos básicos, como gen, alelo, cromosoma, DNA e información genética, para la comprensión de temas más elevados, así como para entender la información que se recibe de los medios de comunicación.

Por esta razón es necesaria la elaboración de recursos y la aplicación de estrategias, así como la evaluación de su impacto en la enseñanza que permita promover el cambio conceptual de los alumnos, teniendo en cuenta que el aprendizaje significativo en genética básica, mejorará el aprendizaje de los temas posteriores.

5. HIPÓTESIS

La comparación de estrategias de lectura y modelos abstractos para la enseñanza de la genética permitirá evaluar su impacto sobre la enseñanza en el bachillerato y decidir cual de ellas apoya más el aprendizaje significativo.

6. OBJETIVOS

- ✦ Elaborar modelos abstractos de enseñanza y lecturas para los conceptos básicos en genética (cromosoma, gen, alelo, DNA e información genética).
- ✦ Comparar dos estrategias de enseñanza constructivista en la Escuela Nacional Preparatoria.
- ✦ Evaluar el impacto en la enseñanza de las dos estrategias propuestas

7. MÉTODO

Para el desarrollo del presente trabajo se eligieron dos grupos de 5º año de la Escuela Nacional Preparatoria No. 4 “Vidal Castañeda y Nájera”, al azar se asignaron el grupo “A” como grupo control y el grupo “B” como grupo experimental, ambos grupos eran del turno matutino.

El grupo experimental estuvo integrado por 20 hombres y 22 mujeres, cuyas edades van de los 15-20 años, 38% son alumnos regulares, es decir, no adeudan alguna materia.

El grupo control estuvo integrado por 18 hombres y 32 mujeres, cuyas edades oscilan de los 15-18 años, 56% son alumnos regulares. Los dos grupos tienen como antecedente los cursos de secundaria.

A partir de una revisión bibliográfica sobre temas biológicos que son difíciles de aprender y que se desarrollaron en la introducción, se decidió trabajar con los conceptos de cromosoma, gen, alelo, y DNA, los cuales son básicos en biología para entender temas subsiguientes de genética, que se encuentran en el programa de la Escuela Nacional Preparatoria.

Para evaluar el impacto en el aprendizaje, de las estrategias en ambos grupos, se aplicó un instrumento de evaluación ya elaborado y validado en Inglaterra, sobre lo que los alumnos saben de biología al final de su instrucción en el bachillerato, y que fue diseñado para investigar, el aprendizaje significativo de los conceptos básicos en genética, y no sólo el conocimiento de tipo memorístico, el instrumento usa una combinación de formatos de respuesta fija y libre. El instrumento fue elaborado por Lewis, Leach y Wood-Robinson, (2000a), de la Universidad de Leeds y ha sido utilizado con modificaciones en España y África. De este instrumento sólo se tomaron las partes de:

Niveles de organización.- diseñado para probar si los estudiantes entendían la relación entre las diversas estructuras que forman a los seres vivos.

Seres vivos.- diseñado para probar si los estudiantes entendían la relación entre los seres vivos y los cromosomas, genes e información genética. Y

Conceptos biológicos.- diseñado para probar si los estudiantes entendían de manera general los términos DNA, gen, cromosoma, alelo e información genética, incluyendo ideas relacionadas con la localización y la función.

Las secciones elegidas del instrumento de evaluación contienen los conceptos de gen, alelo, DNA y cromosoma, que se trabajaron con los alumnos de la Escuela Nacional Preparatoria. Además se elaboró una prueba objetiva -de opción múltiple- para evaluar parte de los contenidos conceptuales abordados en el presente trabajo.

El instrumento de evaluación se piloteo con un grupo del CCH, su aplicación se realizó, al final del sexto semestre en el que cursaron la materia de Biología IV, con alumnos de entre 17 y 19 años, a partir de los resultados obtenidos, se modificaron las instrucciones, para hacerlas más claras para los alumnos, y aplicarlas en la Escuela Nacional Preparatoria. Los datos obtenidos de este proceso se compararon con los datos del postest en los grupos de preparatoria.

La propuesta se planteó a partir de modelos abstractos que implicaban la manipulación de los materiales generados para los alumnos del grupo experimental a partir de instrucciones por escrito, que se elaboraron considerando el desarrollo cognitivo (de acuerdo a lo planteado por Piaget) de los adolescentes que cursan el bachillerato. La elección de esta metodología se basó en el hecho de que el aprendizaje se favorece a través de la manipulación de los objetos estudiados (Grosslight, Unger y Jay, 1991; Gilbert, Boulter y Rutherford, 1998a, 1998b; Harrison y Treagust, 2000).

Para el grupo control se utilizaron lecturas de artículos científicos, cuyos textos contenían pistas tipográficas para ser discutidos a través de la elaboración de resúmenes y mapas semánticos.

Con los modelos elaborados se trabajaron los problemas de aprendizaje en genética, además de realizar una comparación entre las dos estrategias propuestas para analizar en que medida propiciaban aprendizajes significativos en los alumnos.

Las dos estrategias se desarrollaron en seis sesiones de cincuenta minutos cada una, pues se consideró que sería el tiempo y secuencia de tareas ideal para lograr aprendizajes significativos, a pesar de que el programa de la asignatura establece para la revisión de estos conceptos sólo tres sesiones de cincuenta minutos. En la sesión seis se realizó un resumen de las sesiones anteriores.

7.1 TAREAS PARA EL GRUPO EXPERIMENTAL

Tarea 1

Para la localización del DNA y cromosomas, se utilizaron dos juegos de imágenes que tenían como objetivo contextualizar la localización del material genético y de los cromosomas; además se trabajó también con las plantas, porque los alumnos no reconocen que contengan DNA ni cromosomas. Se les solicitó que jerarquizaran dos grupos de imágenes y que elaboraran un resumen que fue discutido con el grupo para llegar a emitir conclusiones grupales.

Tarea 2

Para hacerlos conscientes de las dimensiones del DNA, se les propuso un modelo que partía del hecho de que el DNA desenrollado de una sola célula mide 2 metros; para ello se les proporcionó un alambre con esa longitud y cuentas de plástico que representaban a las proteínas que participan en el enrollamiento del cromosoma, con ello, se hizo también evidente que los cromosomas están hechos de DNA y proteínas.

Tarea 3

Para ayudar a entender el nivel molecular, es decir, el paso del cromosoma al DNA, se utilizó un rompecabezas elaborado con piezas que representaban cada uno de los componentes químicos de la molécula de DNA.

Tarea 4

Para trabajar con los genes como porciones de DNA, se les dio un modelo que consistía de tiras de velcro que representaba la base de la molécula de DNA, en la cual tenían que colocar por un lado la palabra gen y por el otro los nucleótidos que forman la molécula del DNA.

Tarea 5

Como actividad final y para trabajar el concepto de alelo, se les dio un modelo de cromosomas paternos y maternos, con una hoja de instrucciones para que construyeran genotipos de personas hipotéticas, con ciertas características y analizaran las diferentes posibilidades.

En cada una de las sesiones trabajadas se enlazaba con lo visto en la clase anterior. El trabajo en el grupo fue organizado por equipo, en el cual un orador exponía las conclusiones obtenidas. Los conceptos se enmarcaron desde el enfoque constructivista y se consideraron las concepciones alternativas para el diseño de los modelos utilizados.

7.2 TAREAS PARA EL GRUPO CONTROL.

Tarea 1

Para trabajar con los conceptos de estructura molecular del DNA y gen, se proporcionó a los alumnos extractos del artículo “El camino al descubrimiento del DNA” –de Ísita, T. R. 2001. Revista ¿Cómo ves?. Año 4 (37): 31-33 -, para que se hiciera el análisis de la lectura y se elaborara un resumen por equipo.

Tarea 2

La tarea consistió en analizar el extracto del artículo “El genoma humano ¿y sólo son 30,000” –de Calva, E. 2001. Revista ¿Cómo ves?. Año 4 (37): 13-17 - , que contiene los conceptos de gen y que éste se encuentra formado por DNA. Se solicitó la elaboración de un mapa semántico.

Tarea 3

El extracto del artículo que se analizó fue “Superenrollamiento del DNA” –tomado de:

http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/act_permanentes/conciencia/biologia/acertijos_biológicos/acertijos00-01/chsol6.htm, http://fbio.uh.cu/genmol/para_variar.html, <http://www.cnice.mecd.es/eos/MaterialesEducativos/mem2001/biologia/nucleo/cromatina.htm>-, el cual toca los conceptos de DNA, genes, cromosomas y material genético. Se solicitó la elaboración de una red semántica.

Tarea 4

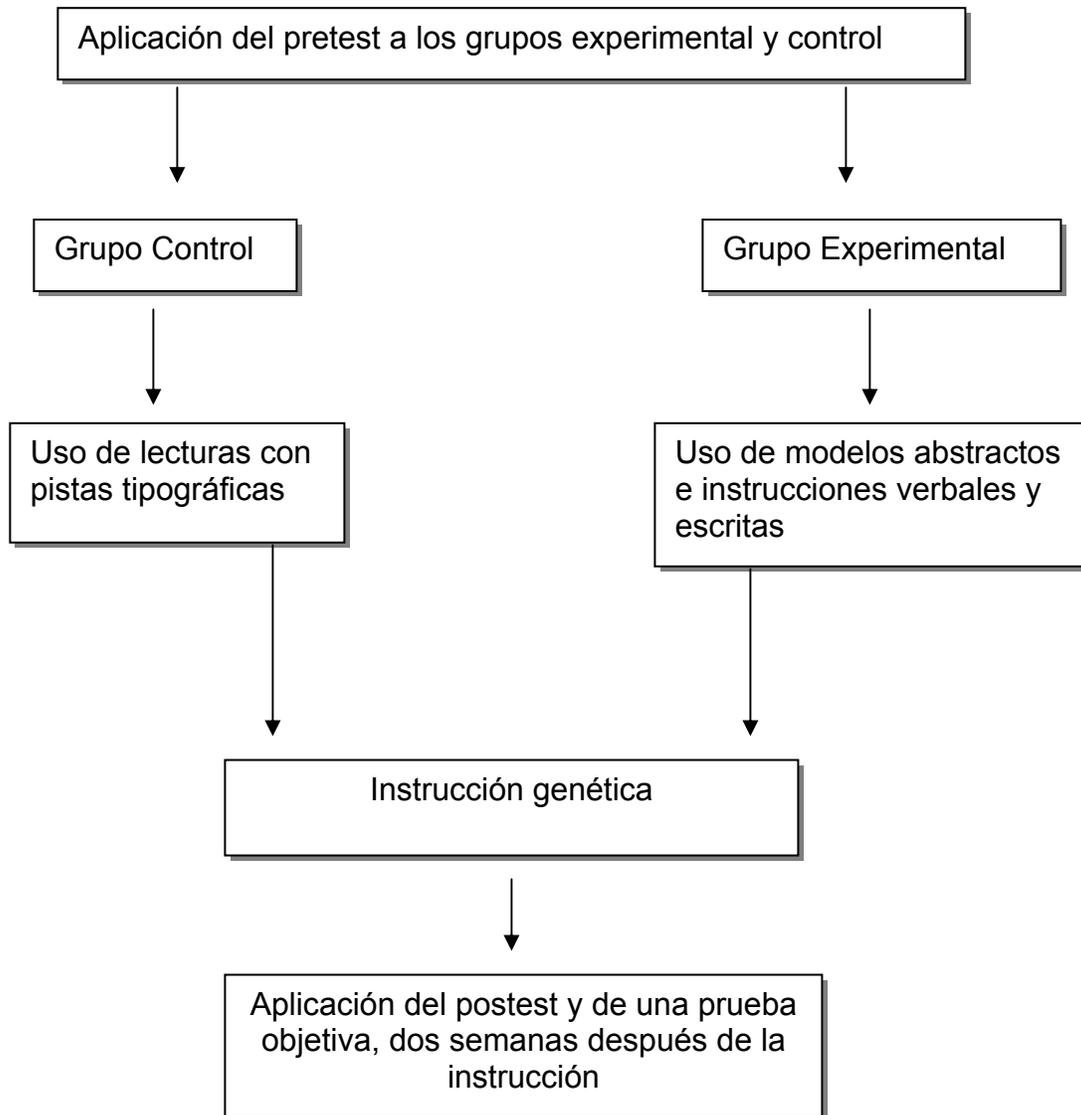
El artículo analizado fue “Cromosomas, DNA y genes: ¡Pequeñas cosas que tienen un gran efecto en quienes somos” –tomado de: http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/Life/genetics_intro.sp.html, el cual habla de los conceptos de cromosoma, DNA, material genético y alelo, ubicándolos en el núcleo. Se solicitó la elaboración de un mapa semántico.

Tarea 5

Se analizaron las redes semánticas elaboradas a partir del análisis de los artículos y se solicitó la elaboración de una última red semántica que resumiera las anteriores.

Para el grupo control el modelo de enseñanza utilizado fue el expositivo con discusión. Se utilizaron estrategias de lectura con pistas tipográficas para abordar los mismos contenidos que se habían analizado con los modelos abstractos. Las

lecturas elaboradas se trabajaron por equipos, se les pidió a los alumnos que hicieran un resumen y/o mapa semántico de las lecturas para su discusión en cada tarea; al final de las sesiones se trabajó un mapa semántico. El profesor en ambos grupos fue el propio experimentador.



7.3 DESCRIPCIÓN DE LAS SESIONES

7.3.1 SESIONES GRUPO EXPERIMENTAL.

Sesión 1

Inicio:

Se escribió en el pizarrón el objetivo de la sesión: Ubicar el DNA. Se organizaron equipos de cinco integrantes, a los cuales se les repartieron una serie de imágenes que debían ordenar, una lupa para observar su piel y una hoja de instrucciones. En una sesión anterior se les pidió el material que necesitarían para trabajar, una foto de cuerpo entero, que pegaron en una de las imágenes proporcionadas. Se solicitó además, que elaboraran un resumen por equipo y durante la sesión se monitoreo el trabajo de los diferentes equipos.

Desarrollo:

Los alumnos ordenaron las imágenes según se les indicó. Una vez ordenadas y previa discusión con sus compañeros, escribieron en una hoja lo que relataban estas imágenes.

Cierre:

Se recogieron los resúmenes elaborados, y se guardaron las imágenes ordenadas por los alumnos para su discusión en la próxima sesión.

Sesión 2

Inicio:

Se organizaron nuevamente equipos de cinco integrantes, para iniciar la discusión de los resultados obtenidos en la sesión anterior; se les regresó su resumen y las imágenes que ordenaron. Se repartieron las instrucciones para continuar con el análisis de resultados.

Desarrollo:

Cada equipo leyó las conclusiones a las que llegaron y se escribieron en el pizarrón para obtener una conclusión general. Se elaboró un mapa semántico que se discutió. Se retomaron los conceptos vertidos por los alumnos y se hizo énfasis en la ubicación del DNA. Se les mostró la propuesta del profesor, haciendo énfasis en el significado del acercamiento de las imágenes y las similitudes que tenían los organismos analizados. Concluyeron que todos los organismos están compuestos por células, que existen similitudes entre la célula animal y vegetal, y que todos los organismos de los cinco reinos tienen DNA. Se continuó con la actividad de análisis de imágenes con diversos acercamientos a través de otro juego de fotografías con el objeto de enfatizar la ubicación del DNA y la información genética; se contestaron las preguntas proporcionadas en las instrucciones y se solicitó la elaboración de un resumen por equipo.

Cierre:

Cada equipo escribió sus conclusiones que se recogieron para su análisis en la siguiente sesión.

Sesión 3

Inicio:

Organización del trabajo por equipos: con las imágenes biológicas ordenadas, se dio una hoja de instrucciones; se escribieron en el pizarrón los conceptos a revisar: DNA, cromosomas y genes. Se repartieron tiras de velcro y piezas de foami de colores con la palabra gen y bases nitrogenadas, para construir una molécula de DNA. Se les dio además un alambre de 2m con varias cuentas para construir un cromosoma.

Desarrollo:

Sin perder de vista la localización del DNA y con las piezas de foami de colores, los alumnos construyeron una molécula de DNA, e identificaron sus componentes. Elaboraron un resumen con sus conclusiones.

En esta actividad hubo confusión al tratar de construir la molécula de DNA, ya que al parecer las instrucciones fueron poco claras para ellos. Los problemas con la actividad se resolvieron al revisar su trabajo.

Con las piezas de todos los equipos, se construyó una gran una molécula de DNA, enfatizando su localización en los organismos.

Siguiendo las instrucciones, por equipo construyeron un cromosoma con dos metros de alambre y las cuentas de colores y se les explicó el empaquetamiento del DNA para la formación de los cromosomas; se hizo énfasis en la composición del cromosoma, y se les solicitó que contestaran las respuestas en la hoja de instrucciones proporcionadas para la actividad, las cuales se recogieron al final de la sesión.

Se les repartió el último paquete de actividades que consistía en una tira de velcro y piezas de foami de colores con la palabra gen y con bases nitrogenadas pareadas. La hoja de instrucciones, fue leída al grupo antes de iniciar esta actividad. Se anotó en el pizarrón lo que se iba discutiendo durante la sesión

Cierre:

Después de que ordenaron las bases nitrogenadas, se hizo énfasis en los genes como porciones de DNA, paralelamente, se mostró otro modelo mencionando sus componentes moleculares. En esta actividad los alumnos mostraron todavía confusión para relacionar el concepto de gen con las bases nitrogenadas. Se recogió el material y la hoja de respuestas.

Sesión 4

Inicio:

Se retomaron los conceptos revisados en las sesiones anteriores y se comentó que se haría un resumen de lo realizado. Para apoyar el resumen se utilizó un proyector de acetatos.

Desarrollo:

Se reforzaron los conceptos de gen, DNA, y cromosomas y se les proporcionó la dirección de una página electrónica de Estados Unidos para buscar o consultar los genes decodificados en el proyecto genoma humano.

Cierre:

Se aclararon las dudas surgidas hasta el momento y se solicitó que trajeran ellos una secuencia de un gen extraído de la página: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

Sesión 5

Inicio:

Se retomaron los conceptos anteriores para introducir el trabajo de la sesión.

Se dio una pequeña introducción antes de trabajar con el material, para aclarar los conceptos de alelo, de dominancia y de recesividad. Se dieron instrucciones de forma oral y escrita.

Desarrollo:

Se les pidió que con el modelo de cromosoma construyeran personas con genotipos hipotéticos. Los resultados obtenidos se colocaron sobre la mesa de trabajo para su análisis grupal. Se monitoreó el trabajo por equipo. Elaboraron un resumen con sus conclusiones.

Cierre:

Se recogió el material y sus conclusiones escritas para su discusión en la próxima sesión.

Sesión 6

Inicio:

Se continuó trabajando con el modelo de cromosoma. Se contestaron las preguntas de la hoja de instrucciones y se hizo un resumen de las conclusiones obtenidas con el modelo de cromosoma

Desarrollo:

Se discutieron los resúmenes con el grupo y se mencionó la diferencia entre homocigoto y heterocigoto. Se guió el trabajo y se hizo énfasis en las dudas que surgieron durante la sesión.

Cierre:

Con la ayuda del grupo se construyó un mapa semántico que resumía lo visto anteriormente.

7.3.2 SESIONES GRUPO CONTROL

Sesión 1

Inicio:

Se escribió en el pizarrón el tema a desarrollar, dando explicaciones en forma oral y escrita.

Se organizó el trabajo en equipos de cinco personas para el análisis del extracto del artículo “El camino al descubrimiento del DNA”, proporcionando dos copias por equipo. El artículo mencionaba la ubicación del DNA y su composición molecular.

Desarrollo:

Analizaron el texto, anotando los hechos relevantes que llevaron al descubrimiento de la estructura tridimensional del DNA y elaboraron un resumen para su discusión grupal.

Cierre:

Se recogió el resumen solicitado para su discusión en la siguiente sesión.

Sesión 2

Inicio:

Se organizó el trabajo para el análisis del extracto del artículo “El genoma humano ¡y sólo son 30,000”. Se resumió la sesión anterior utilizando una mapa semántico. El artículo enfatizaba los conceptos de DNA y su ubicación.

Desarrollo:

Utilizando un mapa semántico, analizaron si el artículo aportaba más información para la comprensión del DNA, agregándola en el mapa anterior.

Cierre:

Cada equipo compartió sus aportaciones con los otros grupos para su discusión.

Sesión 3

Inicio:

Se hizo un resumen de las dos sesiones anteriores utilizando acetatos y después se organizó el trabajo para el análisis del extracto del artículo “Superenrollamiento del DNA”.

Desarrollo:

Utilizando un mapa semántico, analizaron el artículo y sus aportaciones al concepto particular de cromosoma y sus componentes.

Cierre:

Se discutió con el grupo las conclusiones del artículo y se continuó la explicación con acetatos.

Sesión 4

Inicio:

Se enfatizaron los conceptos vistos hasta esa sesión y se apoyó la explicación con acetatos y preguntas intercaladas. Se organizó el trabajo para el análisis del extracto del artículo “Cromosomas, DNA y genes: ¡Pequeñas cosas que tienen un gran efecto en quienes somos”.

Desarrollo:

Utilizando un mapa semántico, analizaron el artículo y sus aportaciones al concepto particular de cromosoma. El artículo enfatizaba en los conceptos de cromosoma, DNA, superenrollamiento de DNA, material genético, alelo dominante y recesivo. Se les pidió elaboraran un resumen como participación individual. Como duda general, surgió el concepto de mutación, la cual no quedó del todo aclarada en esta sesión.

Cierre:

Cada equipo hizo aportaciones al mapa semántico para su discusión.

Sesión 5

Inicio:

Se organizó el trabajo para el análisis de los mapas semánticos elaborados hasta esa sesión.

Desarrollo:

Analizaron los mapas semánticos elaborados y se observó la relación que existe entre ellos.

Cierre:

Cada equipo compartió sus aportaciones a los mapas con el grupo para su discusión.

Sesión 6

Inicio:

Se organizó el trabajo para la discusión final.

Desarrollo:

Se presentó un resumen a través de acetatos, mostrándoles un cariotipo humano para enfatizar los diferentes cromosomas de la especie, así como los conceptos de DNA y sus componentes.

Cierre:

Se realizaron algunos comentarios finales acerca de las sesiones trabajadas y se aclararon dudas.

8. ANÁLISIS DE DATOS.

Para la sección de niveles de organización se consideraron y analizaron las tres secuencias correctas:

| Secuencia 1 | Secuencia 2 | Secuencia 3 |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 Organismo | 1 Organismo | 1 Organismo |
| 2 Célula | 2 Célula | 2 Célula |
| 3 Núcleo | 3 Núcleo | 3 Núcleo |
| 4 Cromosoma | 4 DNA | 4 Cromosoma |
| 5 DNA | 5 Cromosoma | 5 Gen |
| 6 Gen | 6 Gen | 6 DNA |

A cada nivel se le asignó un valor numérico para su posterior análisis estadístico.

La eficacia de las estrategias utilizadas se midió a través del análisis de las frecuencias relativas.

Dos semanas después de la instrucción se aplicó el postest, para medir cuánto recordaban de lo revisado en las sesiones y con esto considerar si las estrategias habían tenido algún impacto sobre el aprendizaje. Además del postest se aplicó una prueba objetiva para evaluar los contenidos conceptuales.

8.1 VARIABLES DE RESPUESTA ESPERADAS CON EL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN

Para la sección de tamaños, si los alumnos a lo largo de su instrucción escolar han tenido conocimientos significativos en biología, reconocerían todos los componentes e inclusive podrían ordenarlos. Si por el contrario estos conocimientos no han sido significativos, se esperaría que los resultados mostraran la confusión en cuanto a los componentes que ya no pueden ser percibidos a simple vista.

Para la sección de seres vivos en la pregunta a) ¿Alguna vez has oído hablar acerca de los siguientes organismos? Se esperaría que reconocieran a los animales, pero que presentaran confusión con respecto a los demás organismos, incluidos los microorganismos.

Respecto a las otras preguntas de la sección como: b) ¿Cuántas células componen a los organismos que marcaste? Marca una opción para cada uno.

c) Para cada uno de los organismos que marcaste señala con una "X" si contienen o no cromosomas.

d) Para cada uno de los organismos que marcaste señala con una "X" si contienen o no genes.

e) Para cada uno de los organismos que marcaste señala con una "X" si contienen información genética, el comportamiento esperado sería similar, es decir, que reconocieran que los animales poseen células, cromosomas, genes, e información genética, pero que mostraran confusión con el resto de los organismos, incluidos aquellos que ya no pueden percibir con la vista.

Para la sección de términos biológicos se esperaría que los reconocieran, sin embargo, al pedir lo expliquen de manera escrita, se observaría la confusión que estos términos tienen para ellos, mostrando que algunos términos son descritos de manera semejante y no se tiene claro cual sería la diferencia entre uno y otro, sobre todo los términos genes, DNA, cromosomas e información genética, lo que confirmaría los resultados esperados de la sección anterior. En el caso del núcleo se reconocería e incluso lo podrían ubicar en un esquema. El término alelo que es menos conocido posiblemente no sería reconocido, y por tal no lo podrían describir con sus palabras.

Después de la instrucción con los modelos y lecturas se espera que un mayor número de alumnos pueda reconocer y describir mejor los términos biológicos,

ordenar los componentes y presentar menor confusión con respecto a los cromosomas, genes, DNA e información genética.

9. RESULTADOS

9.1 PRETEST

De acuerdo a los datos obtenidos en el pretest, el grupo control y el grupo experimental presentan problemas en la comprensión y manejo de los conceptos cromosoma, gen, DNA, alelo e información genética.

En la sección de niveles de organización, el grupo control y el grupo experimental reconocen bien el nivel de organismo, célula y núcleo, después de éste, no tienen claro cuál es el orden y por lo tanto el tamaño del DNA, cromosoma y gen (Tabla 2 y gráfica 3-5; anexos 3 y 4).

En la sección de los Seres Vivos, ambos grupos (control y experimental) reconocen muy bien a todos los organismos listados con pequeñas variaciones, el organismo que reconocen menos son los musgos con frecuencias de 0.72 a 0.79 (Tabla 3, gráfica 6; anexos 3 y 4). En las demás preguntas que hablan sobre tener células, cromosomas, genes e información genética, ambos grupos reconocen a los animales (ballenas e insectos) como poseedores de células, cromosomas, genes e información genética; pero a partir de las plantas (árboles, helechos y musgos) se presentan variaciones en las frecuencias que indican su confusión con los conceptos antes mencionados, musgos, hongos, bacterias y virus son opciones que presentan mayor variación en las frecuencias de respuestas (Tabla 4-7, gráfica 6; anexos 3 y 4).

En la sección de términos biológicos, tanto el grupo control como el experimental presentan problemas en reconocer y describir a los genes, núcleo, DNA, cromosomas, alelos e información genética, ya que las frecuencias para la opción de reconocimiento y “decir algo acerca de los términos” fluctúa desde 0.00 a 0.70 (Tabla 8, gráfica 7; anexos 3 y 4).

9.2 POSTEST

Después de aplicadas las estrategias se observaron cambios favorables tanto en el grupo control como en el experimental, con ligeras variaciones.

El grupo control después de aplicadas las estrategias de lectura mejoraron su percepción de los tamaños, con una frecuencia ligeramente más alta de reconocimiento de las secuencias correctas (Tabla 2, gráficas 3-5; anexos 3 y 4), fue mejor el reconocimiento de organismo hasta núcleo, y persisten los problemas con cromosomas, genes y DNA, aunque en menor grado.

En la sección de Seres Vivos se observa también un cambio favorable en las frecuencias obtenidas, además de reconocer a los animales como formados por células con genes, cromosomas e información genética, aumentó la frecuencia para las plantas (árboles, helechos, musgos), hongos, bacterias y virus. (Tabla 4-7, Gráfica 6; anexos 3 y 4)

En los términos biológicos también hubo cambios en las frecuencias obtenidas para la opción de “conocer el término” y “poder decir algo acerca de él” en todos los términos evaluados (genes, DNA, núcleo, cromosoma, alelo e información genética) con fluctuaciones de 0.1739 a 0.8043 (Tabla 8, gráfica 7; anexos 3 y 4).

En el grupo experimental se observaron también fluctuaciones favorables después de aplicados los modelos, mejoraron su percepción de los niveles de organización, aumentando la frecuencia para las secuencias correctas, reconocieron mejor del nivel organismo hasta núcleo, y aunque mejoró su percepción, para DNA, cromosoma y gen, persistió la confusión (Tabla 2, Gráficas 3-5; anexos 3 y 4).

Para la sección de Seres Vivos mejoró el reconocimiento del número de células para las plantas, hongos, bacterias y virus, así como el reconocer que tienen genes, cromosomas e información genética (Tablas 3-7, Gráfica 6; anexos 3 y 4).

Para la sección de Términos Biológicos aumentó la frecuencia de respuesta para la opción de “conocer el término” y “poder decir algo acerca de él” con fluctuaciones de 0.4884 a 0.9535 (Tabla 8, Gráfica 7; anexos 3 y 4).

Comparando los datos obtenidos por el grupo control y el grupo experimental se observan ligeras diferencias después de aplicadas las estrategias. Las estrategias

de lectura aplicadas al grupo control tuvieron un mejor desempeño para la percepción de los niveles de organización, ya que el grupo experimental muestra menor desempeño en esta percepción (Tabla 2, gráfica 4-5; anexos 3 y 4).

Para la sección de los Seres Vivos, ambos grupos muestran desempeños similares, es decir, las lecturas y los modelos tuvieron impacto similar en el aprendizaje de los conceptos cromosoma, genes e información genética (Tabla 3-7, gráfica 6; anexos 3 y 4).

Para los términos biológicos, el grupo control mostró un menor desempeño que el grupo experimental, con frecuencias menores; en este caso los modelos propiciaron más el aprendizaje de los términos DNA, genes, núcleo, cromosomas, alelo e información genética (Tabla 8, Gráfica 7; anexos 3 y 4).

Comparando los datos de los grupos de preparatoria (control y experimental) con un grupo de CCH, al cual se le aplicó el instrumento de evaluación al final del semestre, el desempeño mostrado por éste es similar a los obtenidos en el presente trabajo utilizando estrategias constructivistas.

9.3 PRUEBA OBJETIVA

Los resultados de la prueba objetiva muestran que el promedio de mayores aciertos obtenidos fue de 11.5 para el grupo control y de 13.5 para el experimental (gráficas 8 y 9; anexo 4).

En el análisis de la prueba objetiva se detectaron que las preguntas seis, nueve, 11, 13, 14 y 18, fueron aquellas en las que se observó una mayor variabilidad (gráficas 8 y 9; anexo 4) por lo que se hizo un análisis de frecuencias relativas por inciso para observar la tendencia en ambos grupos.

10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al comparar los resultados obtenidos en el pretest y postest del grupo control y experimental, se observa que ambas estrategias propiciaron diferentes grados de aprendizaje de los conceptos básicos de genética. Las estrategias de lectura y el uso de modelos produjeron ligeras diferencias entre alumnos del grupo control y experimental.

El análisis de los resultados obtenidos del instrumento de evaluación, muestra que tanto los alumnos del grupo control como del experimental tuvieron una mejoría en la percepción de los tamaños de las entidades implicadas en los conceptos de genética así como en la comprensión y manejo de los conceptos básicos (cromosoma, DNA, gen, alelo e información genética).

Del total de alumnos en los que se aplicaron las estrategias, sólo algunos presentaron avances, esto debido a la diversidad que puede existir en el grupo, con diferentes grados de desarrollo cognitivo y diversos estilos de aprendizaje, las estrategias, por tanto, sólo cubrieron las necesidades de algunos de los alumnos, mientras que en otros se mantuvo la confusión en el uso de los conceptos básicos.

En el ordenamiento de conceptos biológicos como gen, cromosoma y DNA, no les es clara la diferencia entre estos, y por tal motivo fallan en el ordenamiento y reconocimiento de su existencia en los organismos enlistados y en el desarrollo de un concepto elaborado con sus propias palabras; esto debido al grado de abstracción que se necesita para su comprensión; estos conceptos se siguen considerando como intercambiables por los alumnos (Lewis, *et al.*, 1998).

Los resultados anteriores son consistentes con los obtenidos por Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000b y por Ramarogo y Wood-Robinson, 1995; donde se observa que los alumnos, al final de la instrucción del bachillerato presentan confusión en el manejo de los conceptos cromosoma, gen, DNA, alelo e información genética, entre otros. Los estudios realizados en otras partes del mundo se han limitado a describir el estado del conocimiento en genética en

alumnos de diferentes grados escolares, pero existen pocos estudios que evalúen el impacto de las estrategias en el aula, quizá por la complejidad del proceso real de enseñanza-aprendizaje y la dificultad para medirlo.

