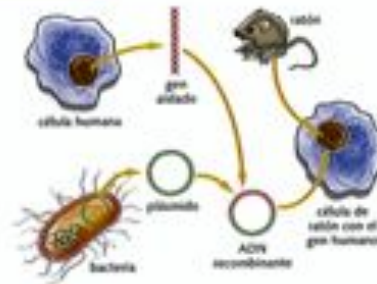


Análisis de los contenidos de Genética en textos de 4º ESO



M^a Carmen Garrido Navas

Máster en Profesorado de Educación
Secundaria y Bachillerato, Formación
Profesional y Enseñanza de Idiomas

Análisis de los contenidos de Genética en textos
de 4º ESO

M^a Carmen Garrido Navas

Junio de 2012

Análisis de los contenidos de Genética en textos de 4º ESO



Fdo. M^a Carmen Garrido Navas



Fdo. Francisco González García

Índice

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	8
1.1. Introducción	9
1.2. Principales dificultades en la Enseñanza - Aprendizaje de la Genética	11
1.3. Relación entre conocimiento conceptual y resolución de problemas	13
1.4. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios? . .	14
1.5. Diseño curricular de la genética	18
1.5.1. LOGSE	18
1.5.2. LOE	19
1.6. Secuencia de los contenidos de genética en los libros de texto	21
2. OBJETIVOS DEL TFM	23
3. METODOLOGÍA	25
3.1. Parejas de libros	26
3.2. Puntos a tratar en RESULTADOS	30
4. RESULTADOS	31
4.1. Comparación de libros de la misma editorial para el mismo momento legislativo	32
4.1.1. Editorial Oxford	32
4.1.2. Editorial Santillana	37
4.1.3. Editorial SM	42
4.2. Comparación de libros de la misma editorial para dos momentos legislativos diferentes	48
4.2.1. Editorial Anaya	48
4.2.2. Editorial Oxford	54
4.2.3. Editorial SM	59
4.3. Cuadros resumen	64
5. DISCUSIÓN E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS	67
5.1. Secuenciación	67
5.2. Definiciones	69
5.3. Naturaleza abstracta y complejidad	70
5.4. Resolución de problemas	71
5.5. Implicaciones didácticas	72

Índice de figuras

1. **Editorial: Oxford. Momento legislativo: LOE.**
Oxford Anfora: *Biología y Geología. Proyecto Anfora.* A.M. Cabrera Calero, M. Sanz Esteban. Oxford University Press España. 2007, Madrid.
Oxford Exedra: *Biología y Geología. Ciencias de la Naturaleza. Proyecto Exedra.* C. Albaladejo Marcet, A.M. Cabrera Calero, A. Ferrer Montserrat. Oxford University Press España. 2006, Madrid. 26
2. **Editorial: Santillana. Momento legislativo: LOE.**
Santillana Grazalema: *Biología y Geología. Andalucía. Grazalema.* M. A. Madrid, I. Meléndez, M. Blanco, E. Vidal. Santillana Educación, S.L. 2008, Sevilla.
Santillana Supernova: *Biología y Geología. Serie Supernova.* Santillana, S.L, 2005, Madrid. 27
3. **Editorial: SM. Momento legislativo: LOGSE.**
SM Biosfera: *Biosfera. Biología y Geología.* E. Pedrinaci Rodríguez, L. del Carmen Martín. Ediciones SM, 1998, Madrid.
SM Darwin: *Biología y Geología. Darwin.* A. Alcalde, B. Fernández, J.M^a. Gómez de Salazar, J.A. Muñoz, M^a.J. Méndez. Ediciones SM, 2003, Madrid. 27
4. **Editorial: Anaya. Momento legislativo: LOGSE-LOE.**
Anaya LOGSE: *Ciencias de la Naturaleza. Biología y Geología. Andalucía.* T. Berges, F. Carrión, C. Gil. Grupo Anaya, S.A. 1998, Madrid.
Anaya LOE: *Biología y Geología. Ciencias de la Naturaleza. Andalucía.* S. Salibrea, A. Álvarez, A. Saez, M. Reyes, J. Correa. Grupo Anaya, S.A. 2003, Madrid. 28
5. **Editorial: Oxford. Momento legislativo: LOGSE-LOE.**
Oxford LOGSE: *Ciencias de la naturaleza. Biología y Geología. Secundaria.* C. Albaladejo, A.M. Cabrera, A. Ferrer. Oxford University Press España. 1998, Madrid.
Oxford LOE: *Biología y Geología. Ciencias de la Naturaleza. Proyecto Exedra.* C. Albaladejo Marcet, A.M. Cabrera Calero, A. Ferrer Montserrat. Oxford 29

6. **Editorial: SM. Momento legislativo: LOGSE-LOE.**
SM LOGSE: *Biología y Geología. Darwin.* A. Alcalde, B. Fernández, J.M^a. Gómez de Salazar, J.A. Muñoz, M^a.J. Méndez. Ediciones SM, 2003, Madrid.
SM LOGSE: *Biología y Geología. Proyecto Secundaria.* E. Pedrinaci, C. Gil. Ediciones SM, 2008, Madrid. 29