Como puede verse en las diferentes tablas y gráficas de resultados (anexos 3 y 4), las estrategias empleadas propiciaron cambios favorables tanto en el grupo control como en el experimental, con ligeras variaciones entre una y otra estrategia. Ambos grupos lograron entender los conceptos que se abordaron durante las actividades; sin embargo, por la ligera diferencia numérica observada entre el pretest y el posttest, se puede decir, que muchos de ellos siguieron conservando sus concepciones alternativas, debido a la ligera diferencia numérica encontrada antes de la instrucción y después de la instrucción.

Las estrategias utilizadas lograron despertar en los alumnos el interés por los temas, por lo que tuvieron una participación activa durante todo el proceso de investigación. Aunque se percibieron cambios en el aprendizaje, éstos fueron graduales y permanecieron las dificultades reportadas en la bibliografía en muchos de los alumnos, lo que confirma que el proceso de enseñanza-aprendizaje es un proceso complejo, que requiere del uso y aplicación de una mayor variedad de estrategias para abarcar el mayor número posible de estilos de aprendizaje presentes en los alumnos.

Los resultados obtenidos a través de la prueba objetiva no muestra grandes diferencias entre los grupos y sólo algunas preguntas presentan diferencias importantes como:

La pregunta seis, donde el inciso correcto era **a**, el grupo control tuvo un mejor desempeño que el grupo experimental, en este caso, las lecturas presentaron mejores resultados para ayudar en la memorización de ese dato particular, más que los modelos empleados en el grupo experimental. Los distractores de la pregunta así planteada no resultaron adecuados, ya que su frecuencia relativa es menor a 0.25, lo que significa que estos eran fácilmente descartables.

Para la pregunta nueve donde el inciso correcto era **a**, el grupo que tuvo un mejor desempeño fue el experimental, en este caso los modelos utilizados apoyaron de manera más eficiente la memorización del dato que se requería, en cuanto a los distractores de la pregunta, sólo uno resultó tener la eficiencia necesitada por lo que estos resultaron fácilmente descartables.

Para la pregunta 11 donde el inciso correcto era el **b**, se tiene que el grupo que tuvo un mejor desempeño fue el grupo experimental, aunque ambos grupos estuvieron bastante cercanos uno del otro, con respecto al planteamiento de la pregunta, no se resaltó de manera correcta el negativo utilizado, por lo que al realizar una lectura rápida pudo no ser notorio para los alumnos, que lo ignoraron, en este caso, la respuesta correcta sería el inciso **c** que también tuvo una frecuencia relativa importante, los otros distractores resultaron más eficientes en este caso que en las preguntas analizadas anteriormente. Lo que afectó el resultado en este caso fue cómo se planteó la pregunta, más que el desempeño como tal, de las estrategias utilizadas.

Para la pregunta 13 donde el inciso correcto era **c**, el desempeño fue ligeramente mejor para el grupo control, por lo que ambas estrategias funcionaron de manera similar. Al comparar esta pregunta con la 14 cuya respuesta esperada era la misma, es decir, ambos padres (inciso **d**); ambos grupos fallaron al responder, las frecuencias relativas muestran que el control tuvo un mejor desempeño que el grupo experimental. Al analizar las otras respuestas a esta pregunta se observa que la mayor frecuencia relativa fue para el inciso **b**, lo que se debió a que en la pregunta se menciona que el padre posee la enfermedad y no se les proporcionaron datos adicionales para que ellos analizaran correctamente las posibles respuestas, ya que no necesariamente conocían esa enfermedad genética.

Para la pregunta 18 donde el inciso correcto era el **b** se observa que el que tuvo el mejor desempeño fue el grupo control, en este caso las lecturas apoyaron mejor el proceso de memorización que los modelos.

Las preguntas contenidas en la prueba objetiva tuvieron errores de planteamiento y eficiencia de los distractores por lo que los resultados obtenidos no permiten evaluar del todo la eficiencia de las estrategias utilizadas, ya que evaluaba conocimiento memorístico solamente.

En una visión general, se puede decir, que los resultados muestran que los alumnos siguen reconociendo a los animales como los organismos que tienen células, DNA, cromosomas, genes, alelos e información genética; en las plantas mejoró la percepción inicial, esto es, aumentó el número de alumnos que también reconocen la existencia de los elementos anteriores en ellas. En cuanto a los microorganismos y virus, además de los hongos aumento la percepción en cuanto a sus componentes biológicos pero no de manera significativa.

Las estrategias empleadas ayudaron a los alumnos con problemas de aprendizaje, sin embargo todavía es necesario pulir éstas, para seguir incentivando el cambio conceptual y el desarrollo del pensamiento formal en los alumnos de bachillerato.

Lograr el cambio conceptual en los alumnos, entendido como la reestructuración del conocimiento de los alumnos y el cambio de las concepciones existentes (Chi, Slotta y Leeuw, 1994; Vosniadou, 1994; Pozo, 1999; Banet y Ayuso, 2000; Rodrigo y Pozo, 2001; Gallego, García-Franco y Calderón, 2004), no es un proceso que se pueda dar en el corto tiempo para todos, y además por los resultados obtenidos, los cuales sólo muestran ligeras diferencias numéricas entre el pretest y el posttest, se puede decir que si el cambio conceptual hubiera ocurrido en los alumnos con los que se trabajó, este sería de manera gradual y no de manera radical, como comentan algunos autores. El cambio conceptual es particularmente difícil de alcanzar y mejorar las concepciones alternativas, cuando se requiere la revisión de presuposiciones fundamentales, dentro de un marco teórico (Vosniadou, 1994).

En la etapa de instrucción se detectaron algunas deficiencias en los modelos utilizados, en algunos casos los alumnos no entendieron como debían trabajar, ya

que hizo falta una mayor explicación, sin embargo, al utilizar los modelos pudieron tomar conciencia de los conceptos que se estaban revisando en las clases.

En el caso del grupo control, las lecturas utilizadas permitieron llegar a revisar los mismos conceptos, utilizando la discusión y la elaboración de una red de conceptos, los alumnos lograban ir aclarando éstos.

Ambas estrategias propiciaron el aprendizaje de los conceptos cromosoma, gen, DNA, alelo e información genética en diferente medida, como se ve en las diferentes tablas y gráficas de resultados (anexos 3 y 4). Las ligeras diferencias obtenidas, en el rendimiento de las estrategias, quizá fue afectado por la conformación de los grupos, por el propio investigador, por la manera de implementar las estrategias, por el horario de clase, por el desarrollo cognitivo de los alumnos, entre otros, es decir por la complejidad inherente del proceso de enseñanza-aprendizaje, aún con todo lo anterior, los resultados muestran que hubo un impacto favorable en el aprendizaje con ambas estrategias.

Los resultados muestran también que en la comparación con alumnos del CCH, los alumnos de preparatoria muestran desempeños similares cuando se utilizan estrategias constructivistas, los datos obtenidos en el CCH son similares a los obtenidos por el grupo experimental, en el que se utilizaron modelos para la enseñanza de los conceptos básicos de genética, significa por tanto que independientemente del número de alumnos atendidos, ya sean 13 o 50, las estrategias constructivistas mantienen su eficiencia de aprendizaje, no así el desgaste que puede tener un docente, al trabajar con un promedio de 50 alumnos y con tiempos de clase más reducidos.

El tiempo considerado para la propuesta fue mayor que el marcado en el programa de la asignatura, porque el aprendizaje de estos conceptos básicos deben quedar lo suficientemente claro para la mayoría de los alumnos, lo que ayudara a mejorar el aprendizaje de los temas siguientes, sin embargo las estrategias pueden ajustarse al tiempo marcado en el programa y ser reinterpretadas por los profesores que quisieran utilizarlas. Los materiales

generados también pueden ser utilizados de manera diferente a la propuesta en el trabajo o complementada con otras actividades, para reforzar el aprendizaje de estos conceptos.

Una parte fundamental de todo proceso de enseñanza-aprendizaje es la disposición del profesor para probar una mayor gama de estrategias en el aula y guiar el cambio conceptual de los alumnos, sin ésta, las propuestas dejarían de construirse y reconstruirse en el aula misma.

A lo largo del presente trabajo se pudo observar que el proceso de construcción del conocimiento involucra la activación de conocimientos previos; esta red de conocimientos forma una estructura difícil de cambiar. La estructura cognitiva es susceptible de cambios graduales a través del uso de estrategias de enseñanza-aprendizaje que les lleven a tomar conciencia de lo que saben y realizar las interconexiones necesarias de tales conocimientos. De acuerdo a lo mencionado por Vigotsky (2000), si se trabaja dentro de la zona de desarrollo próximo guiados por el profesor y con el apoyo de sus pares, los conocimientos presentados a través de estrategias podrán ser integrados a su estructura cognitiva, lo que posibilita una reestructuración y por tanto el conocimiento tenderá a ser significativo, guiando así el cambio conceptual.

Las estrategias para apoyar la construcción del conocimiento pueden ser desde experiencias directas o indirectas o de tipo visual o auditivo por ejemplo, estas deben tratar de utilizar el mayor número de sentidos posibles para ayudar en la significatividad del conocimiento presentado, es decir, que los conocimientos construidos sean utilizados en diferentes escenarios. Esta construcción es un proceso dinámico entre pares y entre el profesor y el alumno, los alumnos cambian a través de las guías y ayudas de un estado inicial de comprensión de contenidos hacia un estado final, que puede ser el punto planeado por el profesor o algún punto intermedio entre lo planeado y lo logrado; cabe destacar que se generan cambios de diferente tipo en los alumnos, que pueden ser grandes cambios o cambios graduales y el nivel de cambio dependerá del compromiso de

los estudiantes, de su desarrollo cognitivo, del tipo de estrategia utilizado, de la motivación en el proceso de enseñanza, del profesor y su guía, entre otros factores.

11. CONCLUSIONES

La comparación de estrategias planteada al inicio del presente trabajo, permitió valorar su impacto en la enseñanza de los conceptos básicos de genética. Los resultados, mostraron que ambos grupos alcanzaron aprendizajes similares, ya que las diferencias numéricas obtenidas del instrumento de evaluación, no fueron tan grandes, en ambos casos hubo avances en la comprensión de los conceptos básicos para genética, aunque no en el 100% de los alumnos, debido a la complejidad del proceso de enseñanza-aprendizaje y su medición.

No se puede afirmar, que los alumnos hayan mostrado de manera clara, un cambio de tipo conceptual al final de este proceso de investigación, sin embargo, por los resultados, se puede decir que si este hubiera ocurrido, se consideraría gradual, por la diferencia mínima obtenida al comparar los resultados antes y después de la instrucción en ambos grupos.

El uso de modelos resultó ser una herramienta útil para guiar a los alumnos en la comprensión de entidades abstractas de conocimiento; sin embargo se hace necesario seguir puliendo su uso en el aula. Las lecturas seleccionadas ayudaron al grupo control a comprender conceptos básicos en genética, aunque deben ser complementados con otro tipo de recursos para obtener cada vez mejores resultados.

De la comparación con los resultados obtenidos por alumnos del subsistema CCH –cuya enseñanza se ha basado, desde su fundación en el constructivismo y sus estrategias-, que presentan el mismo desempeño que el grupo experimental de la preparatoria, se puede decir entonces, que la diferencia entre estos dos subsistemas, es el tipo de estrategias que se utilizan para lograr aprendizaje significativo, en los alumnos del bachillerato.

El análisis de las sesiones permite observar las deficiencias en la aplicación de las estrategias; las instrucciones para el uso de los modelos de la molécula del DNA resultaron poco claras para los alumnos, por lo que se necesitó la

retroalimentación personal por equipo durante la sesión. Las instrucciones por tanto deben ser revisadas y reestructuradas.

Las estrategias propuestas pueden ser reinterpretadas por los profesores del bachillerato, respetando la secuencia sugerida o utilizando los recursos de manera separada de acuerdo a la consideración del profesor y para ajustarse al tiempo propuesto en el programa de estudios.

La actividad docente en la Escuela Nacional Preparatoria enfrenta problemas particulares y diferentes a los del Colegio de Ciencias y Humanidades. La asignatura de biología dentro del currículo se revisa en el quinto y sexto año de Preparatoria con cuatro horas a la semana, con un total de 120 horas anuales, que en realidad son sesiones de 50 minutos. Los grupos tienen una población que oscila entre los 50 y 60 alumnos, a veces más de 60, entre otras limitantes, aunque esto no debe ser como tal una limitante, sino la oportunidad para probar una mayor gama de estrategias de enseñanza-aprendizaje, que permitan utilizar el tiempo clase de manera más eficiente.

El modelo de enseñanza más utilizado en los inicios de la Escuela Nacional Preparatoria fue el de tipo expositivo; pero actualmente no sólo se utiliza el modelo anterior, sino también se utilizan otros modelos de enseñanza como el conflicto cognitivo o la investigación dirigida, con apoyo en recursos didácticos como lecturas, videos, presentaciones en power point y acetatos, entre otros.

Considerando la duración de las horas/ clase en la Preparatoria, la aplicación de las estrategias propuestas es factible siempre y cuando se reduzca el tiempo de revisión planteado en este trabajo y; seleccionando o combinado los materiales más representativos para guiar las actividades hacia la comprensión de los conceptos básicos en genética. Se sugiere por ejemplo, una lectura complementada con un modelo. Queda a consideración del profesor su utilización en la secuencia propuesta o como complemento de estrategias desarrolladas de manera personal. Este enfoque didáctico plantea la exploración de más propuestas que permiten hacer un uso efectivo del tiempo de clase y, para ello,

hay que considerar e incluir el uso de un mayor número de modelos de enseñanza así como de recursos didácticos sin olvidar la evaluación de su efectividad en cada sesión. Los docentes son una parte fundamental de esta exploración, su compromiso con sus alumnos permitirá mejorar la educación en el bachillerato.

Los resultados obtenidos permiten tener un primer acercamiento de los conocimientos básicos en genética de la población del bachillerato mexicano, que comparados con estudiantes de Inglaterra, África y España de niveles escolares similares exhiben los mismos problemas de aprendizaje (Banet y Ayuso, 1995; Ramarogo y Wood-Robinson, 1995; Lewis, *et al.* 1998).

Se recomienda continuar con el estudio y desarrollo de materiales didácticos aplicados para el Bachillerato que apoyen la enseñanza y permitan hacer más eficiente el tiempo que se tiene durante las clases, así mismo es necesario reflexionar continuamente sobre los programas de estudio que deben ser cubiertos y el tiempo que se propone para ello.

Los profesores del Bachillerato pueden encontrar en los materiales generados en el presente trabajo, una herramienta más que apoye los procesos de enseñanza-aprendizaje en sus aulas y que los enriquezca a través de la retroalimentación con sus alumnos y sus colegas.

Las estrategias de enseñanza utilizadas en la presente investigación lograron motivar a los alumnos y propiciaron un ambiente de retroalimentación en el aula y con una gran participación durante todas las sesiones.

Se recomienda continuar desarrollando trabajos de investigación educativa que por un lado, permitan la descripción de la población estudiantil mexicana y por otro desarrollen materiales y estrategias que mejoren el proceso de enseñanza-aprendizaje, involucrando más en este tipo de trabajos a los docentes del bachillerato.

12. BIBLIOGRAFÍA

Abril, G. A. M.; Mayoral, M. M. V. y Muela, G. F. J. 2002. Los medios de comunicación social y la didáctica de la genética y la biología molecular en E. S. O. Tomado de www.cesdonbosco.com/revista/congreso/17-Ana%20Maria%20Abril%20Gallego.pdf

Albadalejo, C. y Lucas, A. 1988. Pupils' meanings for "mutation". *Journal of Biological Education*. 22: 215-219

Ausubel, D. P. , Novak, J. D. y Hanesian, H. 2003. *Psicología Educativa, Un punto de vista cognoscitivo*. México. 623 p.

Ayuso, E.; Banet, E. y Abellán, T. 1996. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato: II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios?. *Enseñanza de las Ciencias*. 14(2): 127-142.

Ayuso, E. y Banet, E. 2002. Alternativas a la enseñanza de la genética en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*. 20(1): 133-157.

Bahar, M.; Johnstone, A. H. y Hansell, M. H. 1999a. Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*. 33(2): 84-86.

Bahar, M.; Johnstone, A. H. y Sutcliffe, R. G. 1999b. Investigation of students' structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological Education*. 33(3): 134-141.

Banet, H. E. y Ayuso, F. E. 1995. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. contenidos de enseñanza y conocimiento de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*. 13(2): 137-153.

Banet, H. E. y Ayuso, F. E. 1998. La herencia biológica en la educación secundaria: reflexiones sobre los programas y las estrategias de enseñanza. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*. (16): 21-32.

Banet, H. E. y Ayuso, F. E. 2000. Teaching genetics at secondary school: a strategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education*. (84): 313-351.

Banet, H. E. y Ayuso, F. E. 2003. Teaching of biological inheritance and evolution of living beings in secondary school. *International Journal of Science Education*. 25(3): 373-407.

Barak, J.; Sheva, B. and Gorodetsky, M. 1999. As "process" as it can get: students' understanding of biological processes. *International Journal of Science Education*. 21 (12): 1281-1292.

- Brown, C. R. 1990. Some misconceptions in meiosis shown by students responding to an Advanced level practical examination question in biology. *Journal of Biological Education*. 24(3): 182-186.
- Bugallo, R. A. 1995. La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*. 13(3): 379-385.
- Burns, E. 1995. DNA writing paper: an educational aid in A-level biology. *Journal of Biological Education*. 29(1): 8-12.
- Campanario, J. M. y Otero, J. 2007. La comprensión de los libros de texto. Consultado el 15 de Febrero de 2007 en <http://www2.uah.es/jmc/>.
- Campanario, J. M. 2007. ¿Qué dificultades de control de la comprensión pueden darse en el aprendizaje a partir de textos?. Consultado el 15 de Febrero de 2007 en <http://www2.uah.es/jmc/webens/205.html>.
- Caravita, S. y Halldén, O. 1994. Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*. 4: 89-111.
- Cavallo, A. M. L. 1996. Meaningful learning, reasoning ability and students' understanding and problem solving of topics in genetics. *Journal of Research in Science Teaching*. 33(6): 625-656.
- Chi, M. T. H.; Slotta, J. D. y Leeuw, N. 1994. From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*. 4: 27-43.
- Cho, H.; Kahle, J. B. y Nordland, F. H. 1985. An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Education*. 69(5): 707-719.
- Deadman, J. A. y Kelly, P. J. 1978. What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics?. *Journal of Biological Education*. 12: 7-15
- Del Carmen, L (coord.). 1997. *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Ed. Ice-Horsori. Barcelona. 167p.
- Díaz-Barriga, A. F. y Hernández, R. G. 2002. *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. MacGraw-Hill. México. 232 p.
- Duit, R. y Treagust, D. F. 2003. Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*. 25 (6): 671-688.

Duit, R., Widodo, A. y Müller, Ch. 2002. Constructivist views of teaching and learning in practice: Teachers' views and classroom behaviour. *Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science teaching*. New Orleans. April.

Duschl, R. A. 1997. *Renovar la enseñanza de las ciencias*. Ed. Narcea. España. 149p.

Engel, C. E. y Wood-Robinson, C. 1985. Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*. 19(4): 304-310.

Finkel, E. A. 1996. Making sense of genetics: students knowledge use during problem solving in high school genetics class. *Journal of Research in Science Teaching*. 33(4): 345-368.

Finley, F.; Stewart, J. y Yaroch, W. 1982. Teacher's perceptions of important and difficult science content: The report of a survey. *Science Education*. 66: 531-538

Flores, C. F. y Valdez, G. R. 2005. Enfoques epistemológicos y cambios representacionales y conceptuales. "*Seminario de transformaciones representacionales y conceptuales*". Madrid. 12-13 de Septiembre. Facultad de Psicología. Universidad Autónoma de Madrid.

Flores, F. 2004. El cambio conceptual: interpretaciones, transformaciones y perspectivas. *Educación Química*. 15(3): 256-269.

Fontes, M. A. y Duarte, M. C. 1992. Creencias populares y enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*. 10(1): 89-93.

Gallegos, L.; García-Franco, A. y Calderón, E. 2005. El cambio conceptual y las estrategias de enseñanza-aprendizaje. "*Seminario de transformaciones representacionales y conceptuales*". Madrid. 12-13 de Septiembre. Facultad de Psicología. Universidad Autónoma de Madrid.

Gericke, N. M. y Hagberg, M. 2002. Scientific models of genes function –a historical overview. A basis for teaching gene function. Consultado el 11/ marzo/ 2006 en www.kk.kau.se/svenska/amnesdidaktik2005/pdf/gericke%20_hagberg.pdf

Gilbert, S. W. 1991. Model building and definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*. 28(1): 73-79

Gilbert, J. K.; Boulter, C. y Rutherford, M. 1998. Models in explanations, Part 1: horses for courses?. *International Journal of Science Education*. 20(1): 83-97

Gilbert, J. K.; Boulter, C. y Rutherford, M. 1998. Models in explanations, Part 2: Whose voice? Whose ears?. *International Journal of Science Education*. 20(2): 187-203

Grosslight, L.; Unger, Ch. y Jay, E. 1991. Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*. 28(9): 799-822

Hackling, M. W. y Treagust, D.. 1984. Research data necessary for meaningful review of grade ten high school genetics curricula. *Journal of Research in Science Teaching*. 21(2): 197-209

Harrison, A. G. y Treagust, D. F. 2000. Atypology of school science models. *International Journal of Science Education*. 22(9): 1011-1126.

Jiménez, A. M. P. y Fernández, P. J. 1987. El “desconocido” artículo de Mendel y su empleo en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*. 7(5): 239-246.

Jiménez, A. M. P. y Sanmartí, N. 1997. en Del Carmen L. (coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Ed. ICE/HORSORI. Barcelona. 167 p.

Jiménez, A. M. P. 2005. *El papel de la justificación en la construcción de conocimientos científicos y la ecología intelectual: resultados del proyecto RODA*. “Seminario de transformaciones representacionales y conceptuales”. Madrid. 12-13 de Septiembre. Facultad de Psicología. Universidad Autónoma de Madrid.

Johnstone, A. H. y Mahmoud, N. A. 1980. Isolating topics of high perceived difficulty in school biology. *Journal of Biological Education*. 12 (2): 163-166.

Karbo, D. B.; Hobbs, E. D. y Erickson, G. L. 1980. Children’s beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*. 14(2): 137-146.

Kindfield, A. C. H. 1991. Confusing chromosome number and structure: a common student error. *Journal of Biological Education*. 25(3): 193-200.

Kindfield, A. C. H. 1994. Understanding a basic biological process: expert and novice models of meiosis. *Science Education*. 78(3): 255-283.

Knippels, P. J. M. C.; Waarlo, J. A. y Boersma, Th. K. 2005. Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*. 39(3): 108-112.

Lawson, A. E. y Thompson, L. D. 1988. Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*. 25(9): 733-746.

Lewis, J. 2004. Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understanding of genetics. *International Journal of Science Education*. 26(2): 195-206.

Lewis, J. y Wood-Robinson, C. 2000a. Genes, chromosomes, cell division and inheritance –do students see any relationship?. *International Journal of Science Education*. 22(2): 177-195.

Lewis, J.; Leach, J. y Wood-Robinson, C. 2000b. All in the genes? –young people's understanding of the nature of genes. *International Journal of Science Education*. 34(2): 74-79.

Lewis, J.; Leach, J. y Wood-Robinson, C. 2000c. What's in a cell? –young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education*. 34(3): 129-132.

Lewis, J.; Leach, J. y Wood-Robinson, C. 2000d. Chromosomes: the missing link – young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilisation. *Journal of Biological Education*. 34(4): 189-199.

Lewis, J.; Leach, J. y Wood-Robinson, C. 2000e. Young people's understanding of the nature of genetic information in the cells of an organism. *Journal of Biological Education*. 35(1): 29-36.

Lewis, J.; Wood-Robinson, C.; 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.

Longden, B. 1982. Genetics –are there inherent learning difficulties?. *Journal of Biological Education*. 16(2): 135-140.

Mahadeva, M. N. y Randerson, S. 1982. Mutation: mumbo jumbo. *Science Teaching*. 49: 135-140.

Marbach-Ad, G. and Stavy, R. 2000. Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological Education*. 34(4): 200-205.

Marbach-Ad, G. 2001. Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education*. 35(4): 183-189.

Martins, I. & Ogborn, J. 1997. Metaphorical reasoning about genetics. *International Journal of Science Education*. 19(1): 47-63.

Martínez-Gracia, M. V.; Gil-Quílez, M. J. y Osada, J. 2003. Genetic engineering: a matter that requires further refinement in spanish secondary school textbooks. *International Journal of Science Education*. 25: 1147-1168.

- Mayr, E. 2000. *Así es la biología*. Ed. Debate-pensamiento. México. 326 p.
- Moreira, M. A. y Greca, I. M. 2003. Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciencia & Educação*. 9 (2): 301-315
- Nicholl, L. A. A. y Nicholl, D. S. T. 1987. Modelling the eukaryotic chromosome: a stepped approach. *Journal of Biological Education*. 21(2): 99-103.
- Oliva, J. M. 1999. Ideas para la discusión sobre las concepciones de cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*. 17(1): 115-117.
- Pashley, M. 1994a. A-level students: their problems with gene and allele. *Journal of Biological Education*. 28(2): 120-126.
- Pashley, M. 1994b. A chromosome model. *Journal of Biological Education*. 28(3): 157-161.
- Pearson, J. T. y Hughes, W. J. 1986. Designing an A-level genetics course: I, identifying the necessary concepts and considering their relationships. *Journal of Biological Education*. 20(1): 47-55.
- Pearson, J. T. y Hughes, W. J. 1988. Problems with the use of terminology in genetics education: 2, some examples from published materials and suggestions for rectifying the problem. *Journal of Biological Education*. 22(4): 267-174.
- Pérez, P. R. "Estructura académica y reforma universitaria", en Blanco, J., Coordinador, *La UNAM. Sus estructuras, sus aportes, su crisis, su futuro*, México. CNCA. FCE. 2001.
- Pozo, J. I. 1999. Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias*. 17(3): 513-520.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo M. A. 2004. *Aprender y enseñar ciencia*. 4ª ed. Ed. Morata. Madrid.
- Pozo, J. I. 2005. Ni cambio ni conceptual: la reconstrucción del conocimiento científico como un cambio representacional. Ponencia presentada en el VII Congreso de Enseñanza de las Ciencias. Granada, España. Septiembre.
- Radford, A. y Bird-Stewart, J. A. 1982. Teaching genetics in schools. *Journal of Biological Education*. 16(3): 177-180.
- Ramarogo, G. y Wood-Robinson, C. 1995. Batswana children's understanding of biological inheritance. *Journal of Biological Education*. 29(1): 60-70.

Rodrigo, M. J. y Pozo, J. I. 2001. El cambio representacional en el conocimiento conceptual. *Infancia y Aprendizaje*. 24(4): 407-423.

Romo, P. M. y Gutiérrez, H. 1983. "Los matices del positivismo en la ENP (1867-1964)". *Perfiles educativos*. (2). Jul-Sep: 3-16.

Sanmartí, N. 2002. en López, R. F. (director de la colección). *Las ciencias en la escuela. Teorías y prácticas*. Editorial Laboratorio Educativo. Graó. España. 137 pp.

Serrano, T. 1987. Representaciones de los alumnos en Biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*. 5 (3): 181-188.

Sigüenza, M. A. F. 2000. Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética. *Enseñanza de las Ciencias*. 18(3): 439-450.

Solé, I. 2005. *Estrategias de Lectura*. 17ª ed. Ed. Graó. España. 176 pp.

Tiberghien, A. 1994. Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situation. *Learning and Instruction*. 4: 71-87.

Tolman, R. R. 1982. Difficulties in genetics problems solving. *The american Biology Teacher*. 44: 525-527.

Tsai, C. C. y Huang, C. M. 2001. Development of cognitive structures and information strategies of elementary school students learning about biological reproduction. *Journal of Biological Education*. 36: 21-26.

Tsui, C. y Treagust, D. F. 2002. Learning genetics with multiple external representations: preliminary findings in a laptop school. Consultado el 11 de marzo de 2006 en <http://education.curtin.edu.au/waier/forums/2002/tsui.html>

Tsui, C. y Treagust, D. F. 2004. Conceptual change in learning genetics: an ontological perspective. *Research in Science & Technological Education*. 22(2): 185-202.

UNAM. 1997. *Plan de Estudios 1996. Preparatoria*. Pp. 26

UNAM. Plan de Desarrollo 2002-2006. Escuela Nacional Preparatoria. Pp. 46

Venville, G.; Gribble, S. J. y Donovan, J. 2005. An exploration of young children's understanding of Genetics concepts from ontological and epistemological perspectives. *Science Education*. 89(4): 614-633.

Vosniadou, S. 1994. Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*. 4: 45-69.

Vygostki, L. S: 2000. El desarrollo de los procesos superiores. Ed. Critica. Barcelona. 226 pp.

Zohar, A. y Nemet, F. 2002. Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*. 39(1): 35-62.

13. ANEXO 1. INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN

Edad: _____ Sexo: _____ Grupo: _____

Adeuda materias: Si _____ No _____ ¿Cuántas? _____

Fecha: _____

TAMAÑOS

Instrucciones. Los componentes biológicos que se enlistan abajo forman parte de los seres vivos, marca con una paloma los que conozcas y después acomódalos en orden descendente por tamaños.

Célula cromosoma gen organismo

Núcleo DNA

El más grande

El más pequeño

SERES VIVOS

Instrucciones. Estas preguntas son acerca de diferentes seres vivos. Marca con una "X" en el recuadro de Sí o No según sea el caso

a) ¿Alguna vez has oído hablar acerca de los siguientes organismos?

| | Sí | No |
|-----------|--------------------------|--------------------------|
| Árboles | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ballenas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Helechos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Hongos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Virus | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Bacterias | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Insectos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Musgos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

b) ¿Cuántas células componen a los organismos que marcaste? Marca una opción para cada uno.

| | | | | | | | | |
|-----------|---------|--------------------------|-----|--------------------------|--------|--------------------------|-------|--------------------------|
| Árboles | ninguna | <input type="checkbox"/> | una | <input type="checkbox"/> | muchas | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Ballenas | ninguna | <input type="checkbox"/> | una | <input type="checkbox"/> | muchas | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Helechos | ninguna | <input type="checkbox"/> | una | <input type="checkbox"/> | muchas | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Hongos | ninguna | <input type="checkbox"/> | una | <input type="checkbox"/> | muchas | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Virus | ninguna | <input type="checkbox"/> | una | <input type="checkbox"/> | muchas | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Bacterias | ninguna | <input type="checkbox"/> | una | <input type="checkbox"/> | muchas | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Insectos | ninguna | <input type="checkbox"/> | una | <input type="checkbox"/> | muchas | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Musgos | ninguna | <input type="checkbox"/> | una | <input type="checkbox"/> | muchas | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |

c) Para cada uno de los organismos que marcaste señala con una "X" si contienen o no cromosomas.

| | | | | | | |
|-----------|----|--------------------------|----|--------------------------|-------|--------------------------|
| Árboles | Sí | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Ballenas | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Helechos | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Hongos | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Virus | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Bacterias | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Insectos | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Musgos | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |

d) Para cada uno de los organismos que marcaste señala con una "X" si contienen o no genes.

| | | | | | | |
|-----------|----|--------------------------|----|--------------------------|-------|--------------------------|
| Árboles | Sí | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Ballenas | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Helechos | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Hongos | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Virus | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Bacterias | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Insectos | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Musgos | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |

e) Para cada uno de los organismos que marcaste señala con una "X" si contienen información genética.

| | | | | | | |
|-----------|----|--------------------------|----|--------------------------|-------|--------------------------|
| Árboles | Sí | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Ballenas | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Helechos | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Hongos | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Virus | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Bacterias | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Insectos | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |
| Musgos | Si | <input type="checkbox"/> | No | <input type="checkbox"/> | no se | <input type="checkbox"/> |

TÉRMINOS BIOLÓGICOS

Instrucciones. Con estas preguntas nos interesa saber si conoces los siguientes términos biológicos: *Gen, DNA, Núcleo, cromosoma, alelo, información genética*. Marca con una X el recuadro que describa lo que conoces. Si puedes, por favor contesta las preguntas, si no puedes responderlas pon una cruz junto a ellas.

GENES

Nunca he oído hablar de genes

Conozco el término pero no se qué son en realidad

Se qué son los genes y puedo decir algo acerca de ellos

- a) ¿En tu cuerpo dónde se encuentran los genes?
- b) ¿Dé qué están hechos los genes?
- c) ¿Por qué son importantes los genes?

DNA

Nunca he oído hablar de DNA

He oído del DNA pero no se qué es

He oído del DNA y puedo decir algo acerca del DNA

- a) En tu cuerpo ¿dónde hay DNA?
- b) ¿Es importante el DNA? ¿por qué?

NÚCLEO

Nunca he oído hablar del núcleo

He oído hablar del núcleo pero no se qué es con exactitud

He oído hablar del núcleo y puedo decir algo acerca del núcleo

- a) ¿Dónde esta el núcleo?
- b) ¿Qué contiene el núcleo?
- c) ¿Cuál es su función?

CROMOSOMAS

Nunca he oído hablar de cromosomas

He oído hablar de cromosomas pero no se qué son

He oído hablar de cromosomas y puedo decir algo acerca de ellos.

- a) ¿Dónde están los cromosomas?
- b) ¿De qué están hechos los cromosomas?
- c) ¿Son importantes los cromosomas? ¿Por qué?

ALELOS

Nunca he oído hablar de alelos

He oído hablar de alelos pero no se qué son

He oído hablar de alelos y puedo decir algo acerca de ellos

- a) ¿Cómo describirías a un alelo?

INFORMACIÓN GENÉTICA

Nunca he oído hablar de la información genética

He oído hablar de información genética pero no se qué es exactamente

He oído hablar de la información genética y puedo decir algo acerca de ella

- a) ¿Qué crees que signifique “información genética”?

Instrumento tomado y modificado de Lewis, Leach y Wood-Robinson, (2000a) de la Universidad de Leeds.

14. ANEXO 2. PRUEBA OBJETIVA

Edad: _____ Sexo: _____ Grupo: _____

Adeuda materias: Si _____ No _____ ¿Cuántas? _____

Fecha: _____

Subraya la opción correcta

1) El DNA es una molécula compuesta por:

- a) Aminoácidos
- b) Nucleótidos
- c) Polipéptidos
- d) Nucleosomas
- e) Azúcares

2) Un nucleótido está formado por:

- a) Aminoácido + Grupo Fosfato + Base nitrogenada
- b) Lípido + Grupo amino + Base nitrogenada
- c) Azúcar + Grupo amino + Base nitrogenada
- d) Azúcar + Grupo Fosfato + Base nitrogenada
- e) Polipéptido + Aminoácido + Base nitrogenada

3) Las bases nitrogenadas del DNA son:

- a) Adenina, uracilo, citosina, timina
- b) Citosina, guanina, uracilo, adenina
- c) Adenina, guanina, citosina, timina
- d) Uracilo, timina, adenina, guanina
- e) Guanina, uracilo, citosina, timina

4) El DNA se localiza en:

- a) Ribosomas
- b) Vacuolas
- c) Lisosomas
- d) Aparato de Golgi
- e) Núcleo

5) Los genes son secuencias organizadas hechas de:

- a) Proteínas
- b) Lípidos
- c) Polipéptidos
- d) DNA
- e) Carbohidratos

6) Los cromosomas son estructuras hechas de:

- a) DNA + Proteínas
- b) RNA + Proteínas
- c) Proteínas + carbohidratos
- d) Lípidos + Proteínas
- e) Lípidos +carbohidratos

7) La adenina en la cadena de DNA se une con:

- a) Guanina
- b) Timina
- c) Citosina
- d) Uracilo
- e) Adenina

8) La citosina en la cadena de DNA se une con:

- a) Adenina
- b) Citosina
- c) Timina
- d) Guanina
- e) Uracilo

9) El DNA de todos nuestros cromosomas de una sola de nuestras células desenrollado mide:

- a) 2m.
- b) 5m.
- c) 3m.
- d) 1m.
- e) 7m.

10) Durante la división celular el DNA forma:

- a) Cromatina
- b) Genes
- c) Cromosomas
- d) Centrosomas
- e) Centromero

11) El DNA se encuentra en forma de _____ cuando la célula no se esta dividiendo.

- a) Centrómero
- b) Cromatina
- c) Cromosoma
- d) Genes
- e) Centrosoma

12) Se sabe que para el gen del color de semilla de chícharo pueden existir la variedad verde y la variedad amarilla, a esas formas diferentes del gen se les llama:

- a) Homocigoto
- b) Alelo
- c) Heterocigoto
- d) Alteración
- e) Mutación

13) Si una pareja sana para la fibrosis cística , tiene un hijo que presenta esta enfermedad, ¿quién segregó los alelos defectuosos?

- a) Padre
- b) Madre
- c) Ambos padres
- d) Abuelo
- e) Abuela

14) En un matrimonio en el cual el padre presenta la enfermedad llamada fenilcetonuria cuya esposa es una mujer sana, tienen un hijo con fenilcetonuria ¿quién segregó los alelos defectuosos?

- a) Madre
- b) Padre
- c) Abuela
- d) Ambos padres
- e) Abuelo

15) Para que se presente la enfermedad de fibrosis cística el individuo debe tener dos alelos defectuosos, es decir, es:

- a) Heterocigoto
- b) Homeotermo
- c) Heterótrofo
- d) Quimiotrofo
- e) Homocigoto

16) Cuando un alelo es _____ solo se necesita que uno de los progenitores lo segregue para que el carácter se presente.

- a) Recesivo
- b) Dominante
- c) Persistente
- d) Débil
- e) Neutro

17) Las proteínas asociadas al DNA se llaman:

- a) Histidina
- b) Histonas
- c) Estructurales
- d) Valina
- e) Enzimas

18) La fenilcetonuria es una enfermedad genética que provoca una acumulación del aminoácido _____ lo que afecta al cerebro, produciendo retraso mental.

- a) Valina
- b) Fenilalanina
- c) Prolina
- d) Asparagina
- e) Lisina

19) La fibrosis cística es una enfermedad genética que afecta:

- a) Pulmones
- b) Riñones
- c) Hígado
- d) Bazo
- e) Intestino

20) Las enfermedades genéticas son consecuencia de la sustitución de _____ normales por anormales.

- a) Aminoácidos
- b) Polipéptidos
- c) Carbohidratos
- d) Genes
- e) Lípidos

15. ANEXO 3. TABLAS DE RESULTADOS

TABLA 2. FRECUENCIA DE ORDENAMIENTO DE LOS NIVELES DE ORGANIZACIÓN (TAMAÑOS). PRETEST-POSTEST GRUPO CONTROL-GRUPO EXPERIMENTAL

| ORDENAMIENTOS | 120000 | 123456 | 123460 | 123465 | 123540 | 123546 | 123564 | 123645 | 123654 | 124563 | 124635 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PRETEST CONTROL | 0.02 | 0.08 | 0.02 | 0.04 | 0.00 | 0.04 | 0.10 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.00 |
| PRETEST EXPERIMENTAL | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.09 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.02 |
| POSTEST CONTROL | 0.00 | 0.19 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.09 | 0.30 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.00 |
| POSTEST EXPERIMENTAL | 0.00 | 0.16 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.09 | 0.14 | 0.02 | 0.16 | 0.02 | 0.02 |

TABLA 3. SERES VIVOS. A) ¿ALGUNA VEZ HAS OIDO HABLAR DE?:

| | GRUPO CONTROL | | | | | | GRUPO EXPERIMENTAL | | | | | | CCH FINAL | | |
|-----------|---------------|------|----|---------|------|----|--------------------|------|----|---------|------|----|-----------|------|----|
| | PRETEST | | | POSTEST | | | PRETEST | | | POSTEST | | | SÍ | NO | N |
| | SÍ | NO | N | SÍ | NO | N | SÍ | NO | N | SÍ | NO | N | | | |
| ÁRBOLES | 1.00 | 0.00 | 49 | 1.00 | 0.00 | 46 | 1.00 | 0.00 | 42 | 1.00 | 0.00 | 43 | 1.00 | 0.00 | 13 |
| BALLENAS | 0.98 | 0.02 | 50 | 1.00 | 0.00 | 46 | 1.00 | 0.00 | 42 | 1.00 | 0.00 | 43 | 1.00 | 0.00 | 13 |
| HELECHOS | 0.88 | 0.13 | 48 | 0.96 | 0.04 | 46 | 0.81 | 0.19 | 42 | 0.79 | 0.21 | 43 | 0.92 | 0.08 | 13 |
| HONGOS | 1.00 | 0.00 | 50 | 1.00 | 0.00 | 46 | 1.00 | 0.00 | 42 | 0.95 | 0.05 | 43 | 1.00 | 0.00 | 13 |
| VIRUS | 0.98 | 0.02 | 50 | 1.00 | 0.00 | 46 | 1.00 | 0.00 | 42 | 1.00 | 0.00 | 43 | 1.00 | 0.00 | 13 |
| BACTERIAS | 0.94 | 0.06 | 50 | 0.98 | 0.02 | 46 | 1.00 | 0.00 | 42 | 1.00 | 0.00 | 43 | 1.00 | 0.00 | 13 |
| INSECTOS | 1.00 | 0.00 | 50 | 0.98 | 0.02 | 46 | 1.00 | 0.00 | 42 | 1.00 | 0.00 | 43 | 1.00 | 0.00 | 13 |
| MUSGOS | 0.72 | 0.28 | 50 | 0.85 | 0.15 | 46 | 0.79 | 0.21 | 42 | 0.79 | 0.21 | 43 | 0.92 | 0.08 | 13 |

TABLA 4. SERES VIVOS. B) ¿CUÁNTAS CÉLULAS COMPONEN A LOS SIGUIENTES ORGANISMOS?

| | GRUPO CONTROL | | | | | GRUPO EXPERIMENTAL | | | | | CCH | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------|------|------|------|----|--------------------|------|------|------|---------|------|------|------|------|---------|------|------|------|-------|----|------|------|------|------|----|
| | PRETEST | | | | N | POSTEST | | | | PRETEST | | | | N | POSTEST | | | | FINAL | | | | | | |
| | NIN | U | M | NS | | NIN | U | M | NS | NIN | U | M | NS | | NIN | U | M | NS | NIN | U | M | NS | N | | |
| ÁRBOLES | 0.08 | 0.04 | 0.80 | 0.08 | 50 | 0.02 | 0.04 | 0.91 | 0.02 | 46 | 0.10 | 0.10 | 0.68 | 0.12 | 41 | 0.02 | 0.07 | 0.77 | 0.14 | 43 | 0.00 | 0.00 | 0.85 | 0.15 | 13 |
| BALLENAS | 0.00 | 0.02 | 0.90 | 0.08 | 50 | 0.00 | 0.02 | 0.98 | 0.00 | 46 | 0.00 | 0.02 | 0.95 | 0.02 | 41 | 0.00 | 0.07 | 0.91 | 0.02 | 43 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 13 |
| HELECHOS | 0.02 | 0.06 | 0.69 | 0.22 | 49 | 0.00 | 0.04 | 0.80 | 0.15 | 46 | 0.12 | 0.02 | 0.55 | 0.31 | 42 | 0.00 | 0.05 | 0.58 | 0.37 | 43 | 0.00 | 0.00 | 0.85 | 0.15 | 13 |
| HONGOS | 0.06 | 0.21 | 0.50 | 0.23 | 48 | 0.07 | 0.02 | 0.74 | 0.16 | 43 | 0.12 | 0.10 | 0.59 | 0.20 | 41 | 0.02 | 0.10 | 0.57 | 0.31 | 42 | 0.00 | 0.00 | 0.75 | 0.25 | 12 |
| VIRUS | 0.26 | 0.44 | 0.12 | 0.18 | 50 | 0.22 | 0.39 | 0.22 | 0.17 | 46 | 0.39 | 0.34 | 0.20 | 0.07 | 41 | 0.21 | 0.35 | 0.21 | 0.23 | 43 | 0.62 | 0.23 | 0.00 | 0.15 | 13 |
| BACTERIAS | 0.14 | 0.59 | 0.14 | 0.12 | 49 | 0.07 | 0.51 | 0.24 | 0.18 | 45 | 0.31 | 0.38 | 0.24 | 0.07 | 42 | 0.09 | 0.44 | 0.28 | 0.19 | 43 | 0.42 | 0.33 | 0.08 | 0.17 | 12 |
| INSECTOS | 0.00 | 0.08 | 0.73 | 0.18 | 49 | 0.00 | 0.02 | 0.96 | 0.02 | 46 | 0.00 | 0.12 | 0.69 | 0.19 | 42 | 0.00 | 0.09 | 0.88 | 0.02 | 43 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 12 |
| MUSGOS | 0.04 | 0.06 | 0.53 | 0.37 | 49 | 0.00 | 0.06 | 0.72 | 0.22 | 36 | 0.12 | 0.05 | 0.50 | 0.33 | 42 | 0.00 | 0.12 | 0.53 | 0.35 | 43 | 0.00 | 0.00 | 0.69 | 0.31 | 13 |

Donde:

NIN: Ninguna

U: Una

M: Muchas

NS: No sé

N: alumnos en el grupo

TABLA 5. SERES VIVOS. C) ¿LOS SIGUIENTES ORGANISMOS CONTIENEN CROMOSOMAS?

| | GRUPO CONTROL | | | | GRUPO EXPERIMENTAL | | | | CCH | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------|------|-------|----|--------------------|------|-------|---------|------|-------|------|---------|------|-------|-------|----|-------|------|------|----|
| | PRETEST | | | N | POSTEST | | | PRETEST | | | N | POSTEST | | | FINAL | | | | | |
| | SÍ | NO | NO SÉ | | SÍ | NO | NO SÉ | SÍ | NO | NO SÉ | | SÍ | NO | NO SÉ | SÍ | NO | NO SÉ | N | | |
| ÁRBOLES | 0.48 | 0.26 | 0.26 | 50 | 0.78 | 0.13 | 0.09 | 46 | 0.33 | 0.50 | 0.18 | 40 | 0.74 | 0.19 | 0.07 | 42 | 0.92 | 0.00 | 0.08 | 13 |
| BALLENAS | 0.94 | 0.00 | 0.06 | 50 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 46 | 0.98 | 0.00 | 0.02 | 42 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 42 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 13 |
| HELECHOS | 0.29 | 0.29 | 0.43 | 49 | 0.67 | 0.15 | 0.17 | 46 | 0.26 | 0.41 | 0.33 | 39 | 0.48 | 0.26 | 0.26 | 42 | 0.85 | 0.00 | 0.15 | 13 |
| HONGOS | 0.35 | 0.31 | 0.35 | 49 | 0.73 | 0.13 | 0.13 | 45 | 0.23 | 0.60 | 0.18 | 40 | 0.50 | 0.31 | 0.19 | 42 | 0.92 | 0.00 | 0.08 | 13 |
| VIRUS | 0.14 | 0.45 | 0.41 | 49 | 0.29 | 0.58 | 0.13 | 45 | 0.25 | 0.65 | 0.10 | 40 | 0.37 | 0.35 | 0.28 | 43 | 0.23 | 0.62 | 0.15 | 13 |
| BACTERIAS | 0.24 | 0.37 | 0.39 | 49 | 0.37 | 0.46 | 0.17 | 46 | 0.27 | 0.63 | 0.10 | 41 | 0.40 | 0.28 | 0.33 | 43 | 0.31 | 0.54 | 0.15 | 13 |
| INSECTOS | 0.82 | 0.04 | 0.14 | 50 | 0.98 | 0.00 | 0.02 | 46 | 0.90 | 0.07 | 0.02 | 42 | 0.98 | 0.02 | 0.00 | 42 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 13 |
| MUSGOS | 0.22 | 0.22 | 0.55 | 49 | 0.69 | 0.09 | 0.22 | 45 | 0.20 | 0.45 | 0.35 | 40 | 0.43 | 0.24 | 0.33 | 42 | 0.62 | 0.08 | 0.31 | 13 |

TABLA 6. SERES VIVOS. D) ¿LOS SIGUIENTES ORGANISMOS CONTIENEN GENES?

| | GRUPO CONTROL | | | | | | | | GRUPO EXPERIMENTAL | | | | | | | | CCH FINAL | | | |
|-----------|---------------|------|-------|----|---------|------|-------|----|--------------------|------|-------|----|---------|------|-------|----|-----------|------|-------|----|
| | PRETEST | | | | POSTEST | | | | PRETEST | | | | POSTEST | | | | SÍ | NO | NO SÉ | N |
| | SÍ | NO | NO SÉ | N | SÍ | NO | NO SÉ | N | SÍ | NO | NO SÉ | N | SÍ | NO | NO SÉ | N | | | | |
| ÁRBOLES | 0.66 | 0.21 | 0.13 | 47 | 0.76 | 0.09 | 0.15 | 46 | 0.46 | 0.33 | 0.21 | 39 | 0.72 | 0.19 | 0.09 | 43 | 0.85 | 0.00 | 0.15 | 13 |
| BALLENAS | 0.96 | 0.00 | 0.04 | 48 | 0.98 | 0.00 | 0.02 | 46 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 40 | 0.95 | 0.05 | 0.00 | 43 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 13 |
| HELECHOS | 0.56 | 0.15 | 0.29 | 48 | 0.70 | 0.11 | 0.20 | 46 | 0.41 | 0.33 | 0.26 | 39 | 0.48 | 0.19 | 0.33 | 42 | 0.85 | 0.00 | 0.15 | 13 |
| HONGOS | 0.49 | 0.22 | 0.29 | 49 | 0.74 | 0.11 | 0.15 | 46 | 0.31 | 0.36 | 0.33 | 39 | 0.55 | 0.21 | 0.24 | 42 | 0.77 | 0.08 | 0.15 | 13 |
| VIRUS | 0.21 | 0.50 | 0.29 | 48 | 0.27 | 0.51 | 0.22 | 45 | 0.36 | 0.49 | 0.15 | 39 | 0.33 | 0.44 | 0.23 | 43 | 0.15 | 0.46 | 0.38 | 13 |
| BACTERIAS | 0.27 | 0.38 | 0.35 | 48 | 0.43 | 0.37 | 0.20 | 46 | 0.41 | 0.46 | 0.13 | 39 | 0.44 | 0.33 | 0.23 | 43 | 0.23 | 0.46 | 0.31 | 13 |
| INSECTOS | 0.90 | 0.00 | 0.10 | 49 | 0.98 | 0.00 | 0.02 | 46 | 0.98 | 0.00 | 0.03 | 40 | 0.93 | 0.02 | 0.05 | 42 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 13 |
| MUSGOS | 0.45 | 0.15 | 0.40 | 47 | 0.67 | 0.09 | 0.24 | 46 | 0.31 | 0.33 | 0.36 | 39 | 0.38 | 0.29 | 0.33 | 42 | 0.46 | 0.08 | 0.46 | 13 |

TABLA 7. SERES VIVOS. E) ¿LOS SIGUIENTES ORGANISMOS CONTIENEN INFORMACIÓN GENÉTICA?

| | GRUPO CONTROL | | | | | | | | GRUPO EXPERIMENTAL | | | | | | | | CCH FINAL | | | |
|-----------|---------------|------|-------|----|---------|------|-------|----|--------------------|------|-------|----|---------|------|-------|----|-----------|------|-------|----|
| | PRETEST | | | | POSTEST | | | | PRETEST | | | | POSTEST | | | | SÍ | NO | NO SÉ | N |
| | SÍ | NO | NO SÉ | N | SÍ | NO | NO SÉ | N | SÍ | NO | NO SÉ | N | SÍ | NO | NO SÉ | N | | | | |
| ÁRBOLES | 0.72 | 0.12 | 0.16 | 50 | 0.78 | 0.11 | 0.11 | 46 | 0.60 | 0.26 | 0.14 | 42 | 0.81 | 0.09 | 0.09 | 43 | 0.77 | 0.08 | 0.15 | 13 |
| BALLENAS | 0.96 | 0.02 | 0.02 | 50 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 46 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 42 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 43 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 13 |
| HELECHOS | 0.59 | 0.20 | 0.20 | 49 | 0.74 | 0.11 | 0.15 | 46 | 0.52 | 0.29 | 0.19 | 42 | 0.63 | 0.19 | 0.19 | 43 | 0.77 | 0.08 | 0.15 | 13 |
| HONGOS | 0.66 | 0.20 | 0.14 | 50 | 0.76 | 0.09 | 0.15 | 46 | 0.50 | 0.31 | 0.19 | 42 | 0.67 | 0.14 | 0.19 | 43 | 0.85 | 0.00 | 0.15 | 13 |
| VIRUS | 0.60 | 0.22 | 0.18 | 50 | 0.61 | 0.30 | 0.09 | 46 | 0.43 | 0.50 | 0.07 | 42 | 0.44 | 0.40 | 0.16 | 43 | 0.38 | 0.38 | 0.23 | 13 |
| BACTERIAS | 0.65 | 0.20 | 0.14 | 49 | 0.64 | 0.24 | 0.11 | 45 | 0.38 | 0.48 | 0.14 | 42 | 0.53 | 0.30 | 0.16 | 43 | 0.38 | 0.38 | 0.23 | 13 |
| INSECTOS | 0.96 | 0.00 | 0.04 | 50 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 46 | 0.93 | 0.05 | 0.02 | 42 | 0.98 | 0.02 | 0.00 | 43 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 13 |
| MUSGOS | 0.57 | 0.08 | 0.35 | 49 | 0.71 | 0.07 | 0.22 | 45 | 0.36 | 0.26 | 0.38 | 42 | 0.51 | 0.26 | 0.23 | 43 | 0.62 | 0.00 | 0.38 | 13 |

TÉRMINOS BIOLÓGICOS

TABLA 8. FRECUENCIAS PRETEST-POSTEST GRUPO CONTROL- GRUPO EXPERIMENTAL-CCH.

| | GENES | | | | | DNA | | | | | NÚCLEO | | | | |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------|
| | PRE- CON. | POST- CON. | PRE- EXP. | POST- EXP. | CCH | PRE- CON. | POST- CON. | PRE- EXP. | POST- EXP. | CCH | PRE- CON. | POST- CON. | PRE- EXP. | POST- EXP. | CCH |
| NUNCA HE OÍDO | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.0217 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.0217 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| HE OÍDO PERO NO SE QUÉ ES | 0.54 | 0.1333 | 0.50 | 0.1395 | 0.0769 | 0.24 | 0.087 | 0.2619 | 0.0465 | 0.00 | 0.46 | 0.1304 | 0.4048 | 0.1628 | 0.0769 |
| SE QUÉ ES | 0.40 | 0.7778 | 0.50 | 0.8372 | 0.8462 | 0.7 | 0.8043 | 0.7381 | 0.9535 | 0.8462 | 0.38 | 0.7174 | 0.5714 | 0.814 | 0.7692 |
| SIN RESPUESTA | 0.04 | 0.0889 | 0.00 | 0.0233 | 0.0769 | 0.06 | 0.087 | 0.00 | 0.00 | 0.1538 | 0.10 | 0.1304 | 0.0238 | 0.0233 | 0.1538 |
| PREGUNTAS A DESARROLLAR | FRECUENCIA DE NO RESPUESTA | | | | | | | | | | | | | | |
| A) | 0.38 | 0.1333 | 0.381 | 0.0698 | 0.1538 | 0.28 | 0.0652 | 0.2857 | 0.093 | 0.2308 | 0.36 | 0.0652 | 0.2143 | 0.093 | 0.1538 |
| B) | 0.68 | 0.2667 | 0.619 | 0.2791 | 0.1538 | 0.32 | 0.1739 | 0.3333 | 0.1163 | 0.2308 | 0.58 | 0.1957 | 0.6429 | 0.2326 | 0.3846 |
| C) | 0.34 | 0.1556 | 0.3095 | 0.1163 | 0.3077 | * | * | * | * | * | 0.70 | 0.3913 | 0.7143 | 0.4884 | 0.6923 |

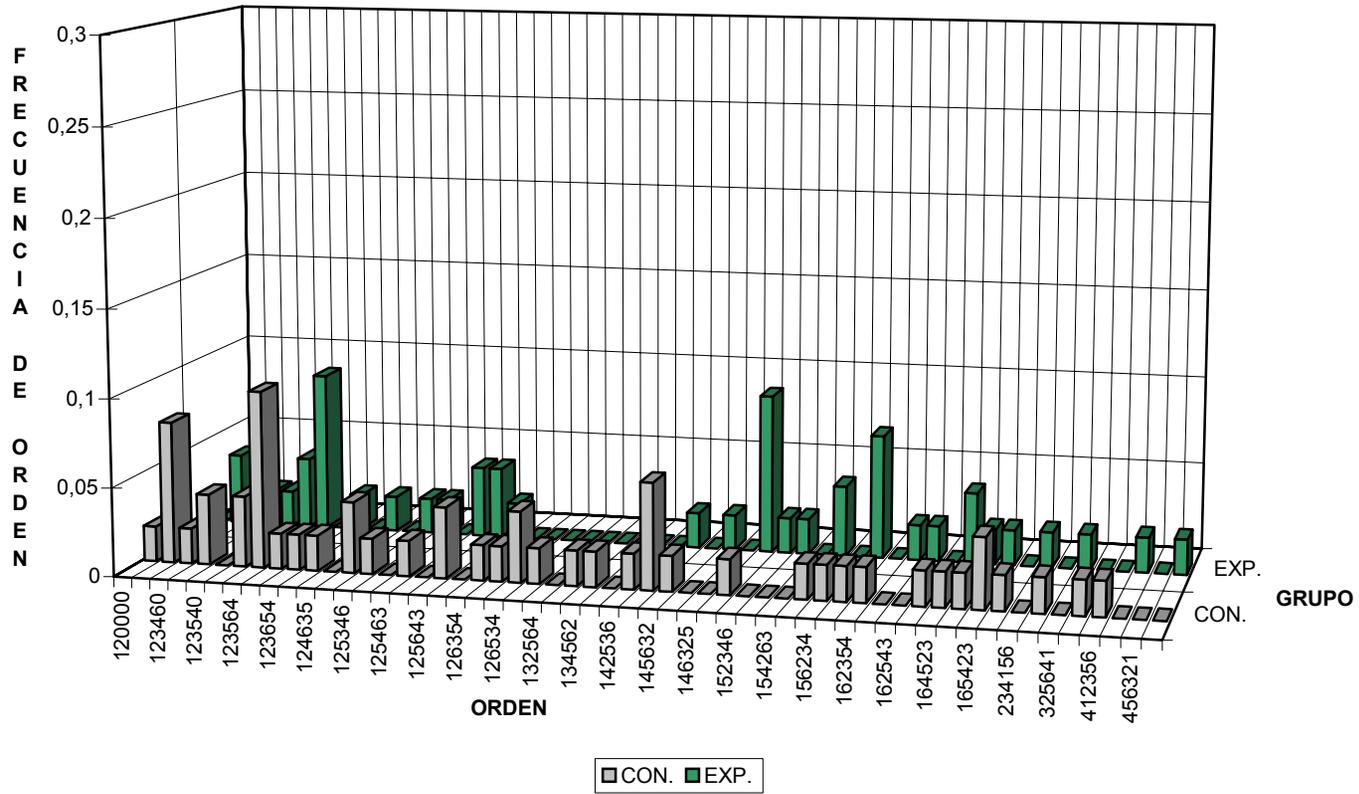
*: NO EXISTE LA PREGUNTA

| | CROMOSOMAS | | | | | ALELOS | | | | | INFORMACIÓN GENÉTICA | | | | |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------|----------------------|---------------|--------------|---------------|--------|
| | PRE- CON. | POST- CON. | PRE- EXP. | POST- EXP. | CCH | PRE- CON. | POST- CON. | PRE- EXP. | POST- EXP. | CCH | PRE- CON. | POST- CON. | PRE- EXP. | POST- EXP. | CCH |
| NUNCA HE OÍDO | 0.02 | 0.00 | 0.0714 | 0.00 | 0.00 | 0.82 | 0.0435 | 0.7857 | 0.0698 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| HE OÍDO PERO NO SE QUÉ ES | 0.50 | 0.1087 | 0.619 | 0.1163 | 0.0769 | 0.14 | 0.4783 | 0.1905 | 0.3953 | 0.2308 | 0.50 | 0.1739 | 0.6429 | 0.0698 | 0.2308 |
| SE QUÉ ES | 0.44 | 0.7609 | 0.2857 | 0.8605 | 0.7692 | 0.00 | 0.3261 | 0.00 | 0.4884 | 0.6154 | 0.44 | 0.6957 | 0.3333 | 0.9302 | 0.6154 |
| SIN RESPUESTA | 0.04 | 0.1304 | 0.0238 | 0.0233 | 0.1538 | 0.04 | 0.1522 | 0.0238 | 0.0465 | 0.1538 | 0.06 | 0.1304 | 0.0238 | 0.00 | 0.1538 |
| PREGUNTAS A DESARROLLAR | FRECUENCIA DE NO RESPUESTA | | | | | | | | | | | | | | |
| A) | 0.52 | 0.1304 | 0.619 | 0.186 | 0.1538 | 0.98 | 0.587 | 0.9762 | 0.5116 | 0.6154 | 0.22 | 0.1304 | 0.1905 | 0.0233 | 0.4615 |
| B) | 0.78 | 0.1522 | 0.881 | 0.3023 | 0.3846 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| C) | 0.50 | 0.2609 | 0.7143 | 0.2791 | 0.4315 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |

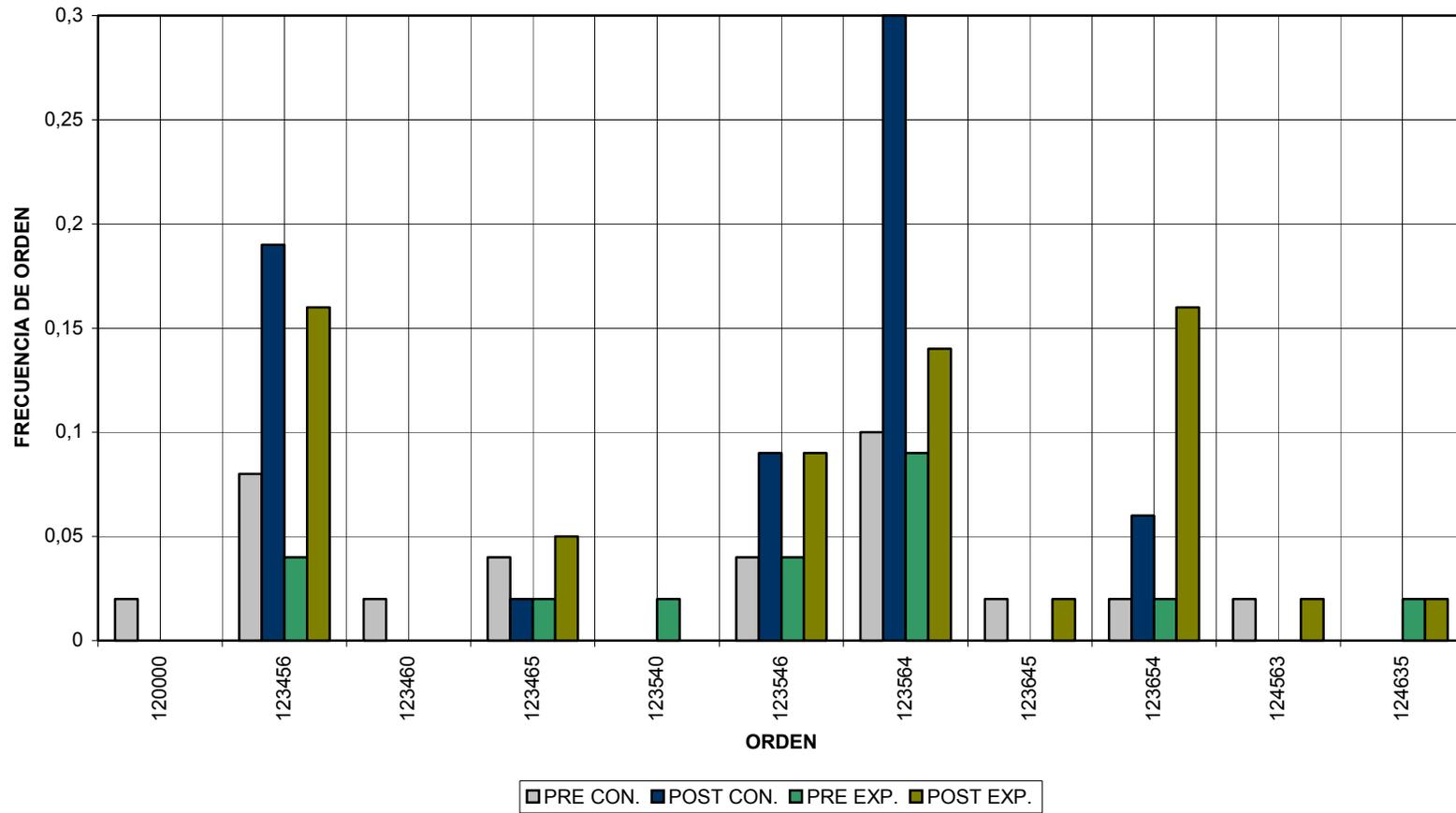
* NO EXISTE LA PREGUNTA

16. ANEXO 4. GRÁFICAS

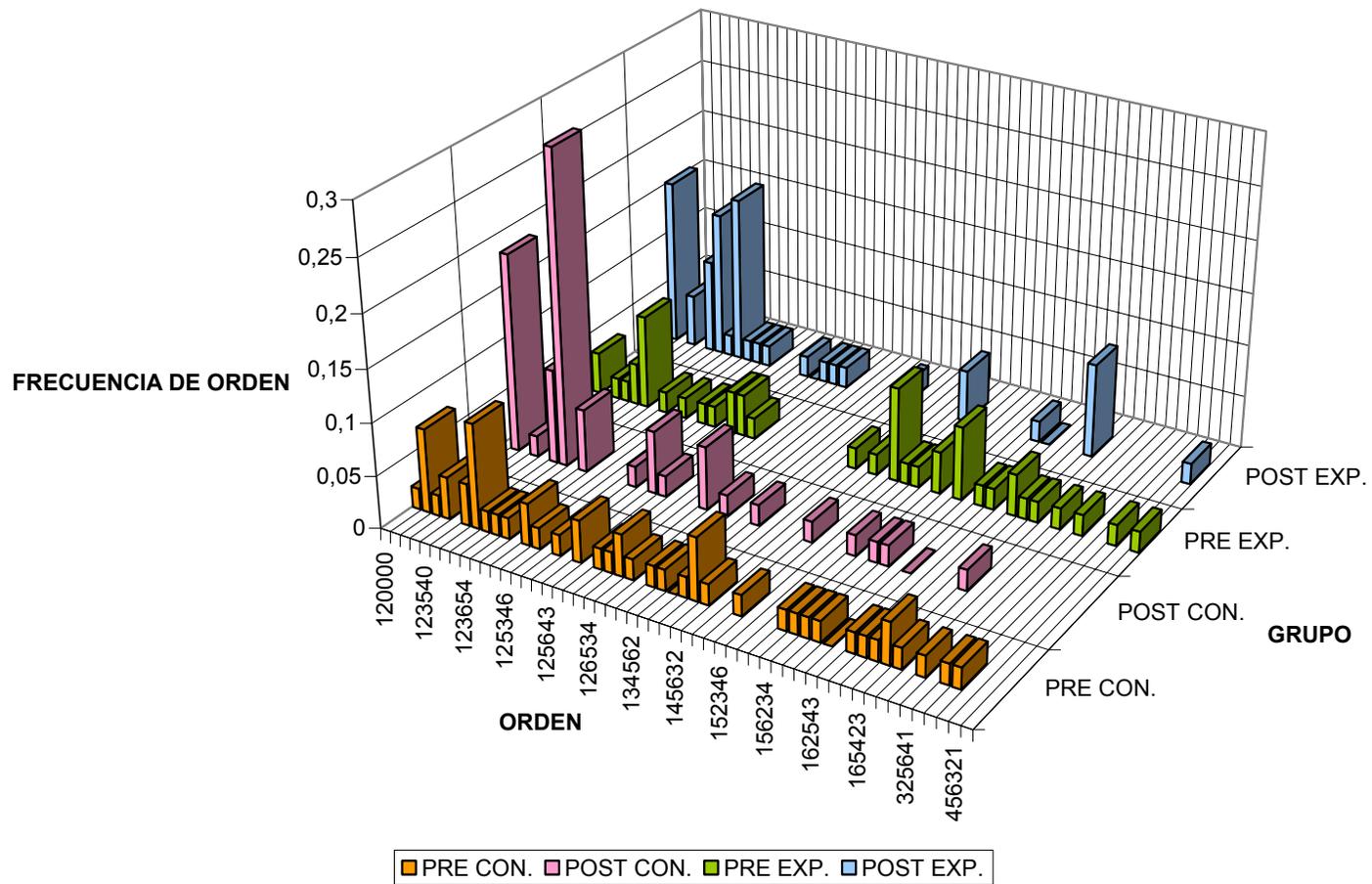
GRÁFICA 3. SECUENCIA DOS DE ORDENAMIENTO
PRETEST GRUPO CONTROL-GRUPO EXPERIMENTAL



**GRÁFICA 4. SECUENCIA DOS DE ORDENAMIENTO
PRETEST POSTEST GRUPO CONTROL-GRUPO EXPERIMENTAL. FRECUENCIAS MÁS ALTAS**

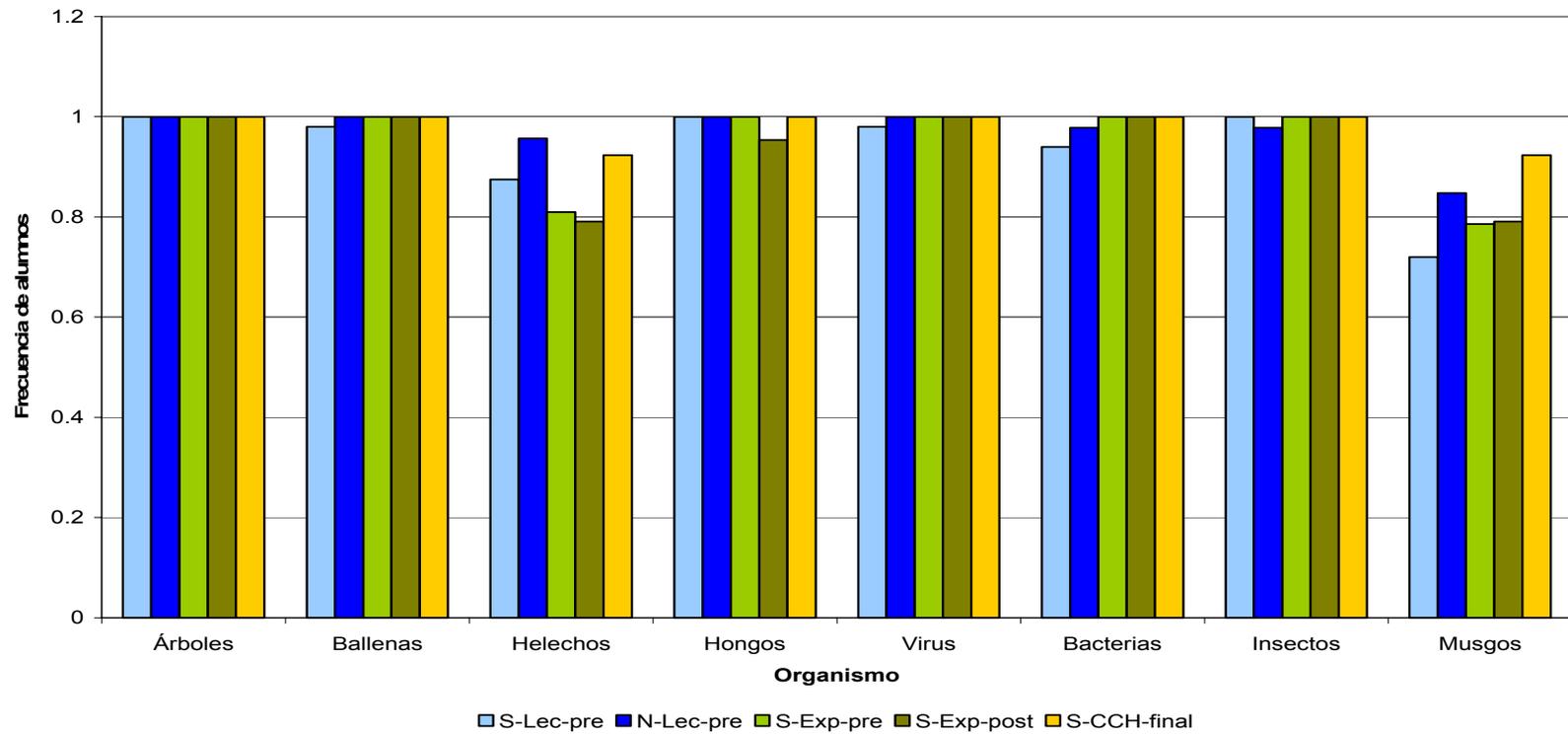


GRÁFICA 5. SECUENCIA DOS DE ORDENAMIENTO PRETEST-POSTEST GRUPO CONTROL-GRUPO EXPERIMENTAL

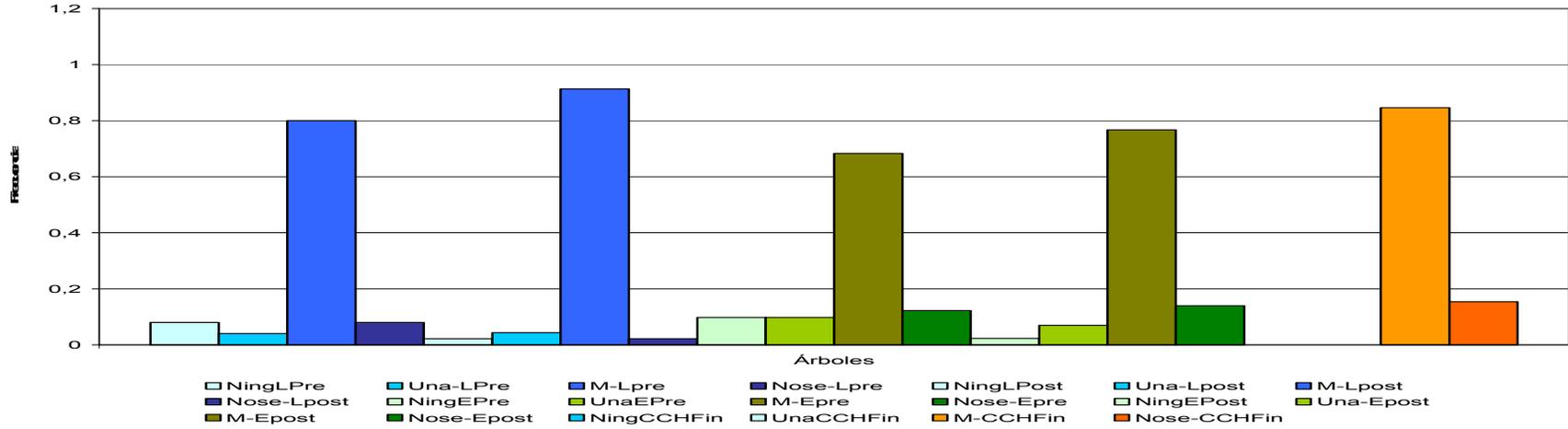


GRÁFICA 6. RESULTADOS DE FRECUENCIA DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN POR PREGUNTA Y ORGANISMO. SECCION SERES VIVOS

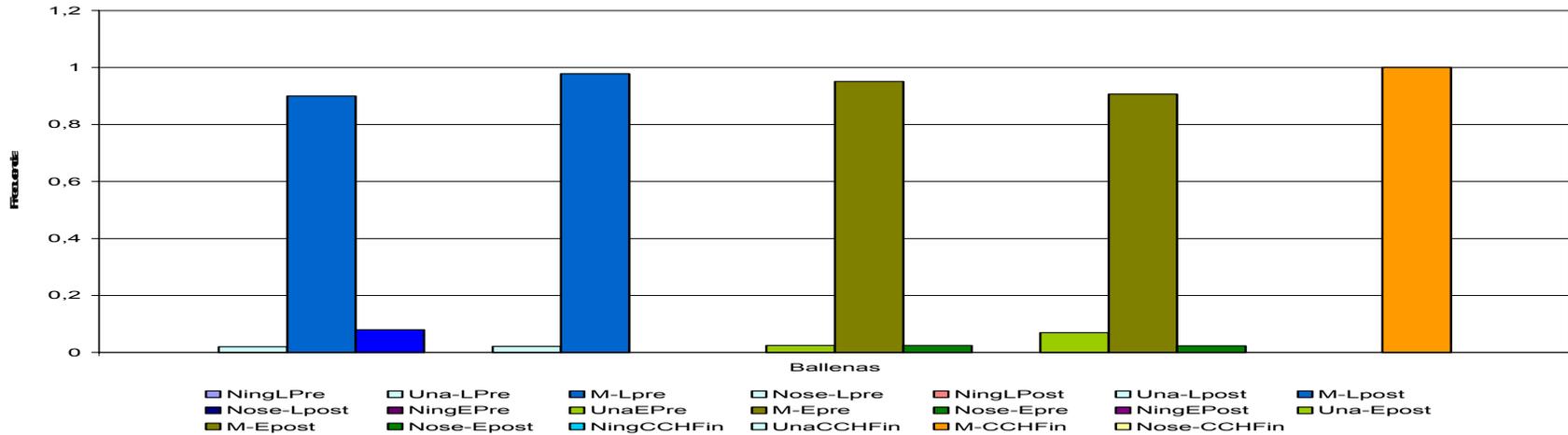
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Alguna vez has oído hablar de los siguientes organismos?



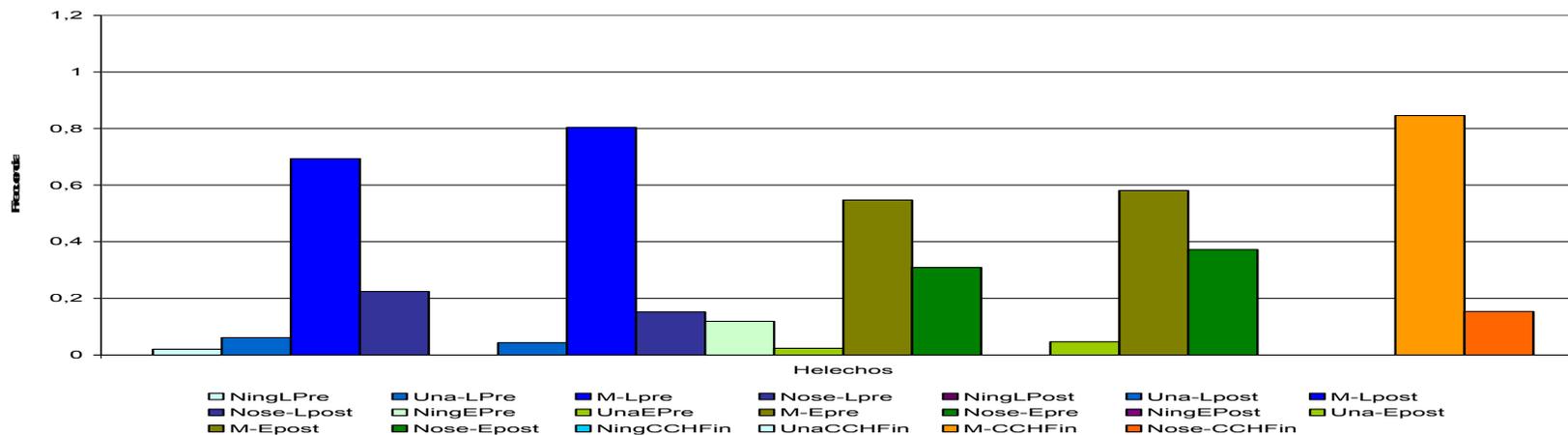
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Cuántas células componen a los siguientes organismos? (Árboles)



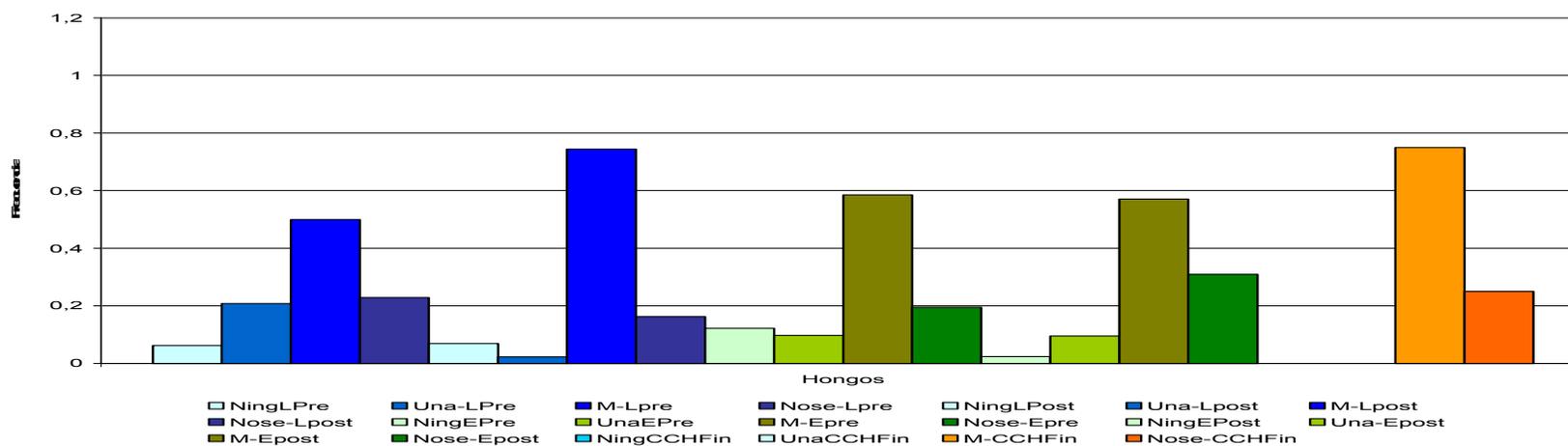
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Cuántas células componen a los siguientes organismos? (Ballenas)



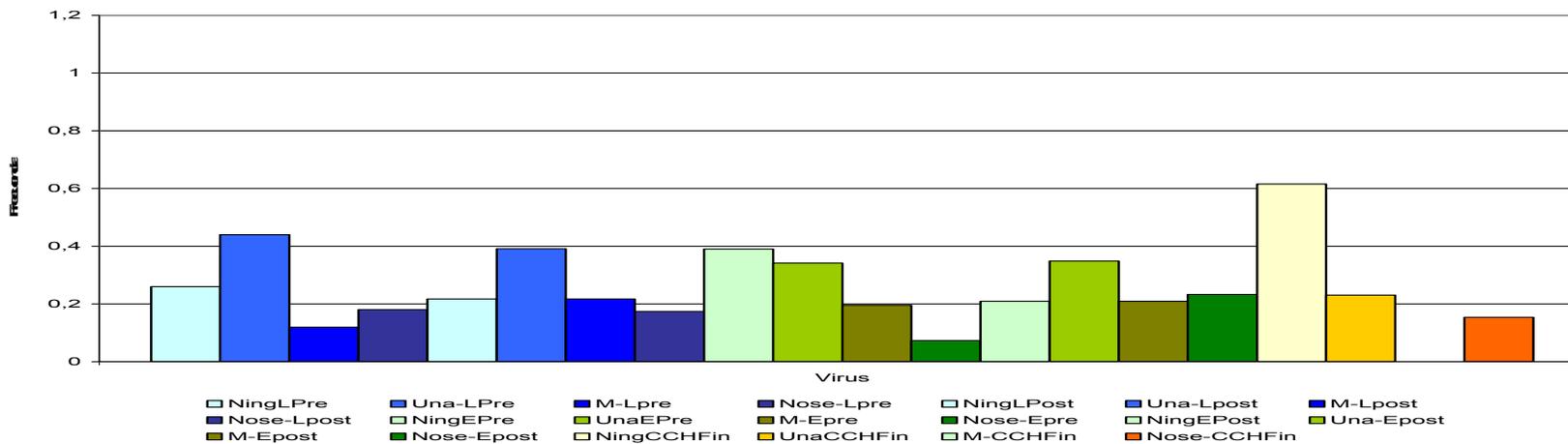
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Cuántas células componen a los siguientes organismos? (Helechos)



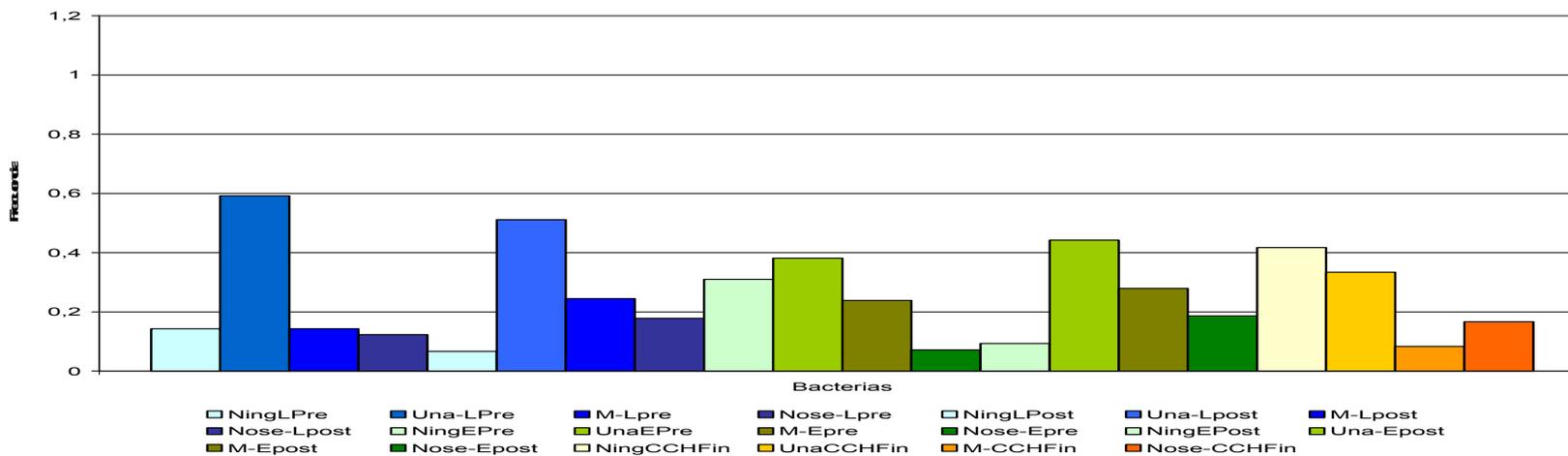
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Cuántas células componen a los siguientes organismos? (Hongos)



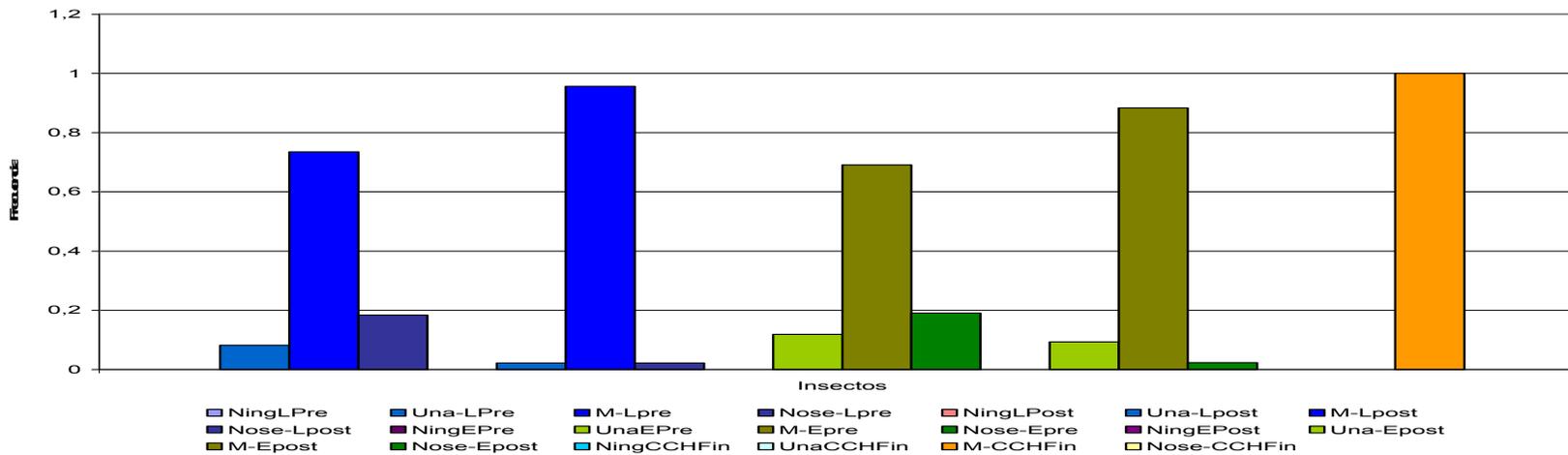
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Cuántas células componen a los siguientes organismos? (Virus)



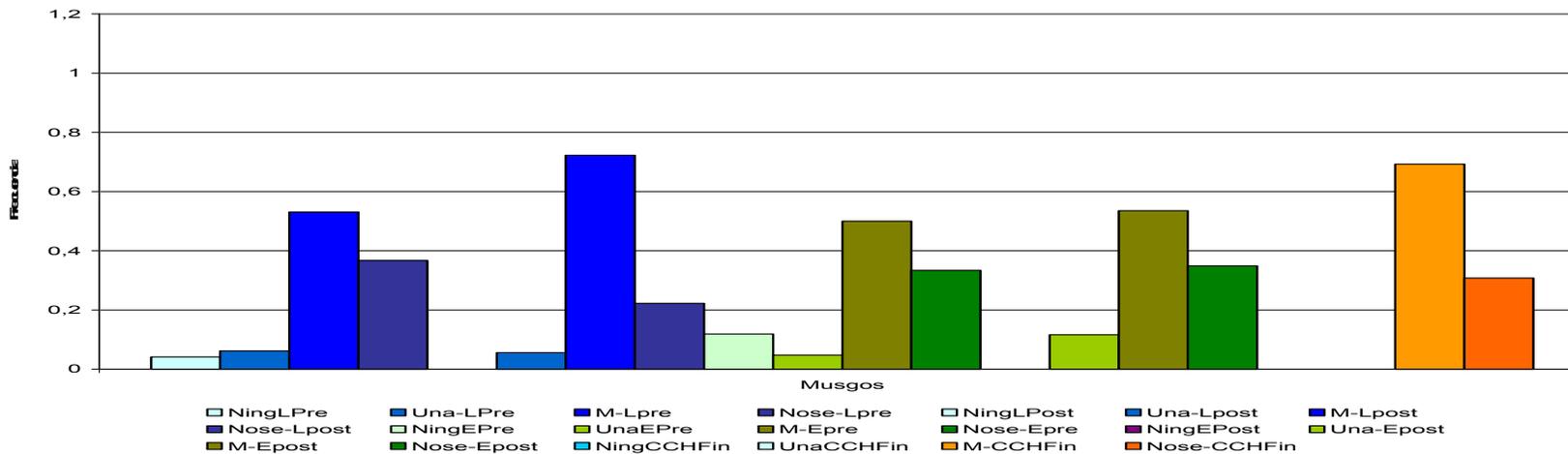
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Cuántas células componen a los siguientes organismos? (Bacterias)



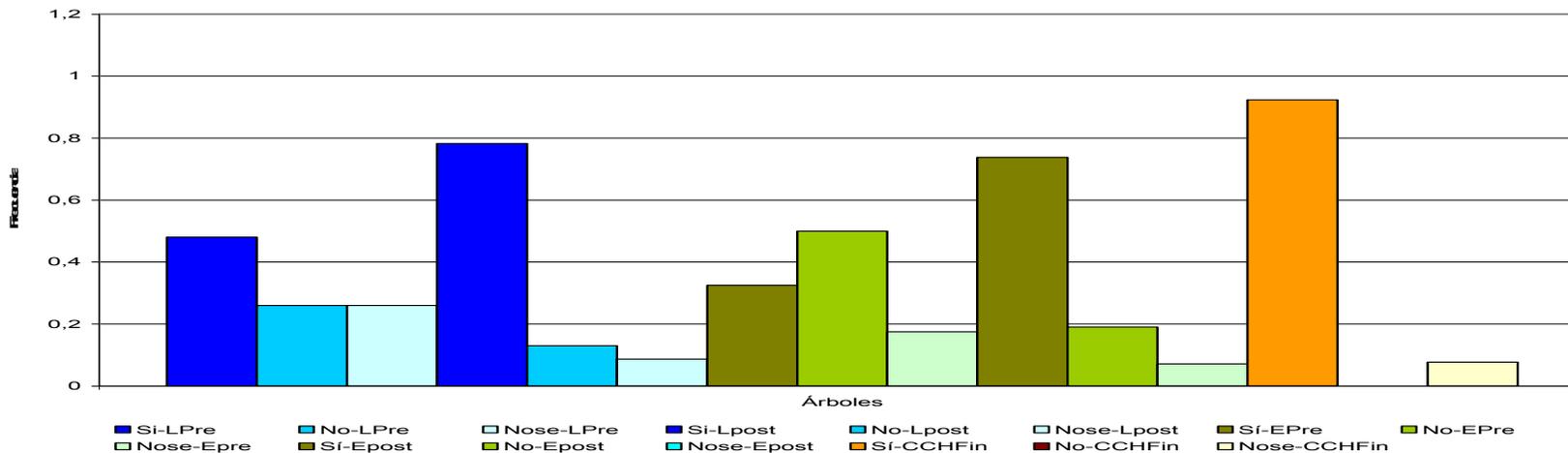
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Cuántas células componen a los siguientes organismos? (Insectos)



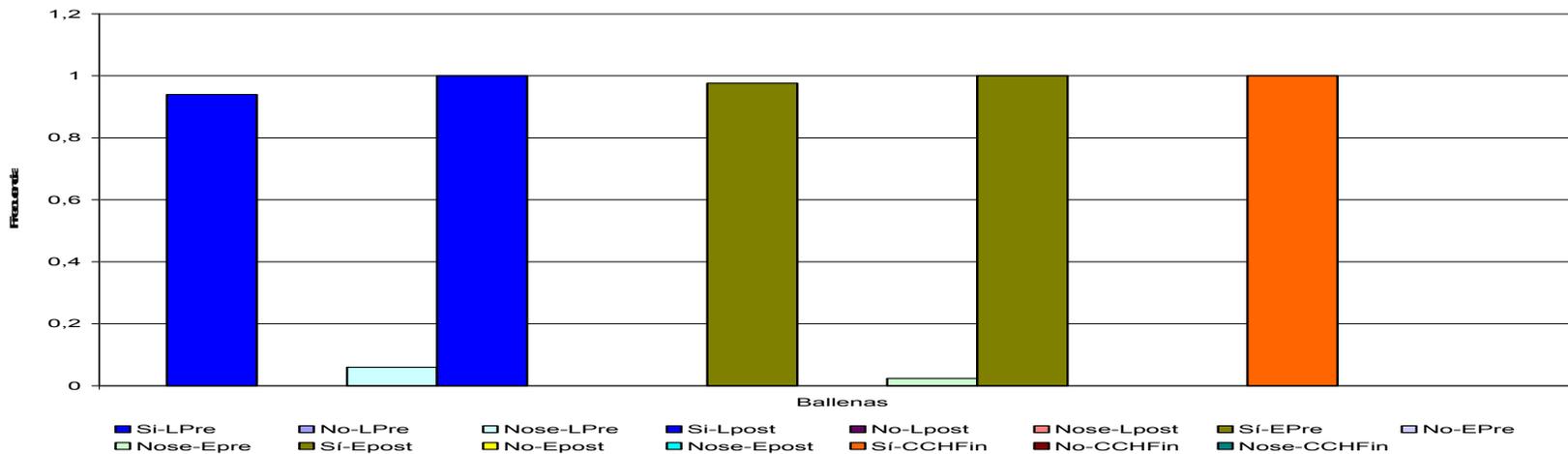
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Cuántas células componen a los siguientes organismos? (Musgos)



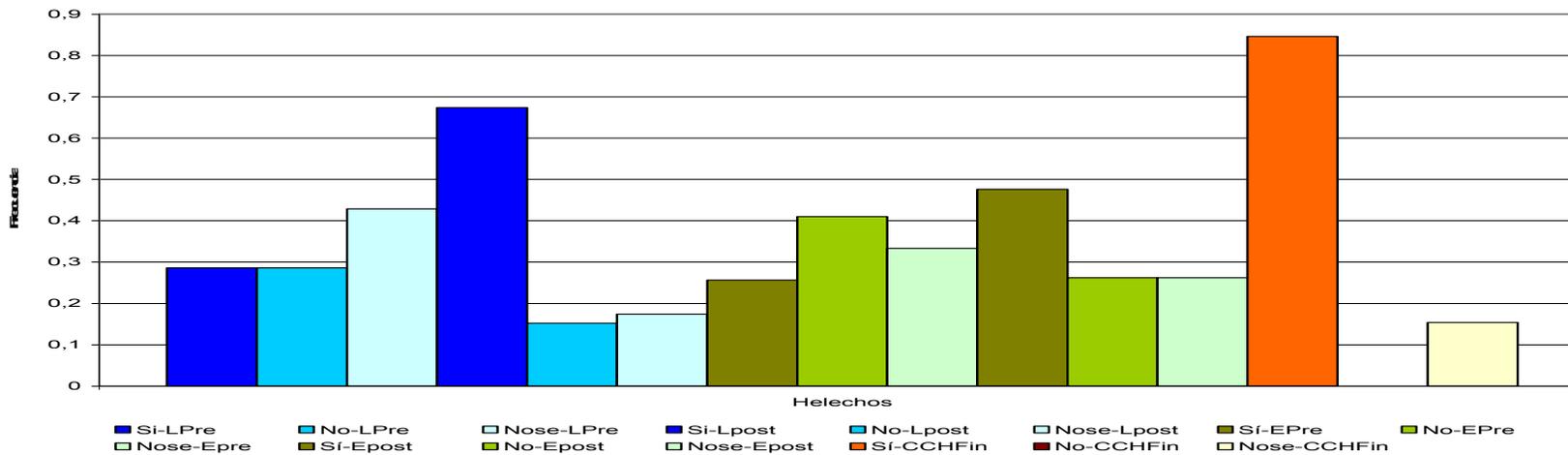
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen cromosomas? (Árboles)



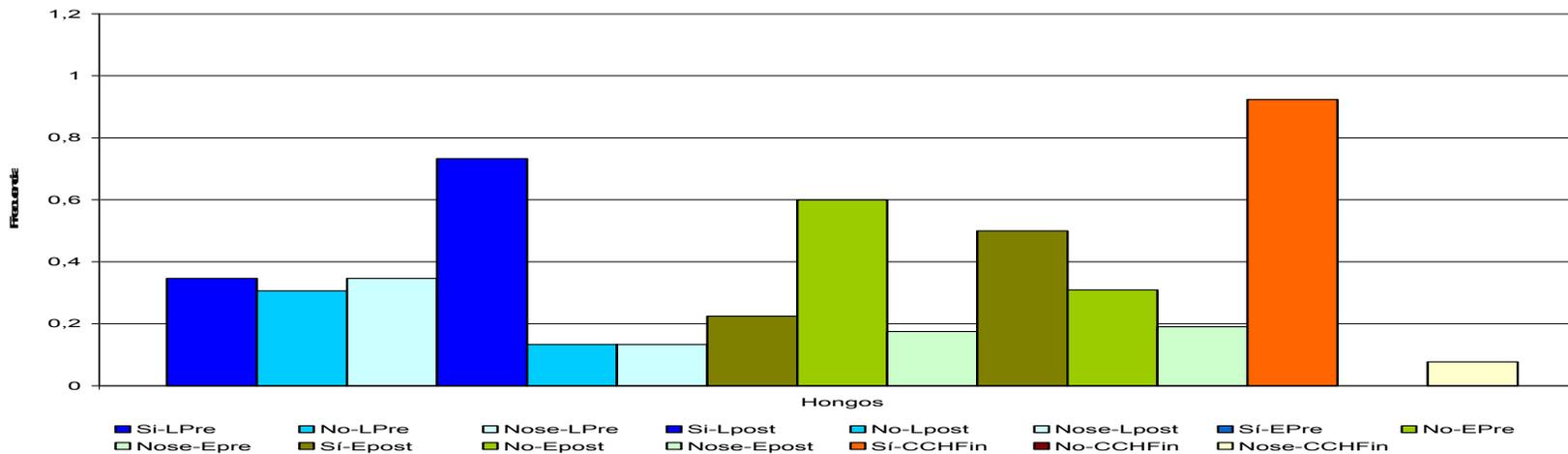
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen cromosomas? (Ballenas)



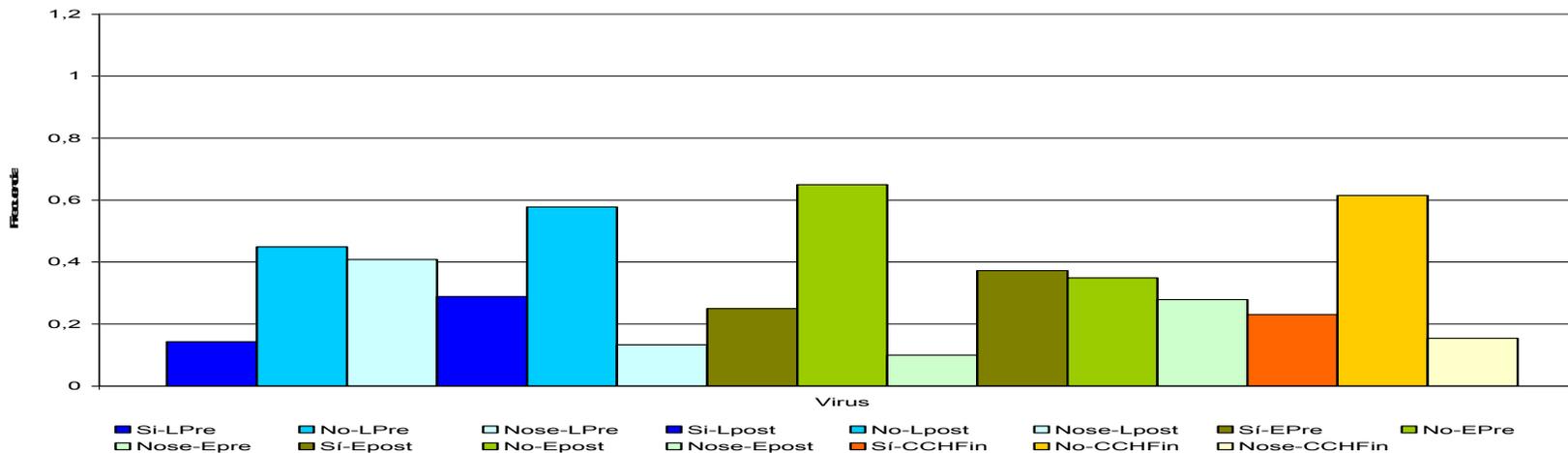
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen cromosomas? (Helechos)



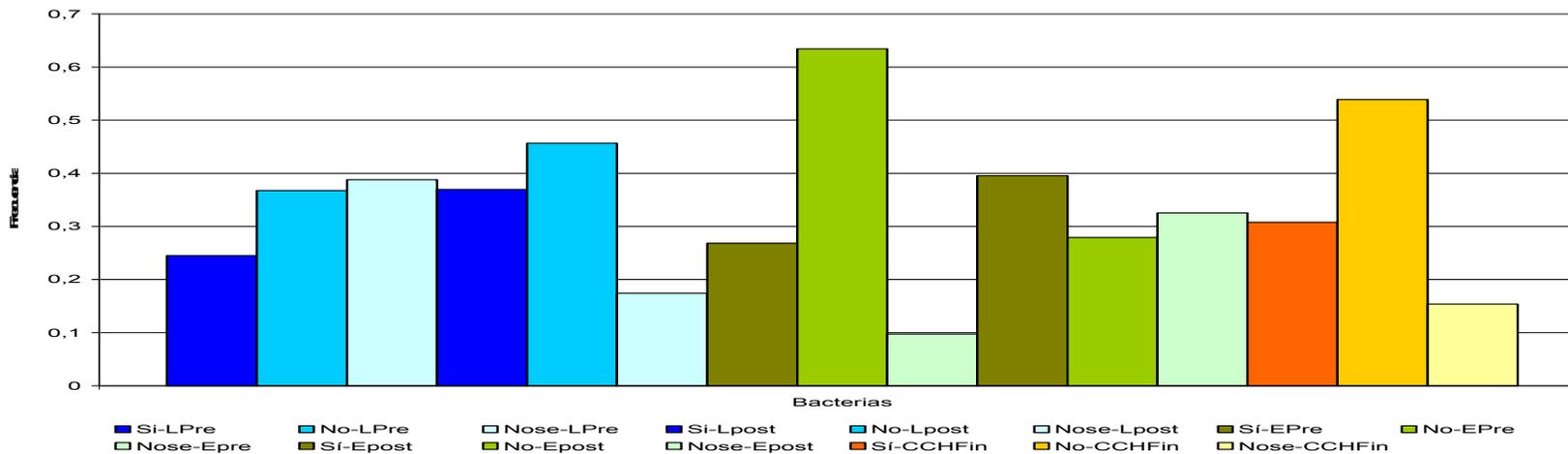
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen cromosomas? (Hongos)



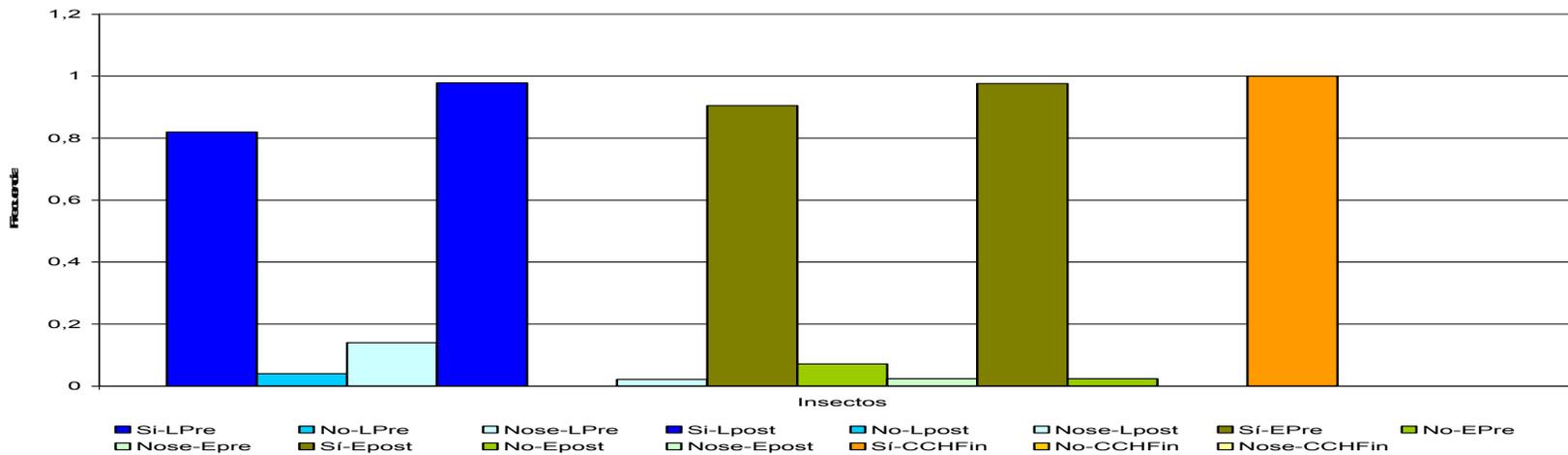
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen cromosomas? (Virus)



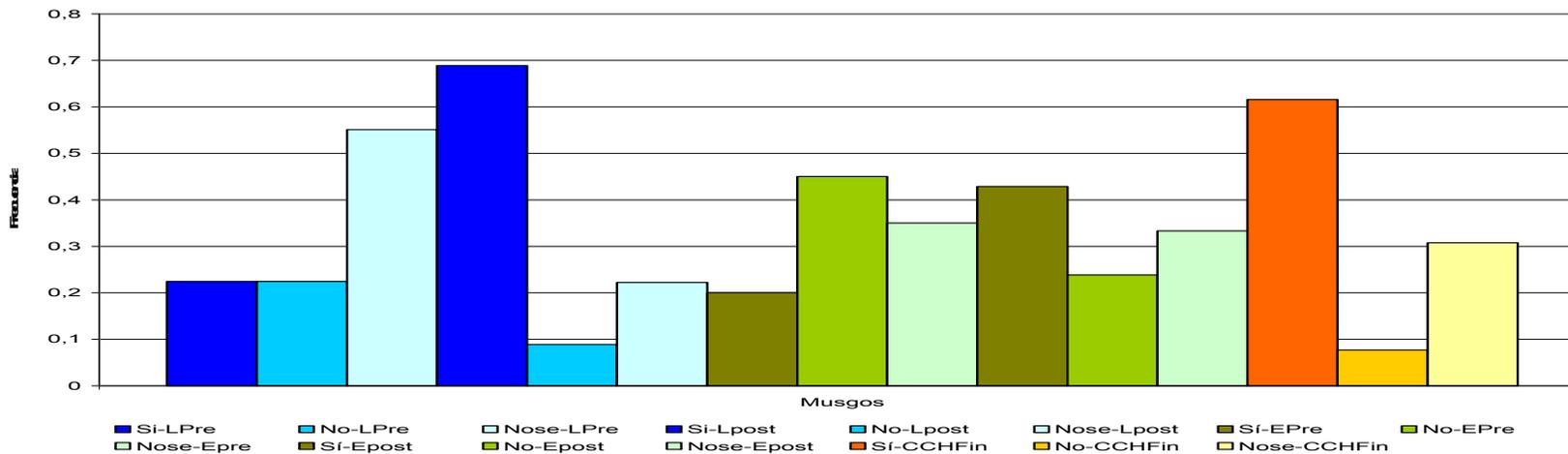
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen cromosomas? (Bacterias)



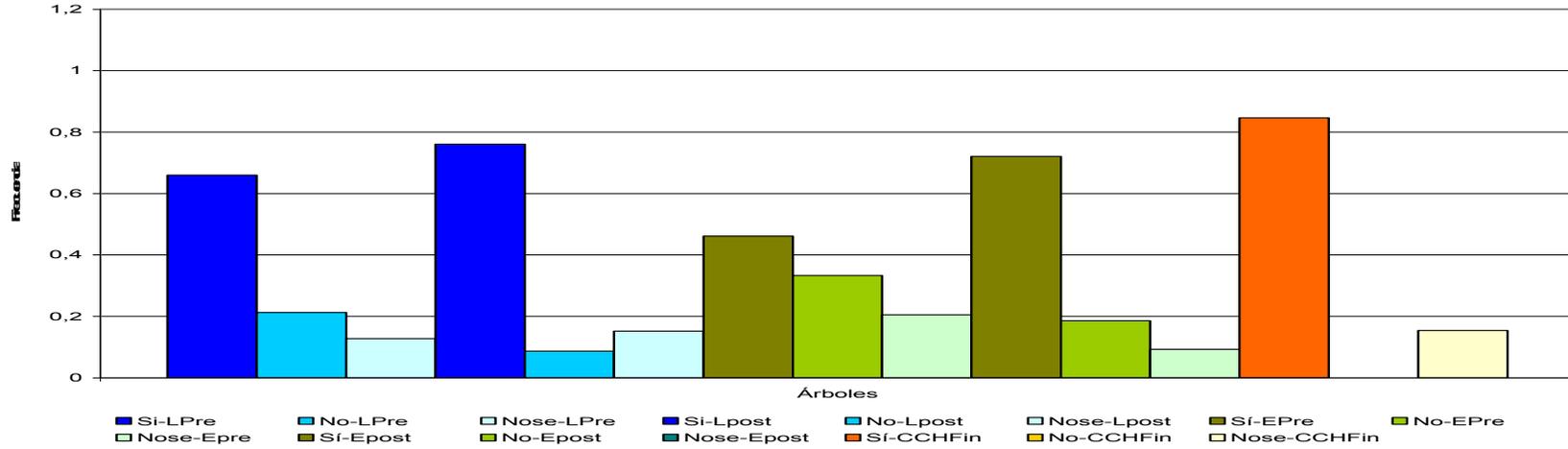
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen cromosomas? (Insectos)



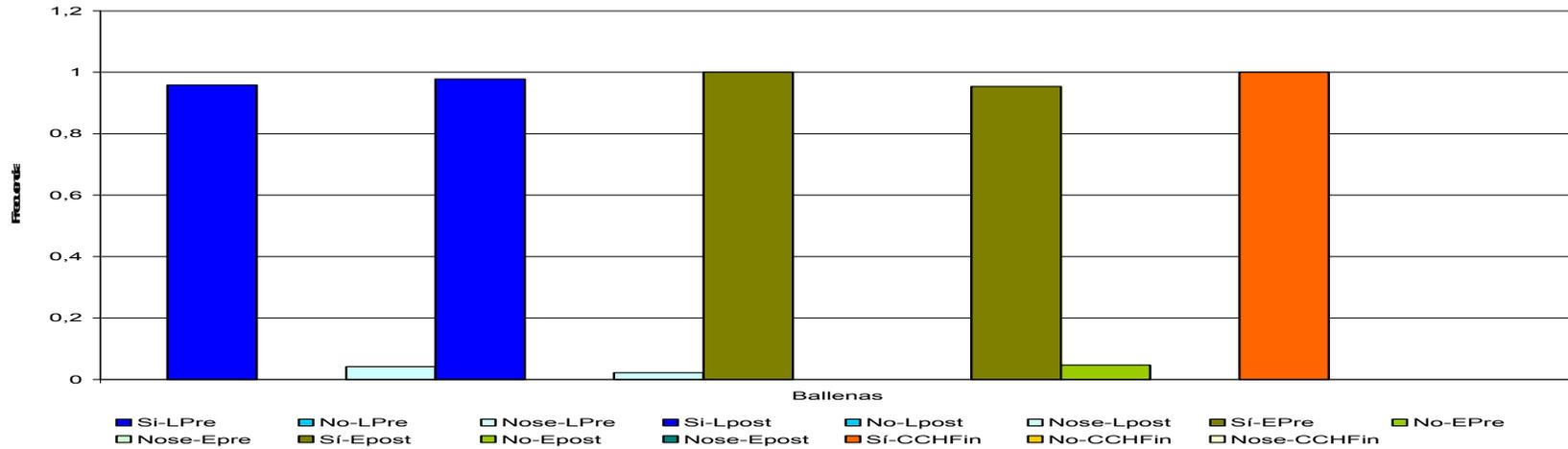
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen cromosomas? (Musgos)



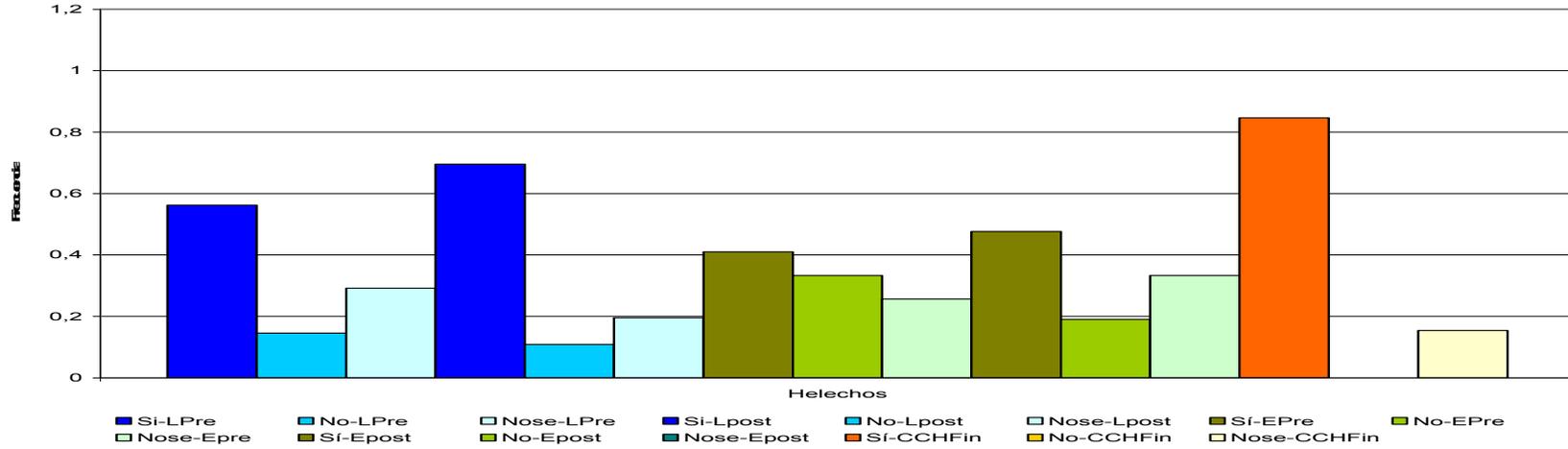
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen genes?
(Árboles)



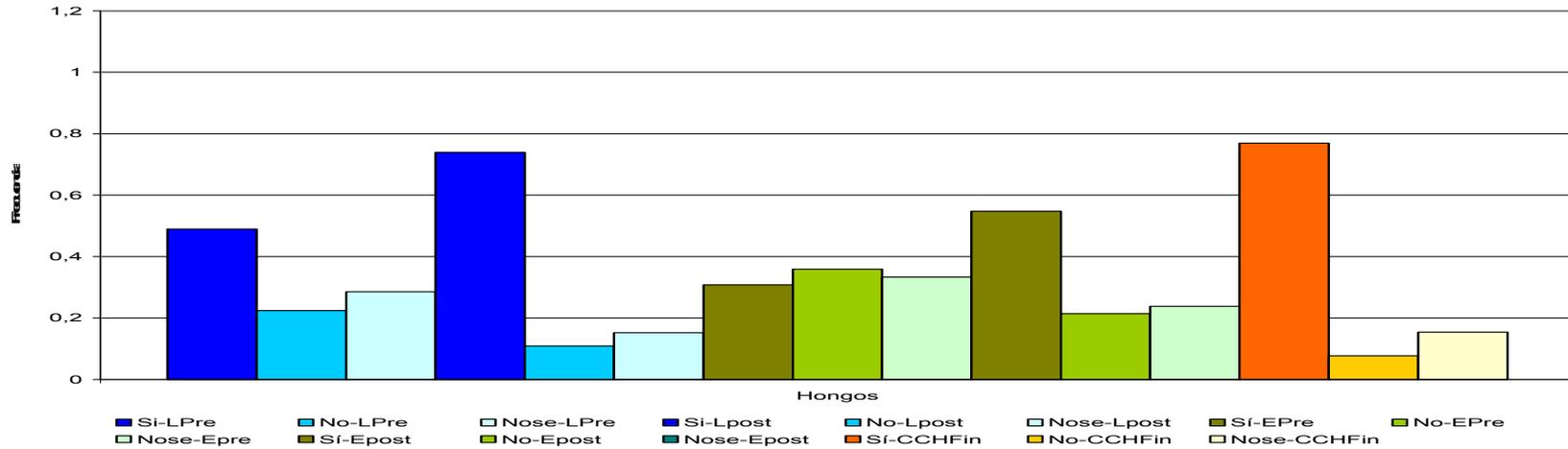
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen genes?
(Ballenas)



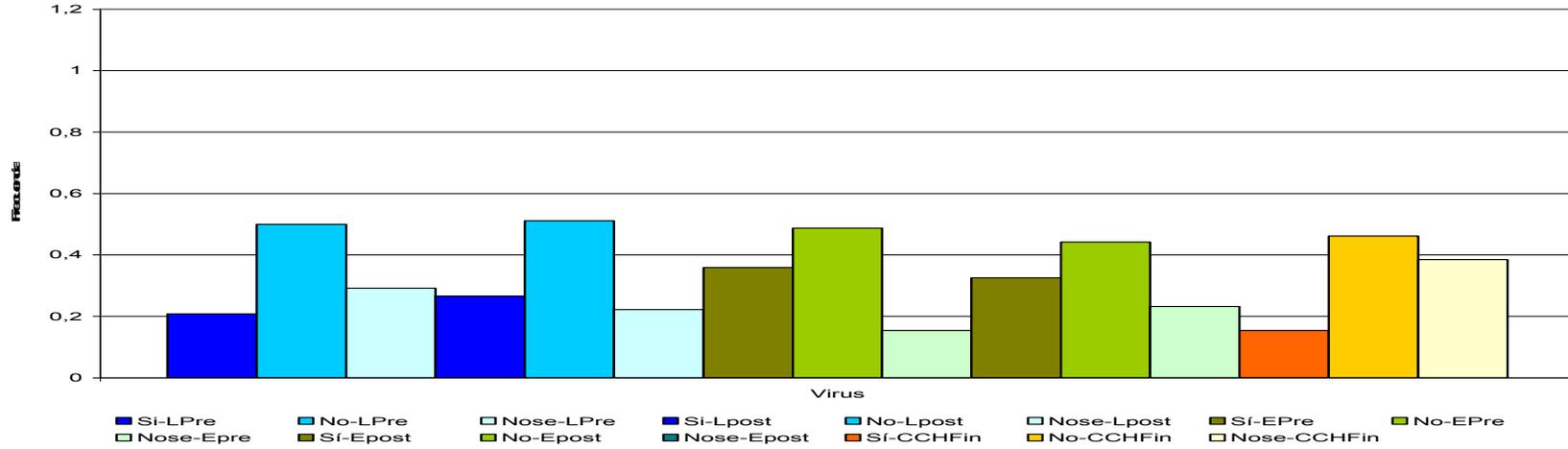
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen genes?
(Helechos)



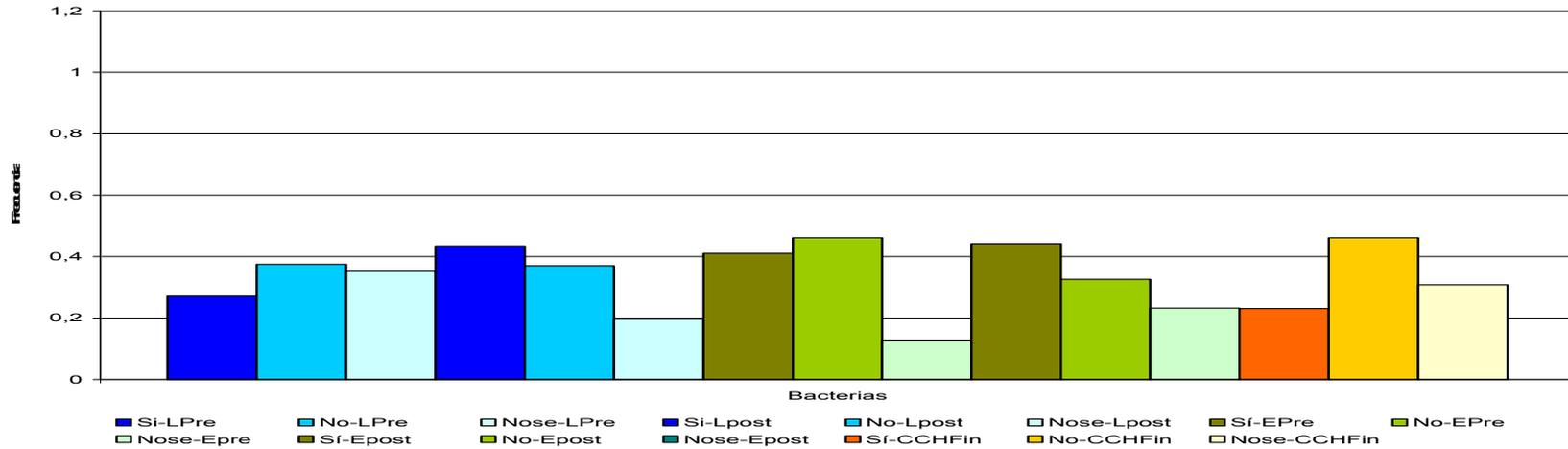
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen genes?
(Hongos)



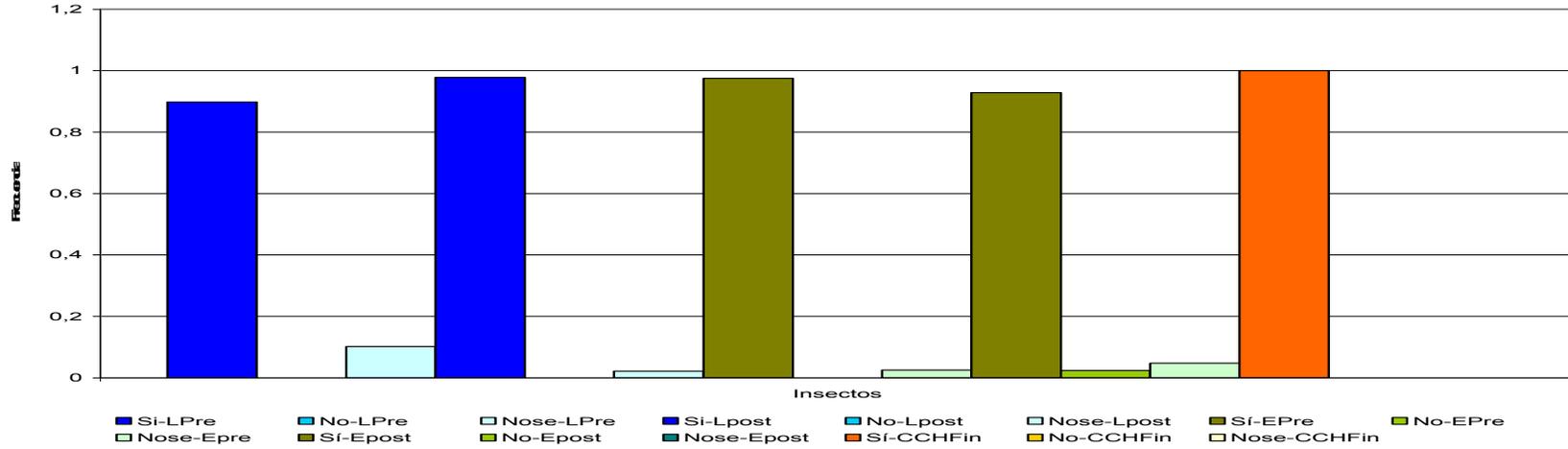
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen genes?
(Virus)



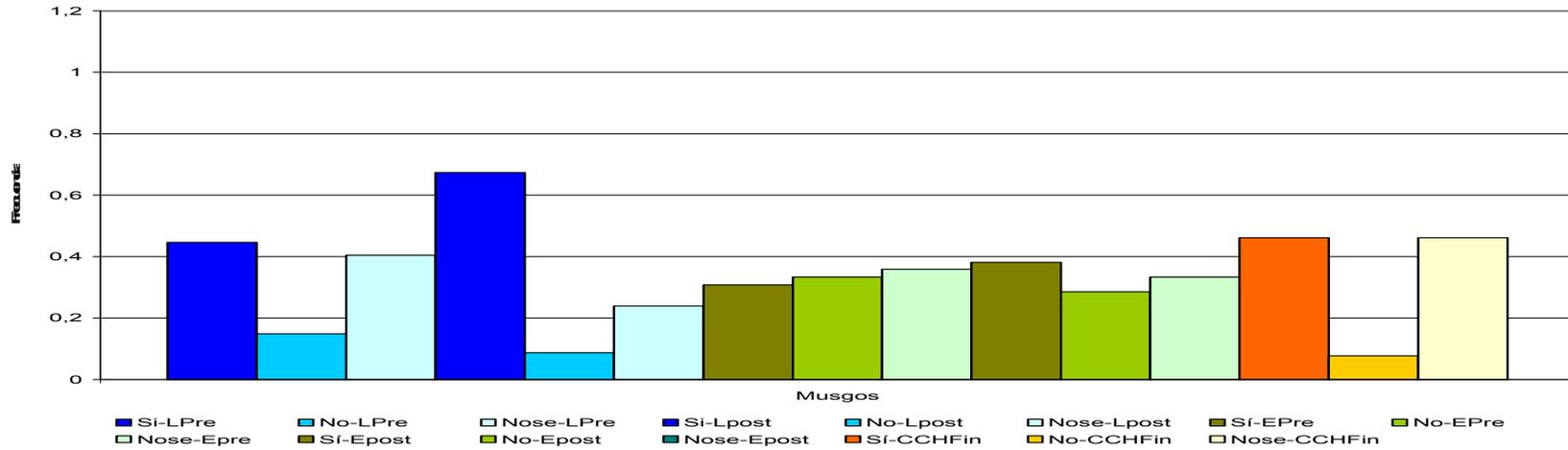
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen genes?
(Bacterias)



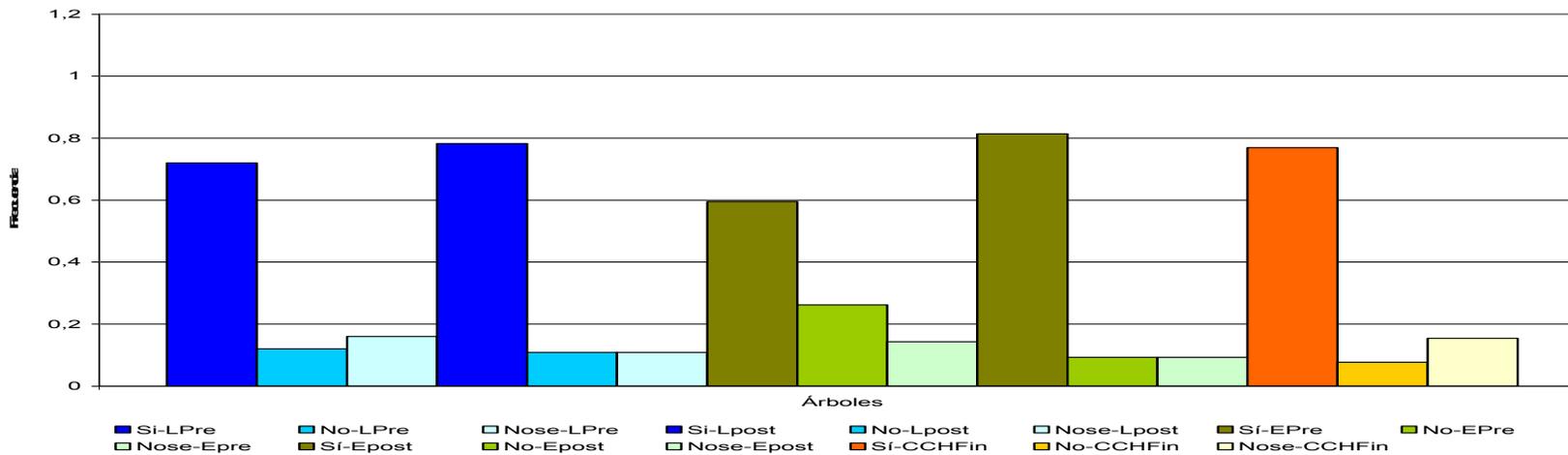
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen genes?
(Insectos)



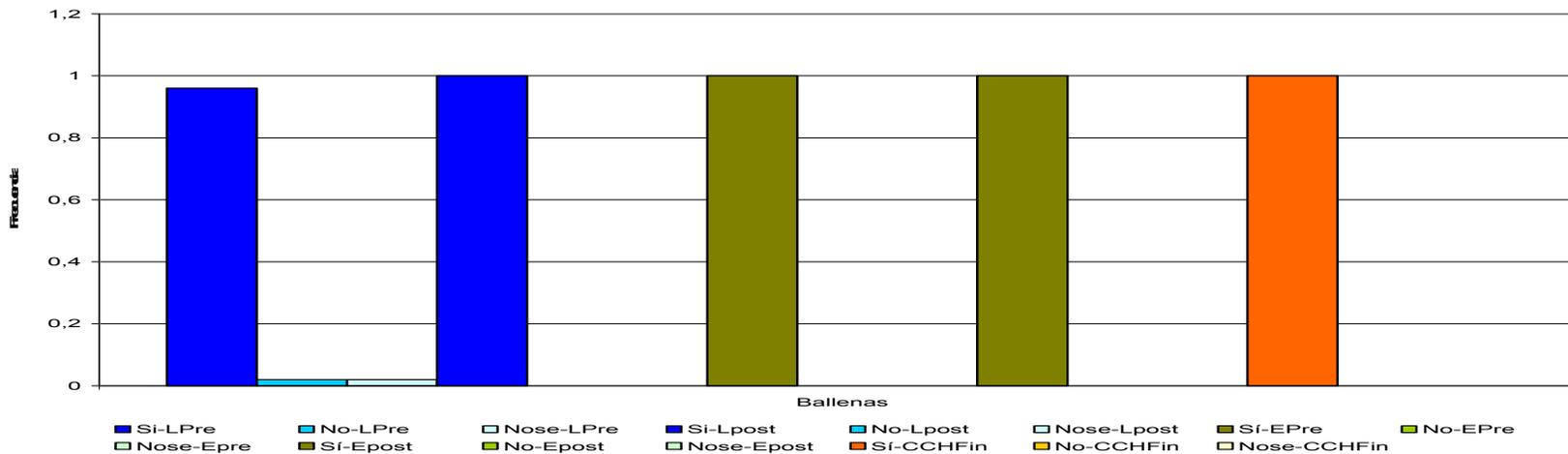
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen genes?
(Musgos)



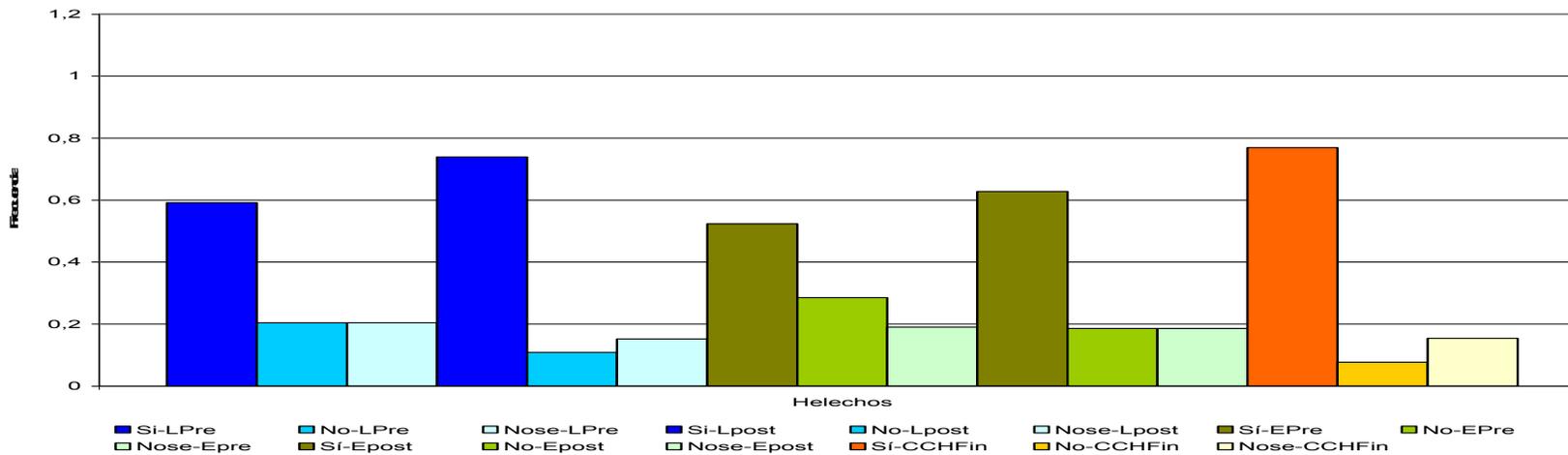
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen información genética? (Árboles)



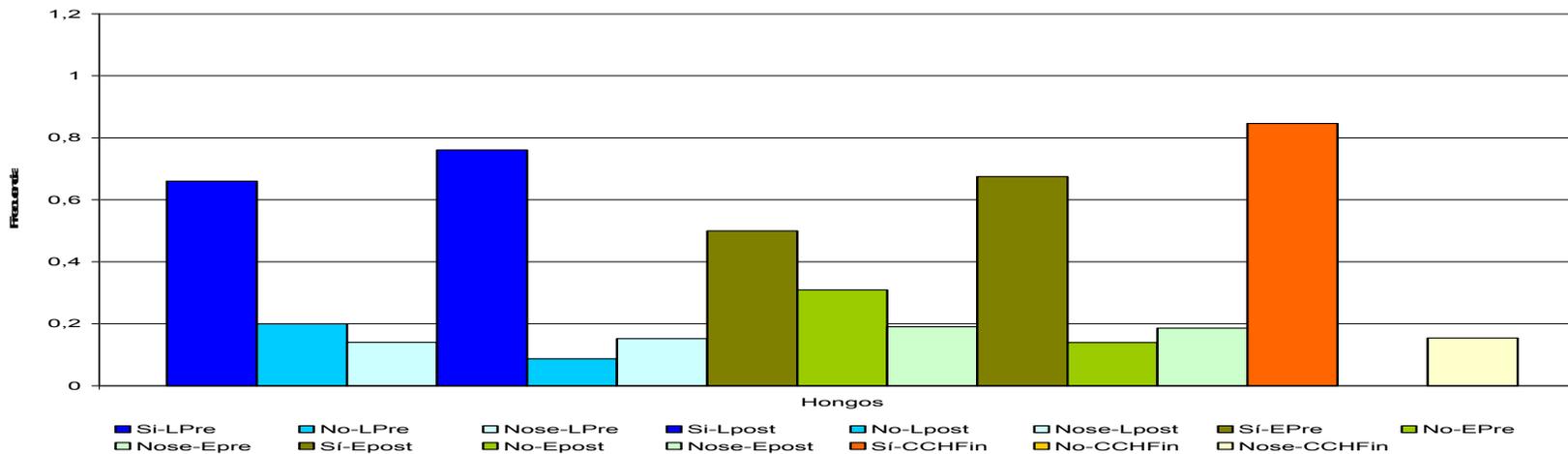
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen información genética? (Ballenas)



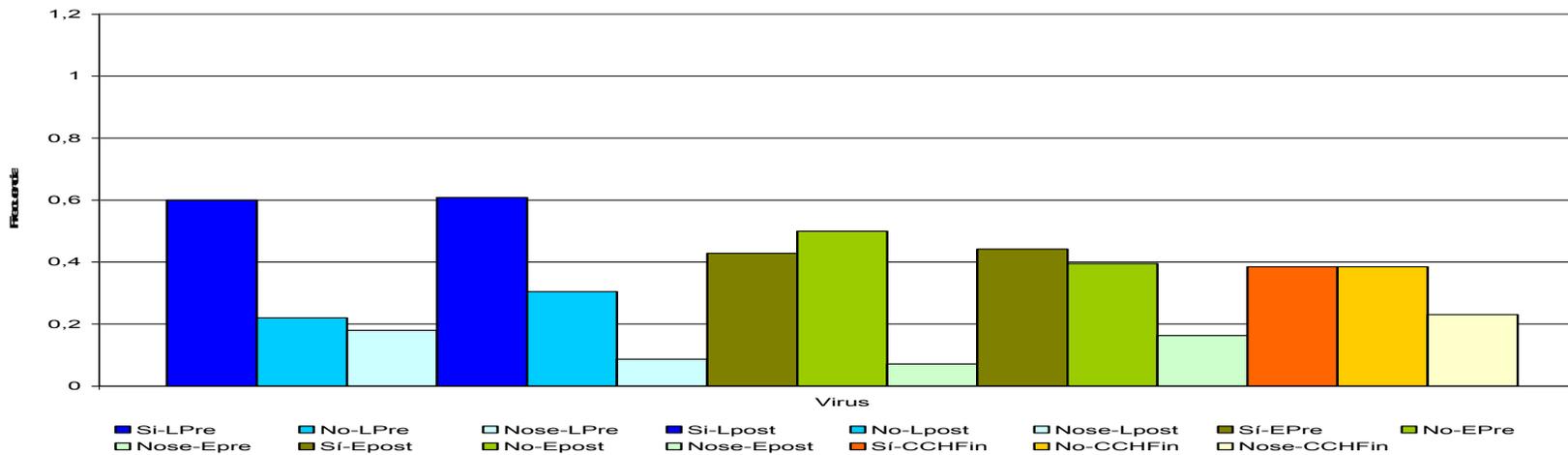
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen información genética? (Helechos)



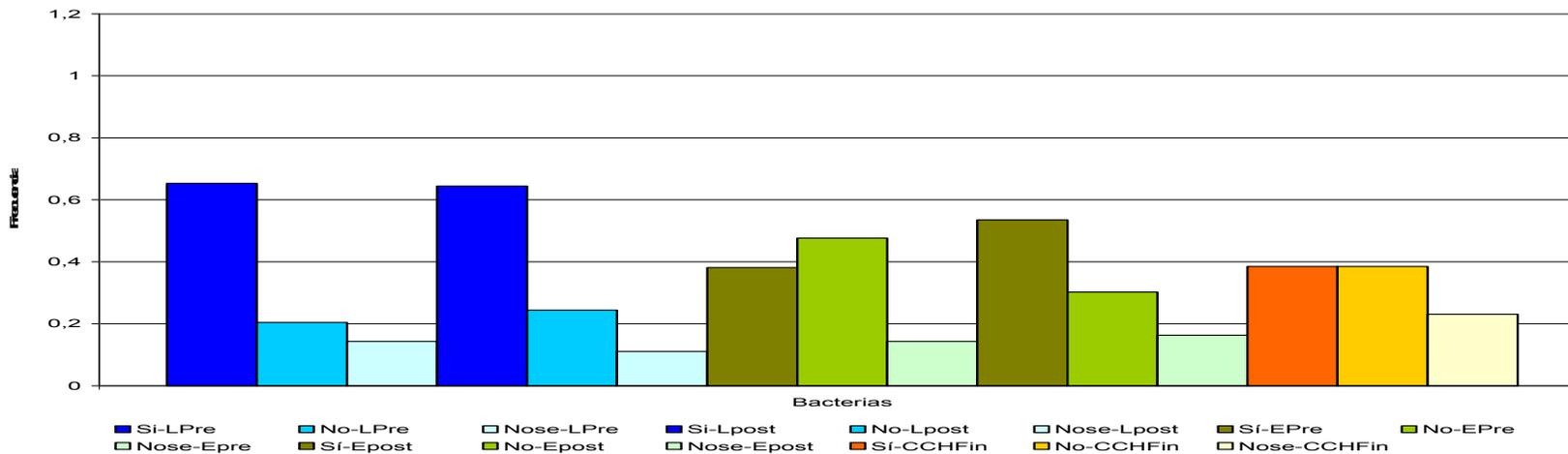
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen información genética? (Hongos)



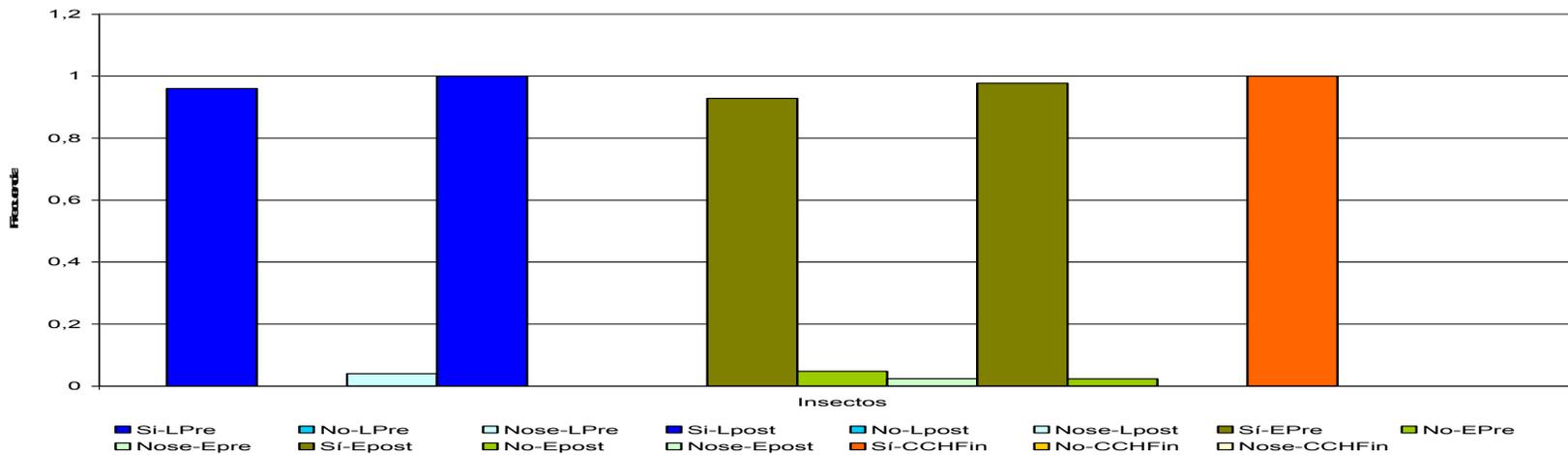
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen información genética? (Virus)



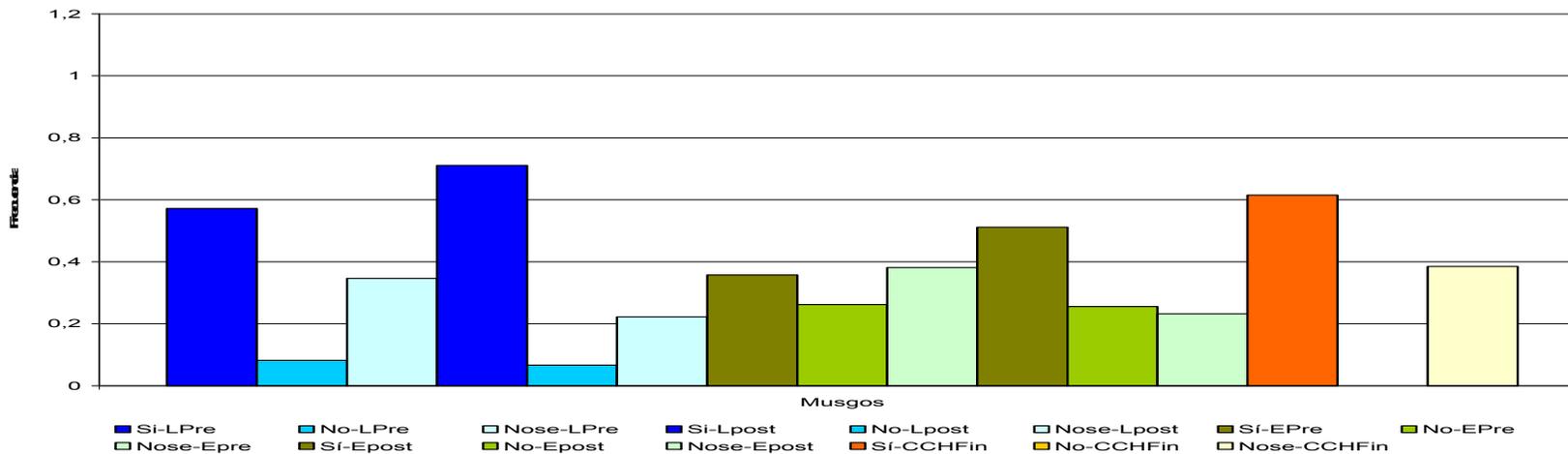
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen información genética? (Bacterias)



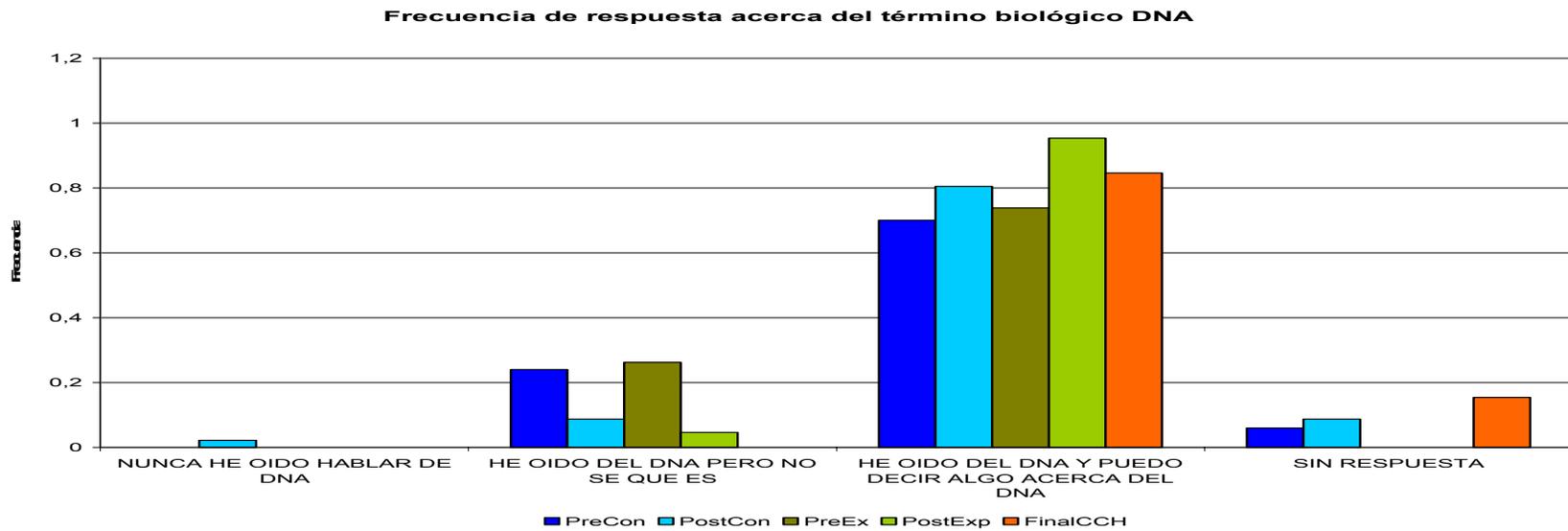
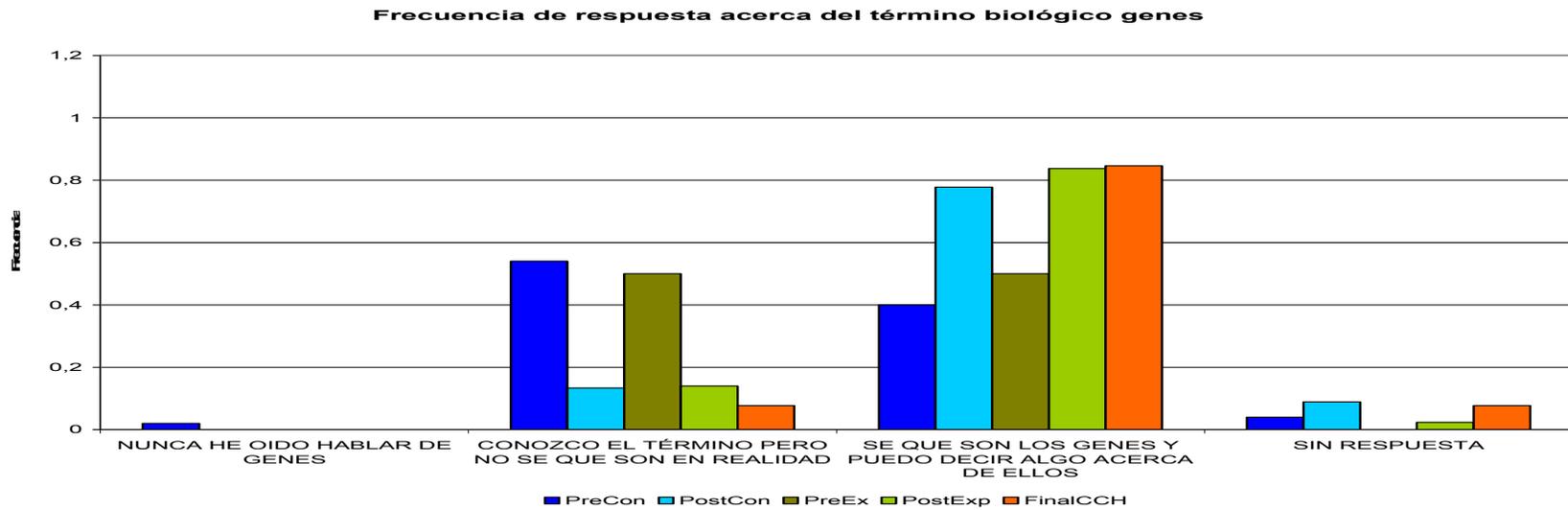
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen información genética? (Insectos)



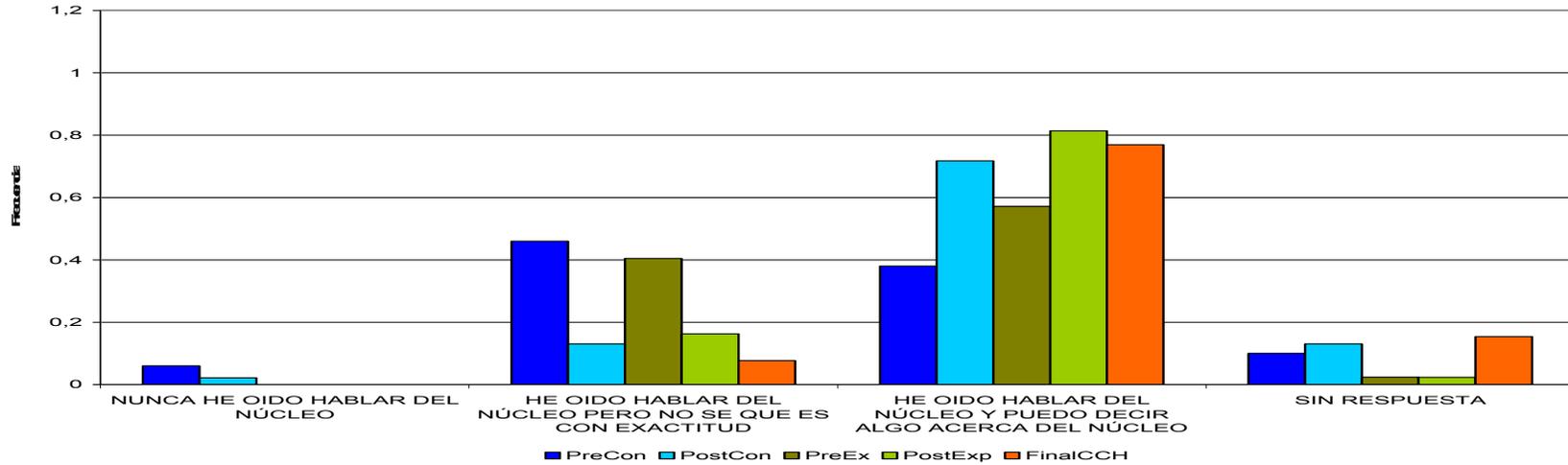
Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿Los siguientes organismos contienen información genética? (Musgos)



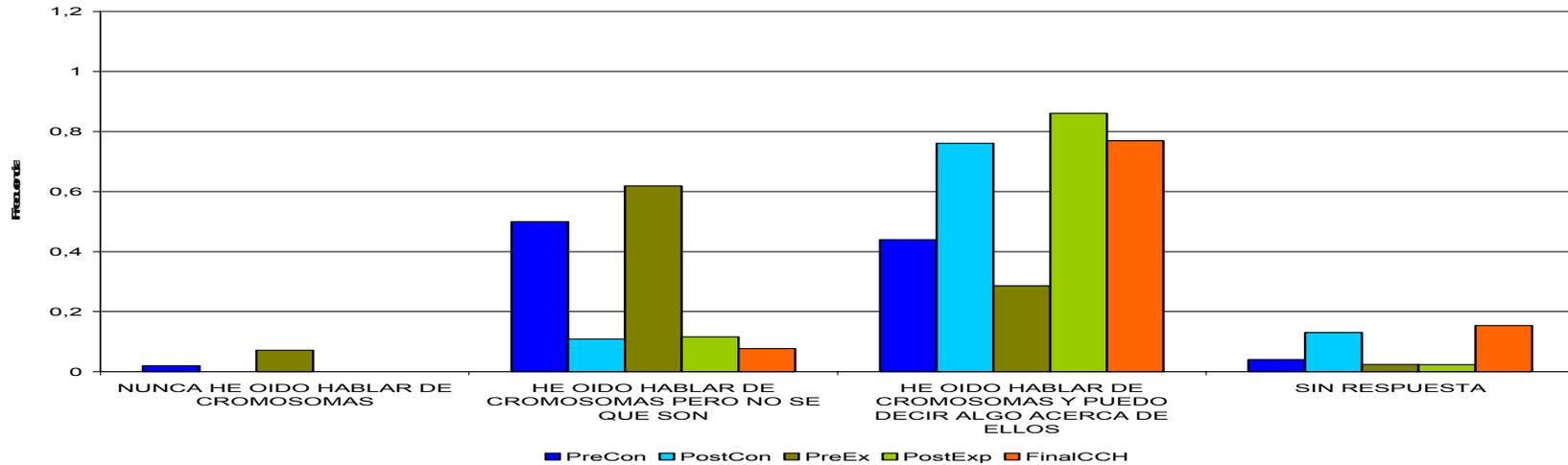
GRÁFICA 7. TÉRMINOS BIOLÓGICOS. FRECUENCIAS PRETEST-POSTEST GRUPO CONTROL-GRUPO EXPERIMENTAL-CCH



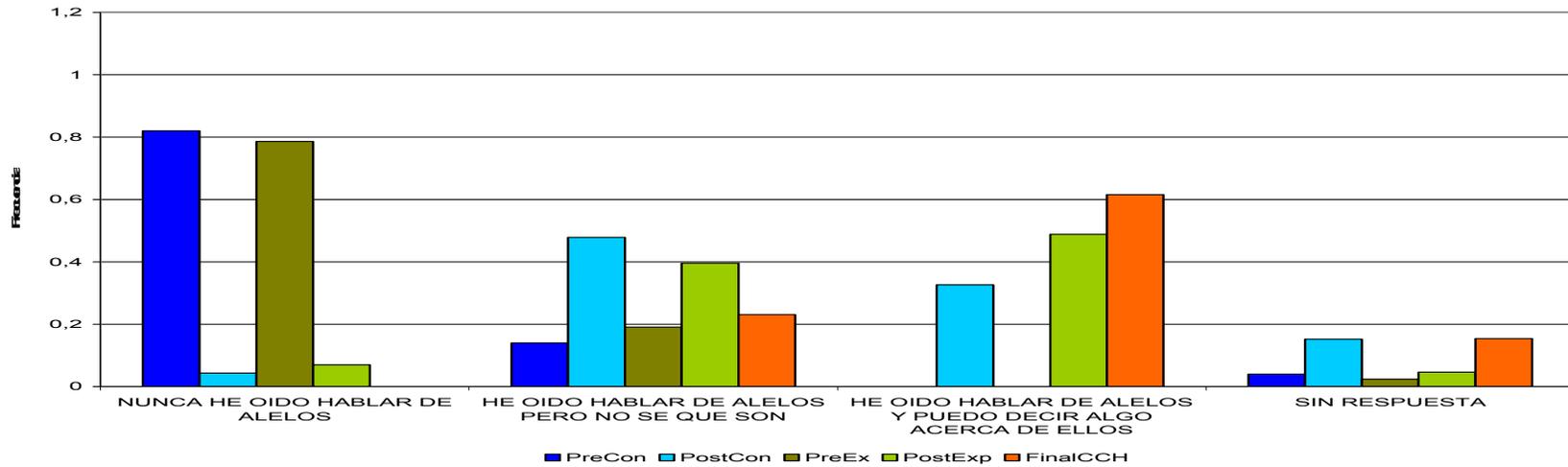
Frecuencia de respuesta acerca del término biológico núcleo



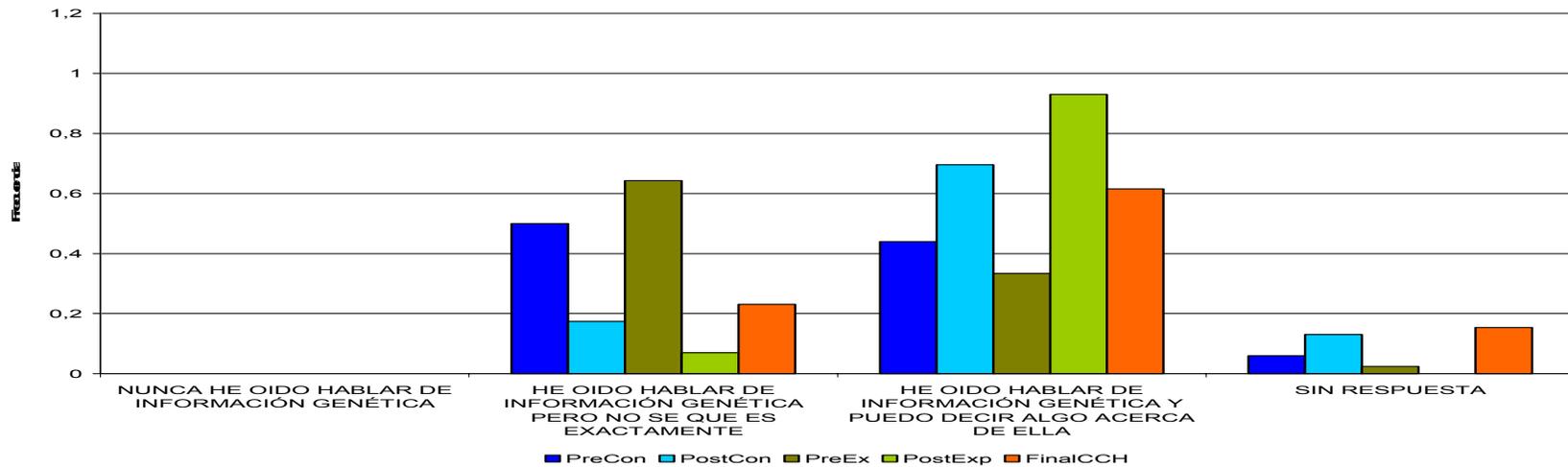
Frecuencia de respuesta acerca del término biológico cromosomas



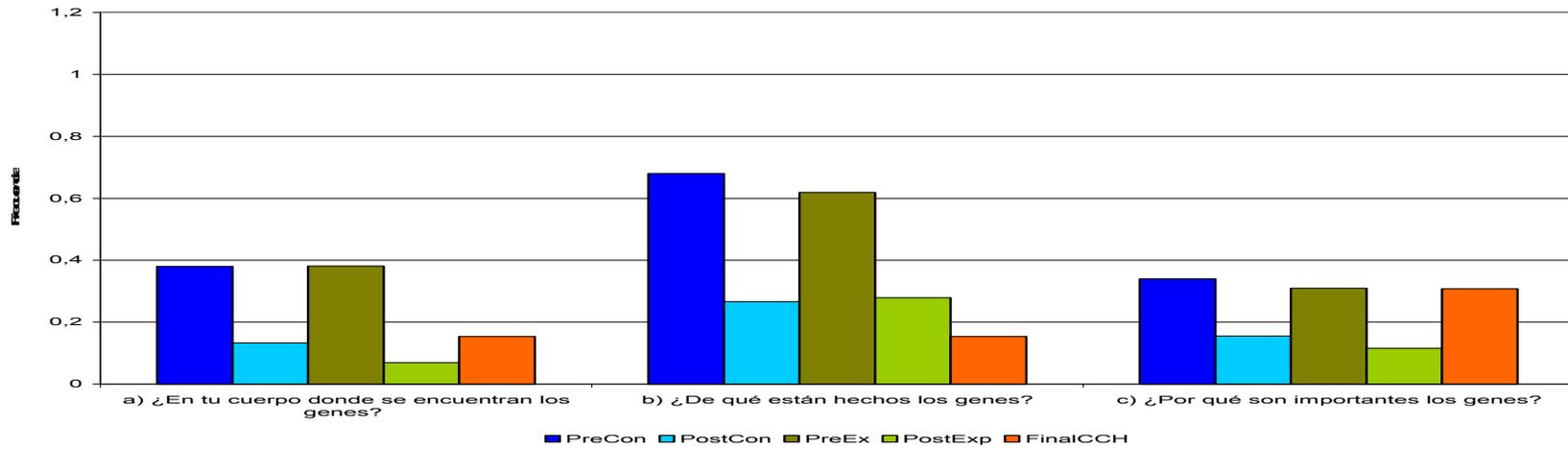
Frecuencia de respuesta acerca del término biológico alelos



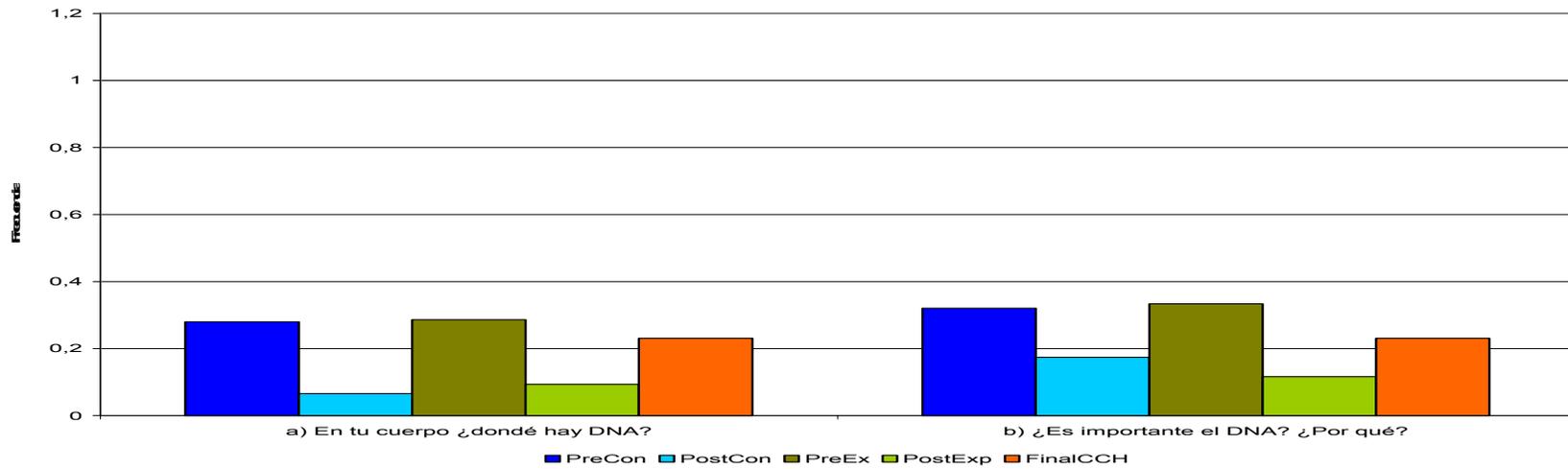
Frecuencia de respuesta acerca del término biológico información genética



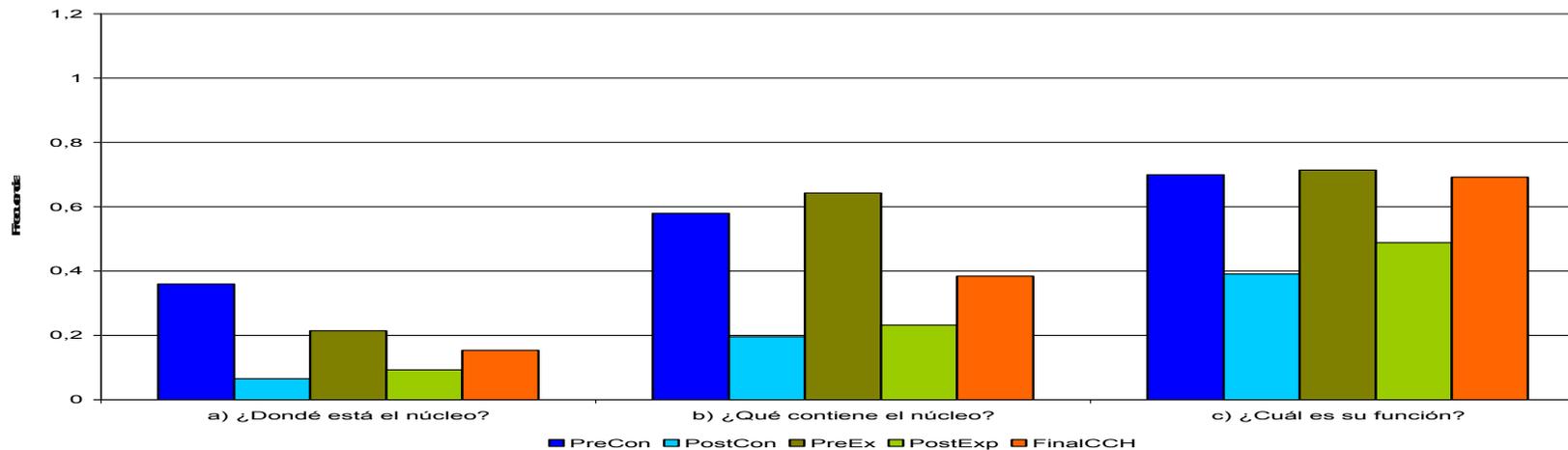
Frecuencia de alumnos que no respondieron a preguntas relacionadas con el término genes



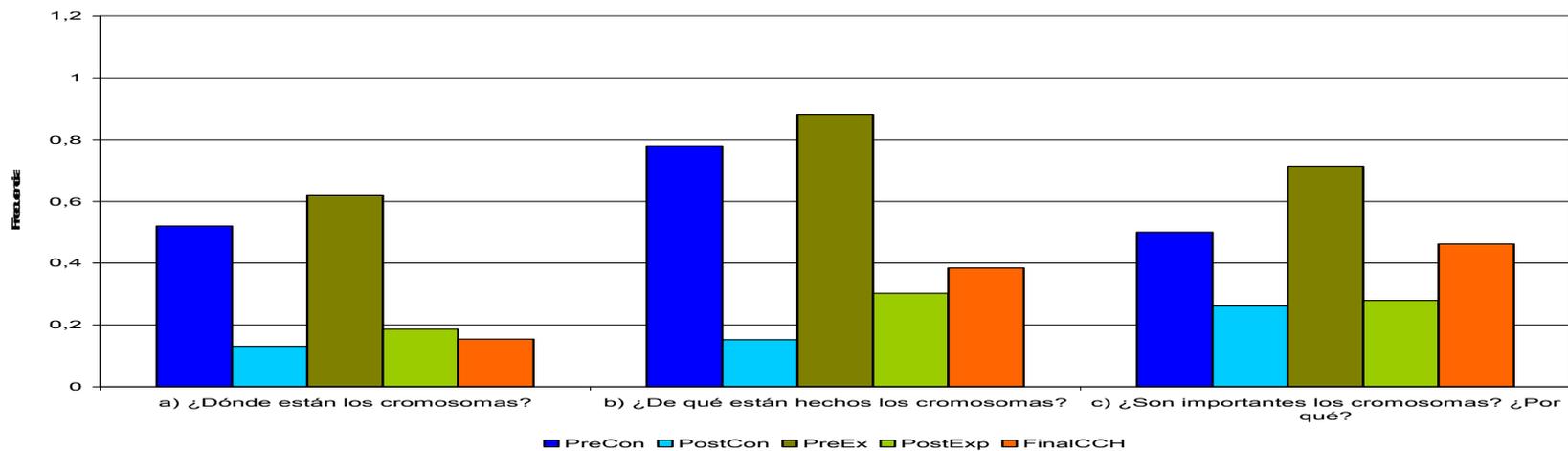
Frecuencia de alumnos que no respondieron a preguntas relacionadas con el término DNA



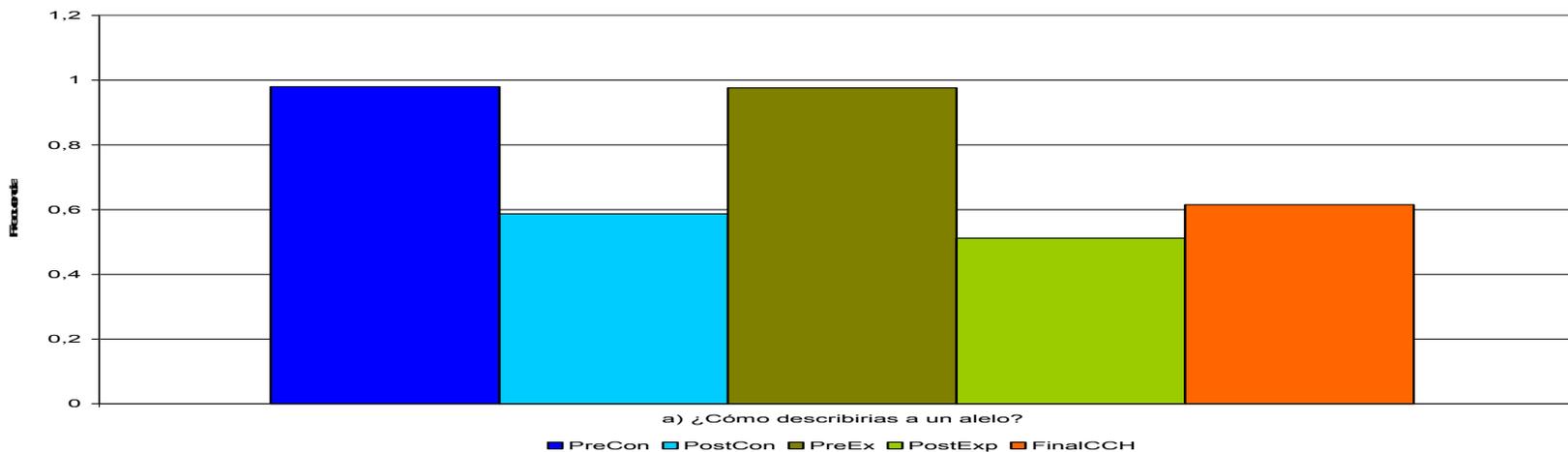
Frecuencia de alumnos que no respondieron a preguntas relacionadas con el término núcleo



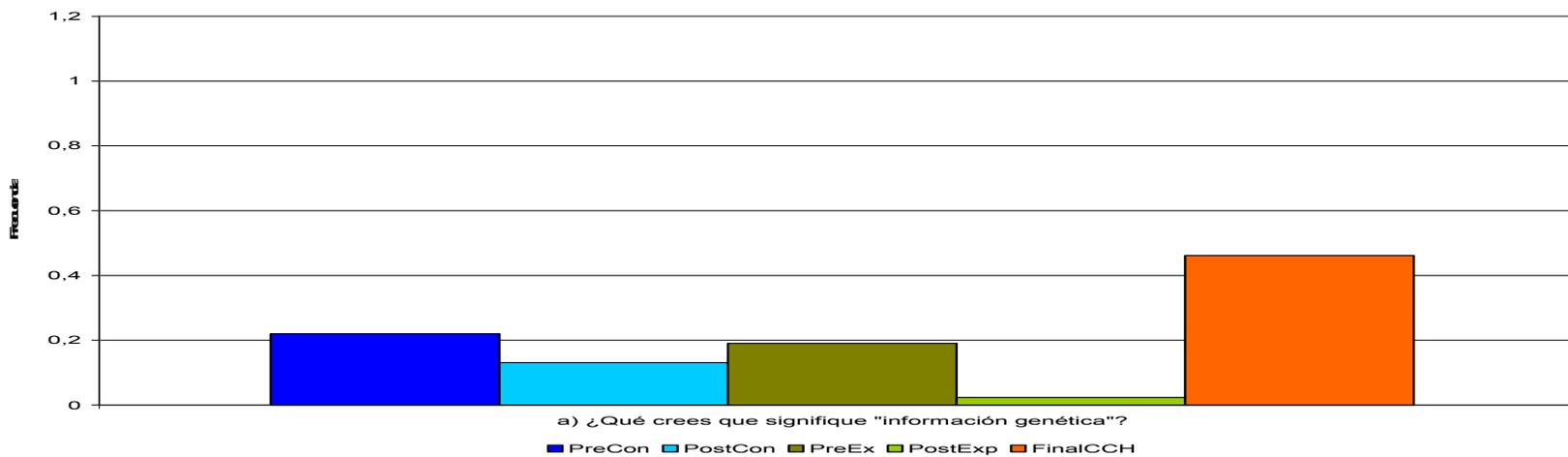
Frecuencia de alumnos que no respondieron a preguntas relacionadas con el término cromosomas



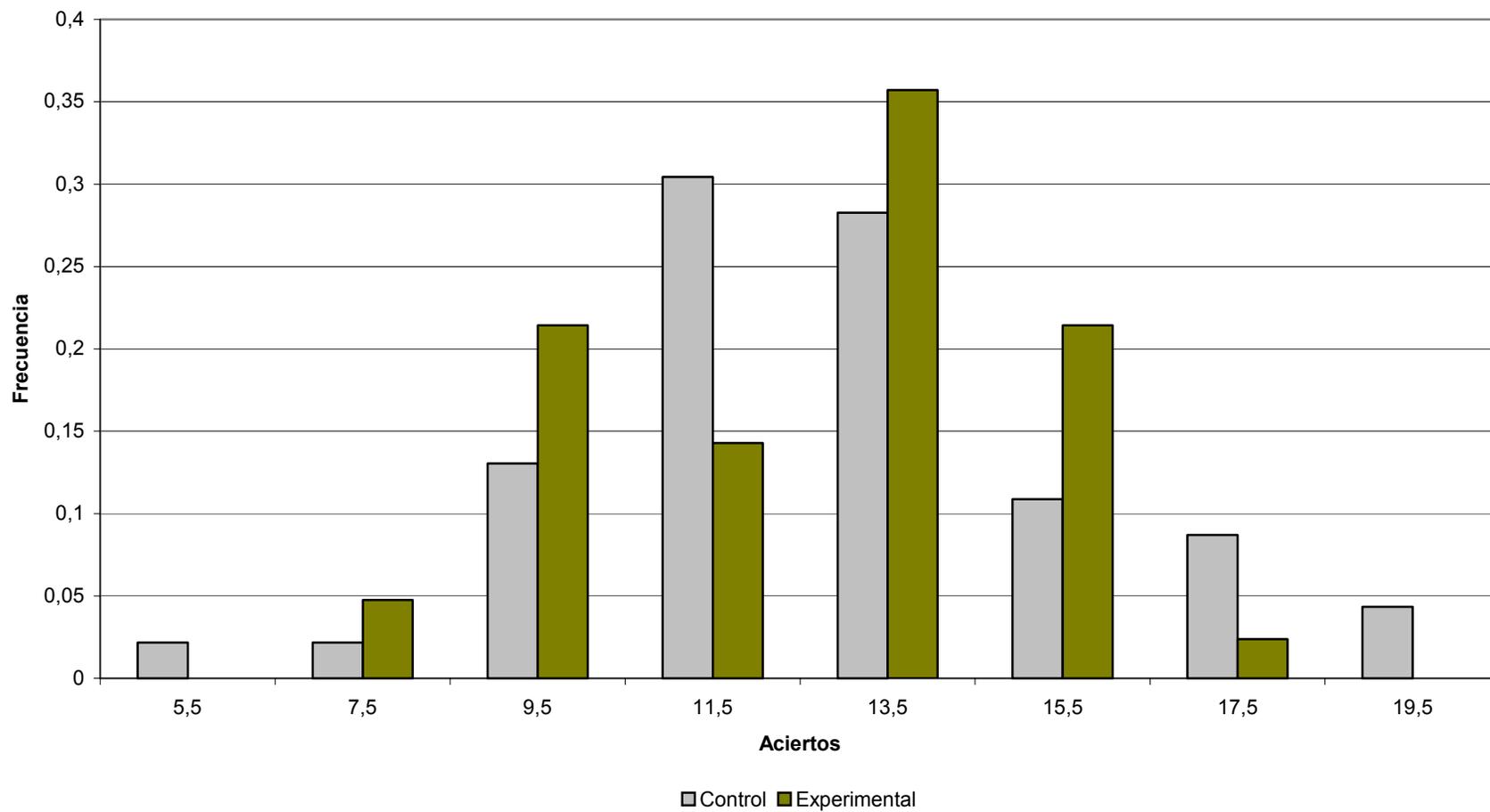
Frecuencia de alumnos que no respondieron a preguntas relacionadas con el término alelo



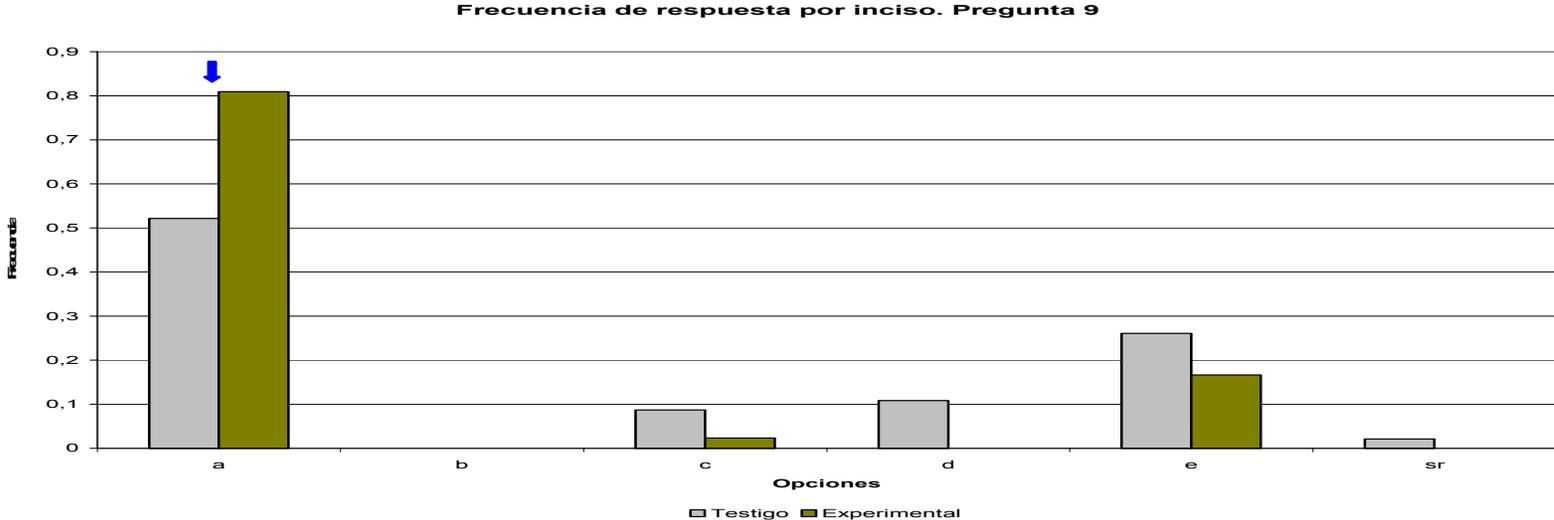
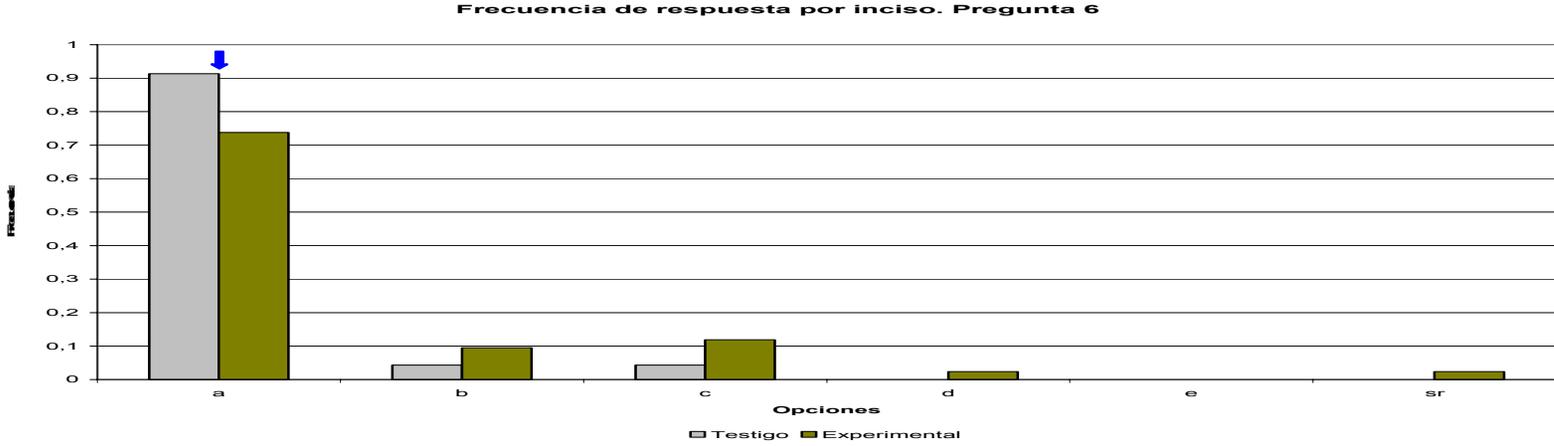
Frecuencia de alumnos que no respondieron a preguntas relacionadas con el término información genética



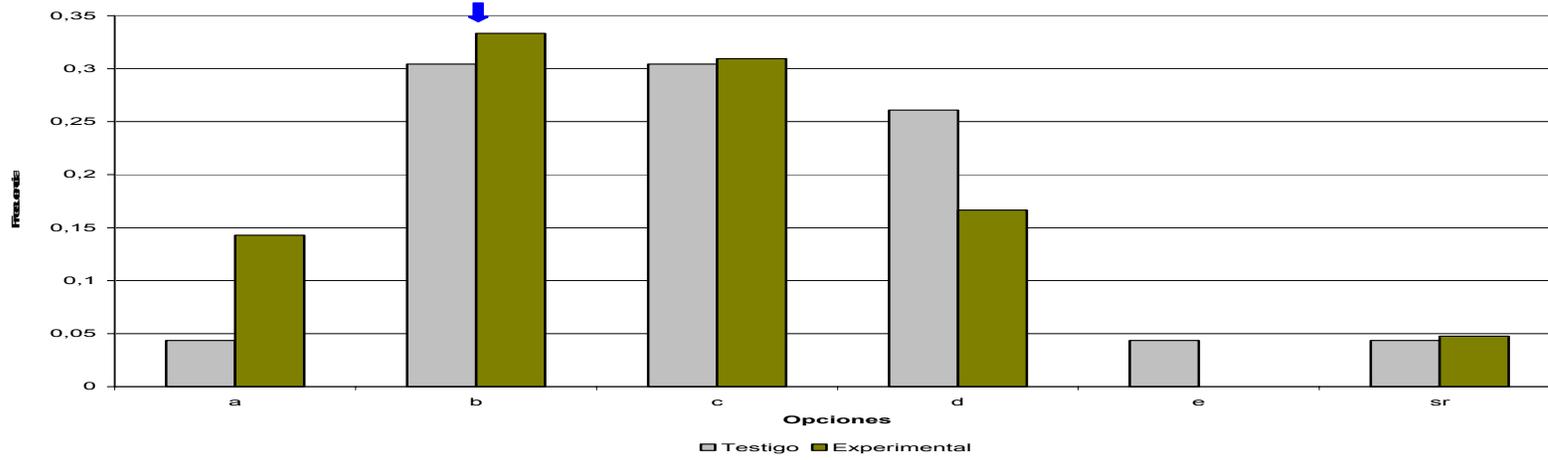
GRÁFICA 8. FRECUENCIA RELATIVA DE ACIERTOS EN LA PRUEBA OBJETIVA DE LOS GRUPOS CONTROL Y EXPERIMENTAL



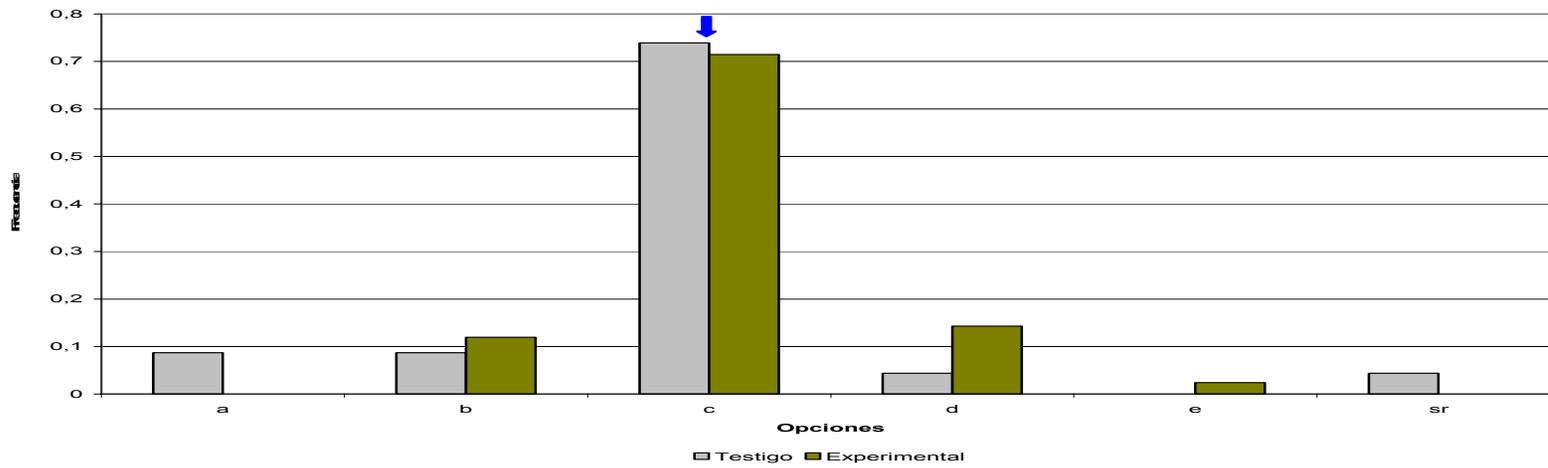
GRÁFICA 9. FRECUENCIAS PREGUNTAS DE LA PRUEBA OBJETIVA CON MAYOR VARIACIÓN. GRUPO CONTROL-GRUPO EXPERIMENTAL



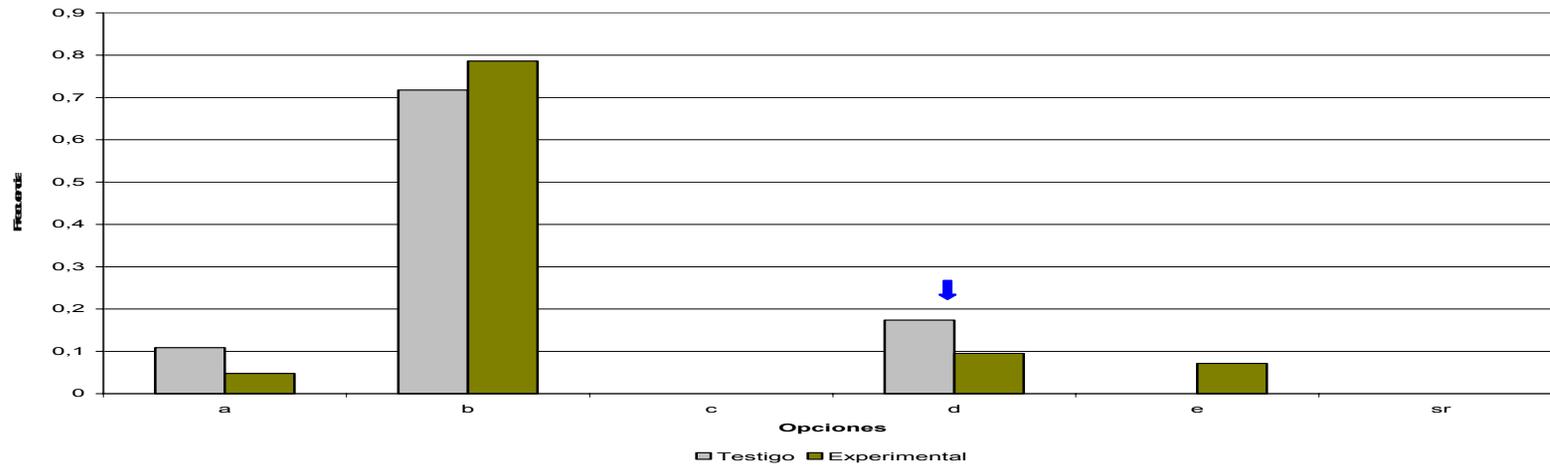
Frecuencia de respuesta por inciso. Pregunta 11



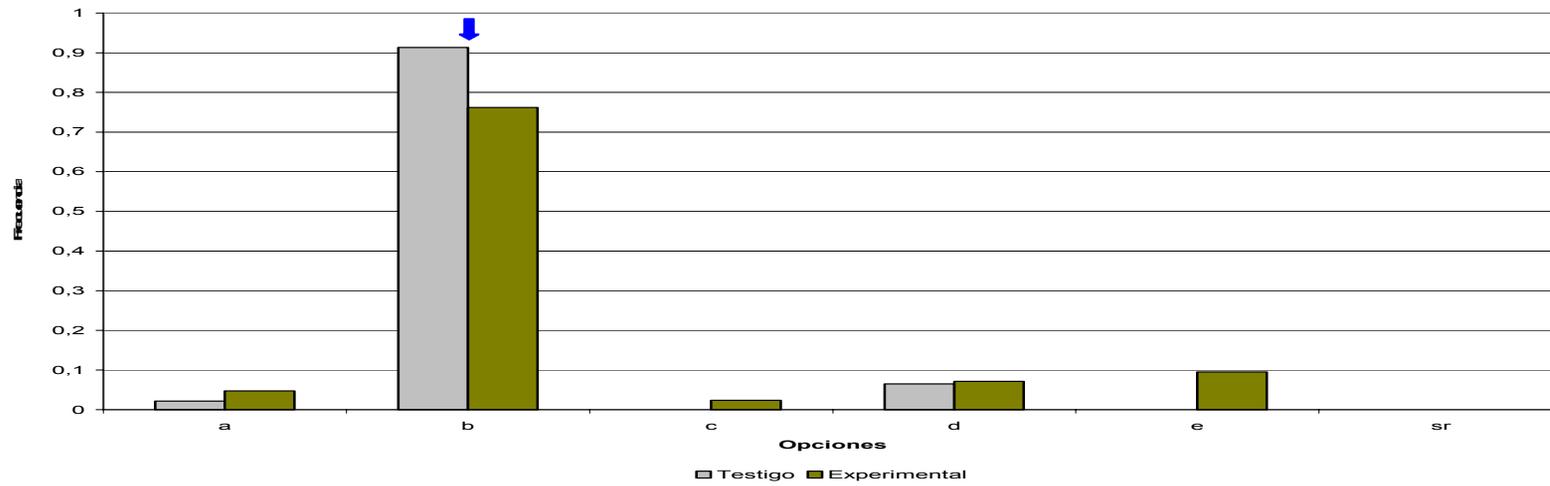
Frecuencia de respuesta por inciso. Pregunta 13



Frecuencia de respuesta por inciso. Pregunta 14



Frecuencia de respuesta por inciso. Pregunta 18



17. ANEXO 5. LECTURAS

CROMOSOMAS, DNA Y GENES: ¡PEQUEÑAS COSAS QUE TIENEN UN GRAN EFECTO EN QUIENES SOMOS!

¿Te pareces un poco a tus hermanos (as)?, ¿tus hermanos y tú tienen parecidos con tus papás?. Estos parecidos se deben, a menos que tu seas adoptado, a que tú y los demás miembros de tu familia tiene el mismo material genético.

Algunas características o rasgos son el resultado de interacciones con el ambiente, mientras que otras provienen del material genético que hay en tus cromosomas. Los cromosomas son los responsables de guardar el material genético en las células eucariotas. Un organismo tiene los mismos cromosomas durante toda su vida. Los cromosomas se encuentran dentro del núcleo de cada célula. Estos dan instrucciones a las células de cómo deben funcionar y determinan algunas características en la apariencia de cada persona. Cada cromosoma contiene una molécula muy compleja llamada DNA. Las moléculas de DNA contienen genes, los cuales rigen como se forma y mantiene un cuerpo.

La herencia es la transferencia de DNA de los cromosomas de una generación a los cromosomas de la siguiente generación. Los cromosomas en tu cuerpo están en pares. Uno de los cromosomas en el par proviene de tu mamá, y el otro de tu papá. Hay muchos genes dentro de cada uno de los cromosomas. Genes diferentes determinan rasgos diferentes. Cada uno de los genes puede tener muchas variedades. Por ejemplo, una variedad podría indicarle a tu cuerpo que los ojos deben ser azules, mientras que el otro indica que deben ser marrones (el gen dominante es el que determina el color de los ojos de una persona). Cada variedad es llamado alelo.

Es posible que haya muchos alelos por cada tipo de genes. Cada animal o planta tiene dos alelos en cada uno de sus genes. Un alelo es heredado de la madre y el otro es heredado del padre. Esto significa que un organismo tiene dos variedades distintas de cada uno de los genes, pero estos no son iguales.

Tomado de:

http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/Life/genetics_intro.sp.html

SUPERENROLLAMIENTO DEL DNA: CROMOSOMAS

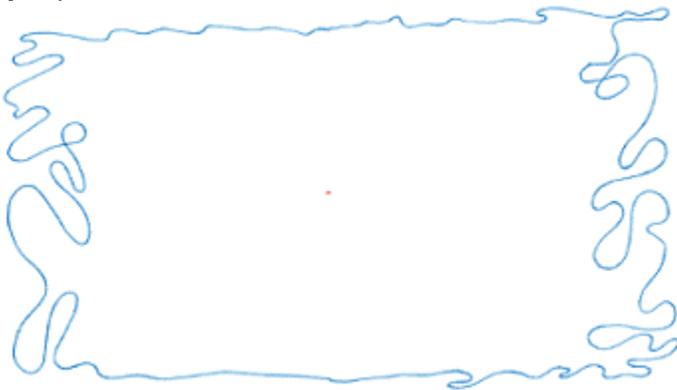
El **DNA celular** debe estar muy compactado para que pueda estar contenido en la célula, lo que implica un alto grado de organización estructural, pero el problema no es que se pliegue, sino que este plegamiento pueda permitir en cualquier momento el acceso a la información contenida en él. Cuando la célula no se encuentra en un ciclo de división los cromosomas se encuentran desenrollados en forma de cromatina, la cual está formada por DNA y proteínas llamadas histonas.

El término superenrollamiento significa literalmente **enrollar un rollo**. El ejemplo típico es lo que ocurre con un cordón telefónico. El DNA está enrollado en forma de una doble hélice en torno a un eje, una curvatura de ese eje sobre sí mismo da lugar al DNA superenrollado, si no ocurre esto se dice que el DNA está relajado. El superenrollamiento altera notablemente la forma global del DNA. Una molécula de DNA superenrollada es más compacta que una molécula de DNA relajada de la misma longitud. El superenrollamiento del DNA es útil para la conformación de los cromosomas.

Los cromosomas son los portadores de la mayor parte del material genético y condicionan la organización de la vida y las características hereditarias de cada especie. Los experimentos de Mendel pusieron de manifiesto que muchos de los caracteres del chícharo dependen de dos factores, después llamados genes, de los que cada individuo recibe un ejemplar procedente del padre y otro de la madre.

Desde el punto de vista de su composición los cromosomas están formados de DNA y proteínas, donde principalmente con las proteínas básicas llamadas histonas, se forma la llamada fibra de cromatina. Esta cromatina se encuentra de manera descompactada cuando la célula se encuentra en interfase, razón por la cual los cromosomas no están visibles; pero al momento del comienzo de la profase de la división celular esta fibra va sufriendo un superenrollamiento que va progresivamente estructurando las dos cromátidas que forman un cromosoma mitótico metafásico

Una de las funciones básicas del superenrollamiento del DNA *in vivo* es propiciar la compactación del DNA, de manera tal que sea posible almacenar la cantidad adecuada de material genético en la célula. Sin embargo, no siempre tenemos idea de la cantidad de material genético (DNA) que se almacena en una célula, sirva esta representación de ejemplo:



La figura representa una célula de *E. coli* (el puntito casi imperceptible del centro), representada a escala con su cromosoma circular extendido.

Tomado de:

http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/act_permanentes/conciencia/biologia/acertijos_biológicos/acertijos00-01/chsol6.htm

http://fbio.uh.cu/genmol/para_variar.html

<http://www.cnice.mecd.es/eos/MaterialesEducativos/mem2001/biologia/nucleo/cromatina.htm>

EL GENOMA HUMANO ¡Y SÓLO SON 30, 000!

Como las notas de una melodía.

El genoma es el conjunto completo de genes de una célula, y los *genes* representan las *unidades básicas de la herencia*. En su gran mayoría, cada gen codifica para una proteína –es decir, contienen las instrucciones para ensamblar una proteína a partir de aminoácidos- y de cada proteína puede haber varias versiones, las cuales se distinguen entre sí por su diferente longitud. El genoma, como los genes, *está constituido por el ácido desoxirribonucleico (DNA)*, que es una larga sucesión de *nucleótidos*. Las bases nitrogenadas que forman parte de estos nucleótidos son solamente cuatro y se representan con las letras **A (adenina)**, **T (timina)**, **G (guanina)** y **C (citosina)**. El orden en que estén colocados los cuatro nucleótidos y su frecuencia de repetición a lo largo de la molécula de DNA, da como resultado el *lenguaje genético*. Determinar este orden es lo que se conoce como secuenciación del genoma. Los nucleótidos son para la información genética lo que las notas musicales son para una melodía; de su colocación en una partitura, resulta la riqueza y variedad de sonidos en una obra musical.

El genoma humano contiene casi tres mil millones de nucleótidos. A la fecha, la secuencia de nucleótidos que lo forman ha sido descifrada en más de un 90%. Este conocimiento nos permite deducir, a través de una tabla de equivalencias o código genético, la secuencia de aminoácidos de las proteínas que son codificadas por cada gen. Como se mencionó anteriormente, muchas de las proteínas pueden tener varias versiones, en las cuales se añaden o se suprimen segmentos de varios aminoácidos, todos ellos codificados por el mismo gen original correspondiente. Por ejemplo, anticuerpos –que son proteínas- casi idénticos pueden tener o no un segmento que permite que sean excretados de la célula que los produce.

La ingeniería genética.

¿Por qué el resultado del estudio del genoma humano representa una gran etapa de la genética moderna? En la segunda mitad del siglo XIX, Gregor Mendel, el científico y religioso austriaco, sentó las bases de la genética moderna a través de sus estudios de la herencia de algunos caracteres visibles del chícharo, tales como su color y su textura. Sus investigaciones no fueron comprendidas en su época, sino hasta principios del siglo XX. A partir de entonces, los conocimientos en la genética han tenido un avance ascendente y espectacular. Cabe mencionar que se ha resuelto, en forma incontrovertible, que la información hereditaria está contenida en el DNA y no en las proteínas, y se ha determinado la composición química y la estructura tridimensional del DNA.

Tomado de Calva, E. 2001. *El genoma humano ¡y sólo son treinta mil!*. ¿Cómo ves? Año 4 No. 37. pp 13-17.

EL CAMINO AL DESCUBRIMIENTO DEL ADN

Los genes están hechos de DNA

Entre las décadas de los años veinte y cuarenta, los experimentos mostraron que un cultivo de bacterias vivas inofensivas puede convertirse en infeccioso si se mezcla con un filtrado de bacterias patógenas muertas. Las bacterias muertas suministran alguna sustancia química que transforma a las bacterias inocuas en infecciosas. Este “*principio de transformación*” parecía ser un gen. La idea propuesta por el estadounidense George Beadle de que a cada gen corresponde una enzima, y perfeccionada por Edward Tatum (*cada gen corresponde a una proteína*) dieron las bases al equipo de Oswald Avery, Colin McLeod y Maclyn McCarthy para realizar experimentos y llegar a la conclusión, en 1944 de que el “principio transformador” es el ácido desoxirribonucleico y, por extensión, que los genes están hechos de DNA. Muchos investigadores fueron reacios a aceptar que es el DNA, no las proteínas, la molécula genética.

Ya en el siglo XVII un científico holandés , Anthony van Leeuwenhoek, con la ayuda del microscopio, había probado la existencia de células simples, “*pequeños animales*” a las que después catalogaron como bacterias y protozoarios. No obstante, se debatió acerca de si las bacterias tenían genes, y que atributos podrían compartir con formas de vida más complejas. En la década de los cuarenta se descubrió presentan algo parecido al sexo: durante el proceso llamado conjugación, los genes se intercambian a través de un canal de apareamiento que enlaza a las dos bacterias.

El microscopio electrónico mostró que los virus que infectan a las bacterias presentan un proceso similar: un virus ataca a una bacteria y le inyecta sus genes a través de una especie de jeringa. En 1952, el estadounidense Alfred Day Hershey y su asistente Martha Chase, mostraron que basta el DNA del virus, sin ninguna proteína, para permitir la reproducción del nuevo virus dentro de la célula infectada. Este estudio confirmó los experimentos realizados por Avery sobre la composición del material genético (DNA), y demostró que tanto los virus como las bacterias pueden usarse como modelos de estudio en genética.

Una escalera, la clave

En 1935, una jovencita, hija de un profesor de secundaria, se graduó de una escuela para mujeres y luego ingresó a la Asociación Británica para investigaciones del Carbón. Posteriormente, en el Laboratorio Central de Servicios Químicos del Estado Francés aprendió las novedosas técnicas de difracción de rayos X. En 1951 le ofrecieron una beca para el King's College, en Londres, donde fue adscrita a la unidad de cristalografía de rayos X, en la que Maurice Wilkins estudiaba la estructura del DNA. Rosalind Franklin, como se llamaba esta chica, llegó al colegio cuando Wilkins estaba de viaje y al volver éste, supuso que Rosalind era su asistente y no su colega. Esto dio lugar a que, de entrada, su relación no fuera buena.

Entre 1951 y 1953 el zoólogo estadounidense James Watson y el físico inglés Francis Crick se unieron en la Universidad de Cambridge, para trabajar en la posible estructura tridimensional del DNA. Por su parte, Rosalind Franklin y el estudiante Raymond Gosling obtuvieron, con difracción de rayos X, dos juegos de fotografías de alta resolución de fibras de DNA cristalizado. Rosalind dedujo que el DNA formaba hebras, y que los fosfatos que contenía se hallaban en el exterior de una estructura helicoidal. Franklin presentó su trabajo en una conferencia en el King's College, a la que asistió Watson, quien no le prestó mucha atención. No obstante Wilkins mostró luego a Watson y a Crick los datos de rayos X obtenidos por Rosalind. Estos datos confirmaron la sospecha sobre la estructura que ellos habían supuesto para el DNA: una doble hélice semejante a una escalera de caracol. Franklin y Wilkins publicaron el trabajo en la revista Nature en 1953, en el mismo número donde Watson y Crick publicaron su famoso artículo sobre la estructura del DNA. Así, la carrera por determinar cómo se mantienen juntas las piezas del DNA en una estructura tridimensional fue ganada por James Watson y Francis Crick.

Trabajos recientes habían mostrado que el DNA estaba construido por "ladrillos" llamados nucleótidos, consistentes en el azúcar desoxirribosa, un grupo fosfato y una de cuatro bases nitrogenadas: adenina (A), timina (T), guanina (G) y citosina (C). Watson y Crick demostraron que moléculas alternadas de desoxirribosa y fosfato forman los barandales de la escalera de caracol del DNA y los peldaños son pares complementarios de bases nitrogenadas, A siempre emparejada con T, y G siempre emparejada con C. Gracias a este emparejamiento obligatorio AT y GC, Watson y Crick pudieron explicar la duplicación del DNA, proponiendo que una de las dos hebras de la molécula sirve de molde para reconstruir la otra mitad. Habían descubierto la estructura molecular del DNA y, con ello, la clave de la herencia. Watson y Crick recibieron el premio Nobel de Fisiología en 1962. Rosalind Franklin había muerto de cáncer tres años antes y el premio no se otorga de forma póstuma, por lo que poca gente conoce sus aportaciones. La mesa estaba puesta para que dos comensales degustaran el gran platillo del éxito, sazonado y pacientemente guisado desde mediados del siglo XIX por meticulosos cocineros.

Tomado de Ísita, T. R. 2001. *El camino al descubrimiento del ADN. ¿Cómo ves?* Año 4 No. 37. pp 31-33.

18. ANEXO 6. MODELOS

MODELOS GRUPO EXPERIMENTAL

Sesión 1:

Material

Fotos de cuerpo entero de los alumnos

Cinta autoadherible transparente

Lupa

Tijeras

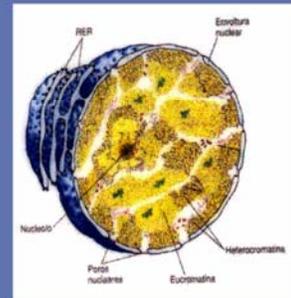
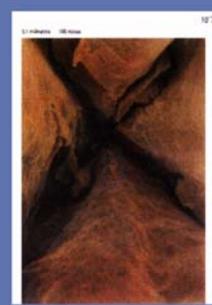
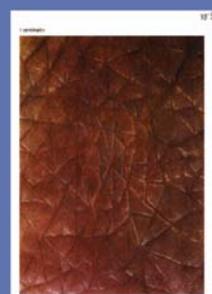
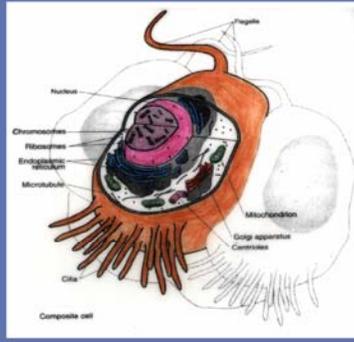
Imágenes

Instrucciones

Sesión 1

Parte I

- 1) Ordena las imágenes en la secuencia que consideres deben seguir.
- 2) En la imagen de los cuerpos humanos pega tu foto
- 3) En una hoja relata lo que estas imágenes te dicen.
- 4) Discútelo con tus compañeros de equipo y elabora un resumen conjunto.

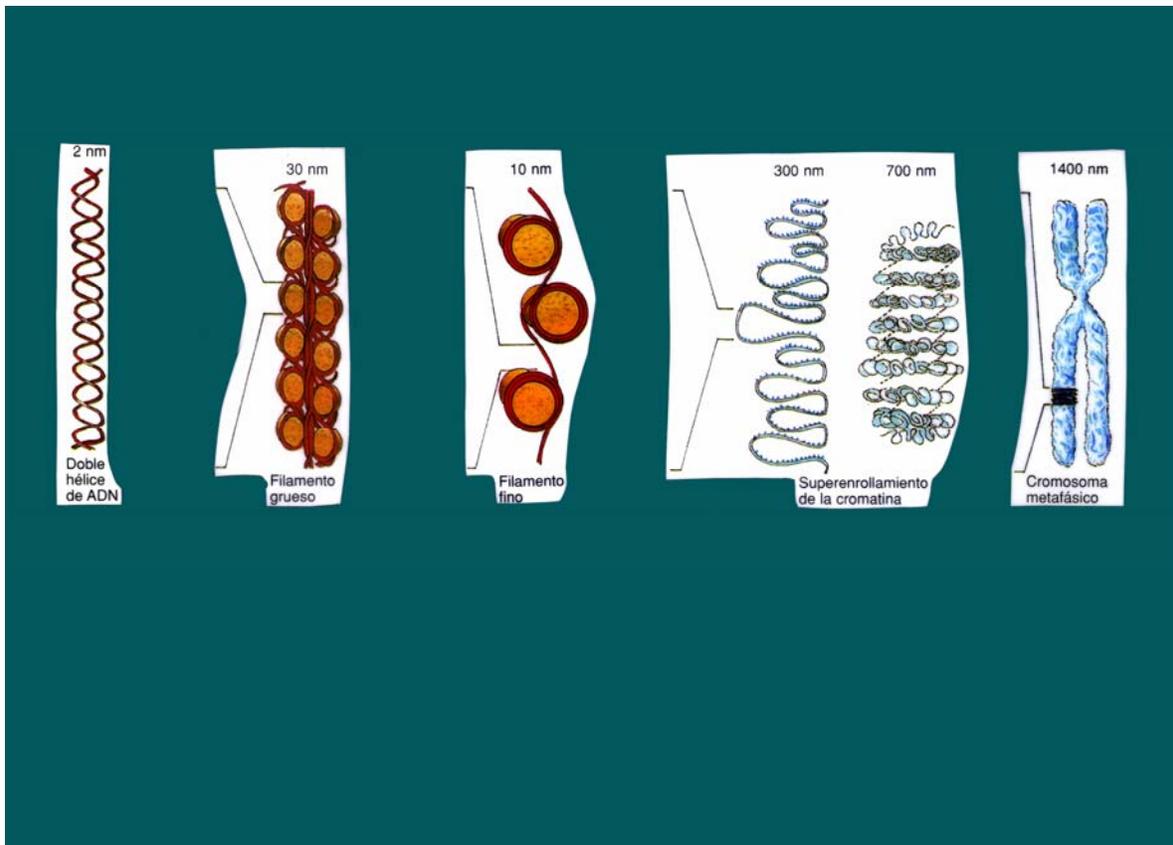


Sesión 2

5) Ahora responde las siguientes preguntas:

- Si observáramos más de cerca las células de piel o de músculo o de hueso o de una planta ¿Qué podríamos ver?
- Si nos acercáramos todavía más y observáramos el núcleo ¿qué podríamos ver?
- Si se enfocara el contenido del núcleo ¿qué observaríamos?
- Dentro de los componentes del núcleo ¿podríamos observar cromosomas?

6) Entonces ¿dónde se encuentran los cromosomas?



Sesión 3

Introducción:

La molécula de DNA esta formada “por ladrillos” llamados nucleótidos, consistentes en el azúcar desoxirribosa, un grupo fosfato y una de cuatro bases nitrogenadas: adenina (A), timina (T), guanina (G) y citosina (C). Watson y Crick demostraron que moléculas alternadas de desoxirribosa y fosfato forman los barandales de la escalera de caracol del DNA y los peldaños son pares complementarios de bases nitrogenadas, A siempre emparejada con T, y G siempre emparejada con C. El orden en el que estén colocados los cuatro nucleótidos y su frecuencia de repetición a lo largo de la molécula de DNA, da como resultado el *lenguaje genético*. El genoma humano contiene casi tres mil millones de pares de nucleótidos.

Material:

Imágenes de la actividad anterior

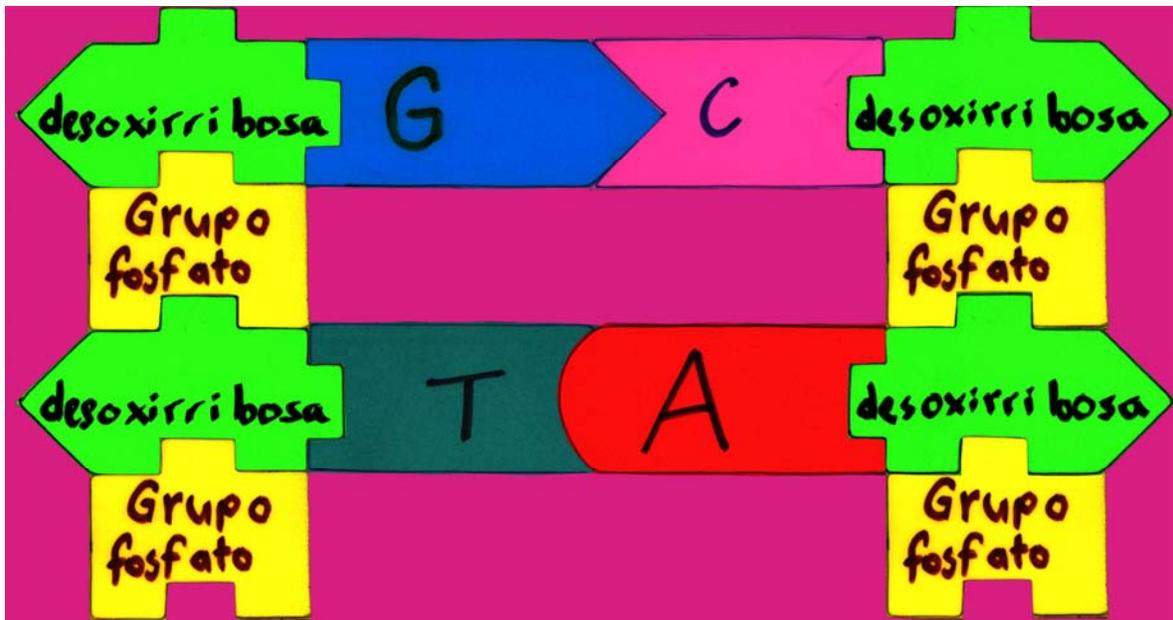
Tiras de Velcro

Piezas de foami de diferentes colores

Cuentas de colores

Hilo

- 1) Nuevamente ordena las imágenes de acuerdo a las conclusiones de la sesión anterior.
- 2) Observa ahora de manera más detenida las imágenes donde se observa el DNA.
- 3) Con las piezas de foami de diferentes colores construye una molécula de DNA.
- 4) Responde la siguiente pregunta:
 - a. ¿Cuáles son los componentes del DNA?



Sesión 4

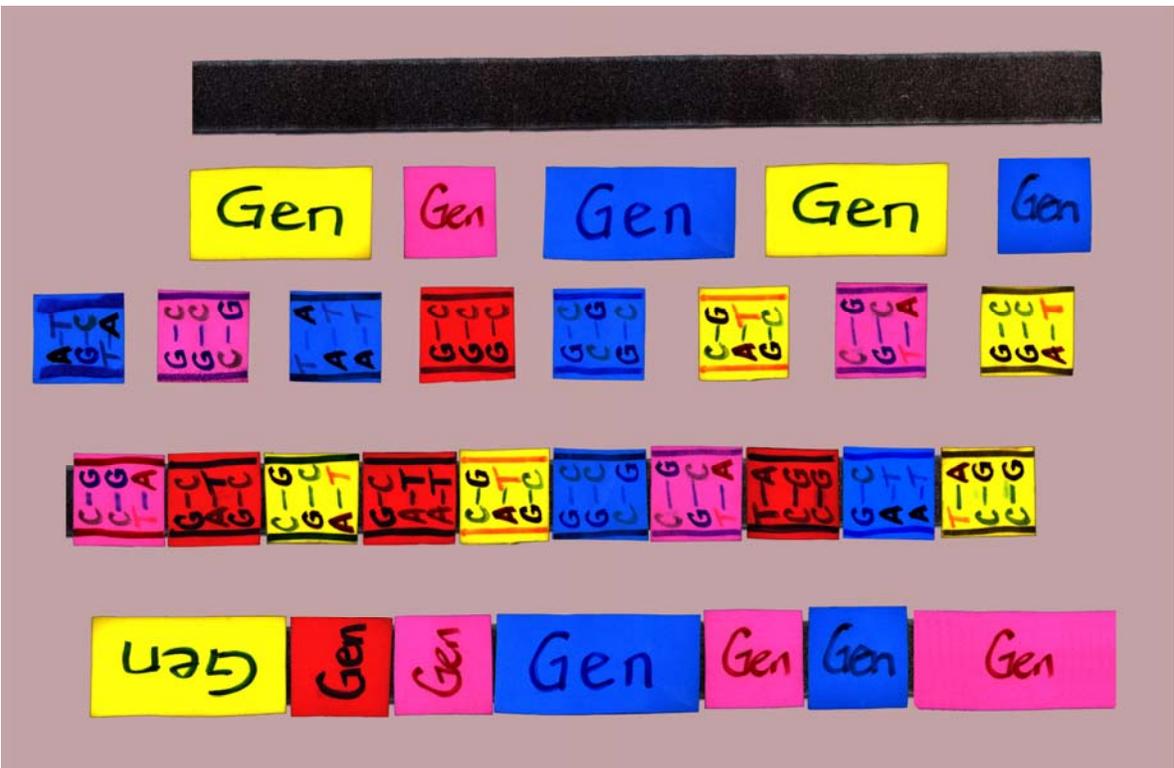
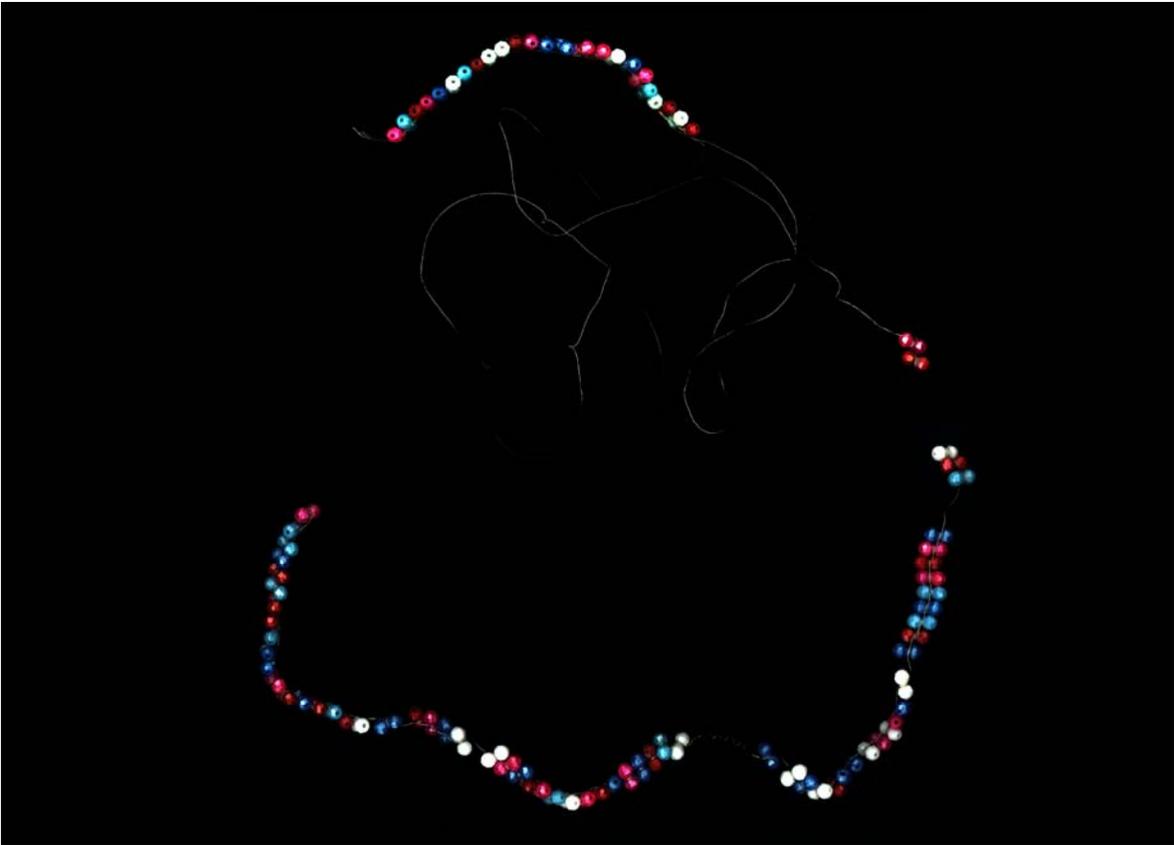
Sabes que si estirásemos el DNA de todos los cromosomas de una de nuestras células mediría 2 m. ¿Cómo es que cabe en cada una de nuestras células?

El DNA debe estar muy bien empaquetado, ¿cómo?, con la ayuda de unas proteínas llamadas histonas, que intervienen en la construcción de nuestros cromosomas

5) Enrolla el hilo en las cuentas de colores para construir un cromosoma. Los cromosomas pueden tener diferentes tamaños. ¿Cómo quedo el tuyo?

6) En la tira de velcro que hará las veces de molécula de DNA acomoda las piezas de colores de foami según creas conveniente. Discútelo con tu equipo. ¿Podrás decir ahora lo que es un gen?, ¿Es un componente distinto del DNA?, ¿Cómo son los genes?

Los genes son segmentos de DNA. El hombre tiene aproximadamente entre 30,000 a 40,000 genes. No todos los genes son iguales, para una característica puede haber más de un gen, por ejemplo, en el caso de las plantas de chícharo, para la característica de altura existe la característica altos y enanos, cada una de estas variaciones se les llama alelos.



Sesiones 5 y 6

FIBROSIS CISTICA

La fibrosis cística o también llamada mucoviscidosis detectada en 1985 es una enfermedad hereditaria debida a la alteración, de un gen localizado en el cromosoma 7 y que codifica una proteína que participa en el transporte del ión cloro a través de las membranas celulares. Se manifiesta por la acumulación de un moco viscoso en los pulmones que produce una insuficiencia respiratoria progresiva, que suele conducir a la muerte alrededor de los veinte años.

C = alelo dominante responsable de la producción normal del canal de cloro (glucoproteína)

c = alelo recesivo, el cual en homocigosis conduce a las personas a la producción anormal de la glucoproteína, que da como resultado la formación de un moco muy viscoso en la gente afectada.

TIPOS SANGUÍNEOS ABO

I^A = Alelo responsable de la síntesis de un oligosacárido en las paredes de los glóbulos rojos llamado antígeno A

I^B = Alelo responsable de la síntesis de un oligolisacárido en las paredes de los glóbulos rojos llamado antígeno B

i^O = alelo recesivo para I^A e I^B incapaz de producir los antígenos.

ENFERMEDAD DE HUNTINGTON. Conocido comúnmente como “mal de San Vito”

Es una afección neurológica que se caracteriza por la aparición de movimientos bruscos involuntarios, que recuerdan los producidos por descargas eléctricas. La denominación de “mal de San Vito” tiene su origen en que se invocaba a ese santo para la curación de la enfermedad. Corea es una palabra de origen griego que en su forma latina chorea, pasó al español y que significa danza. El gen implicado se encuentra en la extremidad del cromosoma 4 y desde su localización hasta la determinación de la anomalía pasaron diez años.

H = Alelo dominante responsable de causar corea de Huntington. Los síntomas aparecen alrededor de los 40-45 años de edad y se caracteriza por temblores involuntarios del cuerpo, degeneración progresiva del sistema nervioso y deterioro gradual físico y mental.

h = alelo recesivo. Las personas homocigotas recesivas no presentan la enfermedad.

FENILCETONURIA

Es una afección del encéfalo debida a la acumulación del aminoácido fenilalanina a causa de la ausencia de una enzima capaz de degradar a ese aminoácido. En el cromosoma doce se encuentra el gen que codifica la enzima.

F = alelo dominante responsable de la síntesis de la enzima fenilalanina hidroxilasa la cual convierte la fenilalanina en tirosina.

f = alelo recesivo que resulta en la síntesis de una enzima defectuosa, la cual no puede convertir la fenilalanina en tirosina. Como resultado de este defecto, hay acumulación excesiva de fenilalanina en la sangre de los homocigotos recesivos y puede provocar severo retardo mental y físico. Actualmente, esto puede ser detectado al nacer por un rutinario análisis de sangre, lo cual minimiza los riesgos al dar una dieta con sólo la cantidad suficiente de fenilalanina.

ANEMIA FALCIFORME

HbA = alelo responsable para producir hemoglobina normal

HbS = alelo responsable de la producción de hemoglobina defectuosa (S). Células en forma de hoz. El nombre falciforme se deriva de las raíces falx, falcis que significa hoz. Los glóbulos rojos con hemoglobina "S" asumen la forma de hoz o media luna, es decir, una "falciforma", de allí se deriva la denominación de anemia falciforme. Las mutaciones afectan al cromosoma 11, responsable de la síntesis de la hemoglobina.

Personas homocigotas con HbA HbA producen hemoglobina normal y tienen sangre normal.

Personas en homocigosis de HbS HbS producen hemoglobina anormal y sus glóbulos rojos están distorsionados. Estas células pueden impedir el flujo sanguíneo normal y no pueden ejecutar su función normal de transporte de oxígeno. Los pacientes con anemia falciforme sufren episodios de dolor, anemia (falta de glóbulos rojos), infecciones serias y daño a órganos vitales; frecuentemente mueren jóvenes.

Personas heterocigotas HbA HbS, debido a que los alelos son codominantes, producen una mezcla de células sanas y distorsionadas. Los portadores de esta condición sufren jadeos medios durante el ejercicio.

INSTRUCCIONES PARTE III

Con el modelo de cromosoma:

- 1) ¿Cómo acomodaría los alelos para tener una persona con sangre tipo A, portadora de la fibrosis cística y que tiene fenilcetonuria?
- 2) ¿Cómo acomodaría los alelos para tener una persona con anemia falciforme, sangre tipo AB, y portadora de la enfermedad de Huntington?
- 3) Inventa una persona colocando al azar los alelos del cromosoma paterno y materno, describe el genotipo y fenotipo de la persona que inventaste. Asimismo describe si son portadores de la enfermedad o la presentan y en que casos es así.
- 4) ¿Cuántas posibilidades de acomodo de alelos darían el fenotipo que describes?
- 5) ¿Quién de los progenitores podría segregar los alelos defectuosos?