Índice de cuadros

1.	Clasificación de los problemas. Adaptación de Figura 1.2 Perales (2000)	15
2.	Secuenciación para Oxford	33
3.	Definiciones para Oxford	35
4.	Complejidad para Oxford	36
5.	Problemas para Oxford	37
6.	Secuenciación para Santillana	39
7.	Definiciones para Santillana	40
8.	Complejidad para Santillana	41
9.	Problemas para Santillana	42
10.	Secuenciación para SM	43
11.	Definiciones para SM	45
12.	Complejidad para SM	47
13.	Problemas para SM	48
14.	Secuenciación para Anaya	49
15.	Definiciones para Anaya	51
16.	Complejidad para Anaya	52
17.	Problemas para Anaya	53
18.	Secuenciación para Oxford	55
19.	Definiciones para Oxford	56
20.	Complejidad para Oxford	58
21.	Problemas para Oxford	59
22.	Secuenciación para SM	60
23.	Definiciones para SM	62
24.	Complejidad para SM	63
25.	Problemas para SM	64
26.	Cuadro resumen. En este cuadro se muestra una síntesis de los resultados del apartado 4.1, mostrándose en conjunto todos los cuadros de resultados que se muestran en el mismo.	65

27. **Cuadro resumen.** En este cuadro se muestra una síntesis de los resultados del apartado 4.2, mostrándose en conjunto todos los cuadros de resultados que se muestran en el mismo. 66

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

1.1. Introducción

La Genética es uno de los temas más tratados en la Didáctica de la Biología debido a su importancia y a que es un área de rápida expansión con importantes implicaciones económicas, éticas y sociales en general (Stewart y Kirk, 1990; Garvin y Stefani, 1993). Además, se considera como la base conceptual para comprender la evolución, y con ella, la propia biología (Smith y R, 1992). En la década de los setenta se iniciaron estudios sobre las ideas previas de los estudiantes, siendo los temas de genética uno de los más estudiados por su importancia (Bugallo Rodríguez, 1995). El trabajo de Deadman y Kelly (1978) fue de los pioneros en analizar las concepciones previas de los estudiantes de secundaria sobre evolución y herencia. Estas ideas que poseen los estudiantes sobre la realidad científica del mundo que les rodea, pudiendo ser más o menos acertadas han sido objeto de distintas denominaciones por parte de diversos autores: Ausubel las denominó *preconceptos*, Novak las llamó *concepciones erróneas*, Osborne y Freyber apelaron a ellas como *ideas de los niños*, Pozo y Carretero las consideraron *concepciones espontáneas* y Giordan y De Vecchi las llamaron *representaciones* (Caballero Armenta, 2008). Actualmente, una denominación muy aceptada y fácilmente identificable por el profesorado, es la de *ideas previas*, ya que hace referencia a una concepción que no ha sido transformada por la acción docente en las aulas. Hoy día, pocos educadores discutirían que aprender de manera significativa supone establecer vínculos intencionados entre la nueva información y lo que ya sabemos (Ayuso y Banet, 2002). Las ideas previas que ya poseen los estudiantes, pueden orientar la selección de contenidos de enseñanza y de objetivos de aprendizaje, así como las decisiones sobre la naturaleza y la secuencia de actividades. Por ello han sido objeto de estudio durante muchos años, mediante encuestas y entrevistas, de las cuales se han revelado muchas de las principales ideas previas de los alumnos con respecto a la genética, que se muestran a continuación:

- 1. Localización de la información hereditaria:** existe una confusión general a la hora de localizar el material genético, su vía de transmisión y el significado de conceptos básicos de genética. En algunos casos, se relaciona la sangre con la transmisión de caracteres. Existen confusiones a la hora de definir conceptos como: ADN, gametos, gen, cromosoma, factor o autofecundación entre otros.

- 2. Falta de conocimientos adecuados sobre la reproducción sexual de las plantas:** muchos alumnos tienen una visión antropocéntrica de la biología, pensando que los fenómenos estudiados, en este caso en genética, sólo afectan al hombre, y como mucho, a algunos animales estrechamente relacionados como los chimpancés. Si no comprenden que la genética es algo inherente a todos los seres vivos, será difícil que entiendan los experimentos de Mendel (ya que se llevaron a cabo en una especie vegetal, y por lo tanto, no se vería influida por la herencia).
- 3. Falta de conocimientos de los conceptos de probabilidades y otras variables estadísticas:** constituyen un obstáculo no sólo para comprender los resultados de los experimentos de Mendel, sino también para poder realizar una correcta resolución de los problemas de genética, que exigen un manejo y cálculo de frecuencias y probabilidades correcto.

A partir de los años ochenta, se intensificaron los estudios de interés para la didáctica de la genética. Caben destacar dos artículos, el de Johnstone y Mahmoud (1980) y el de Finley *et al.* (1982). En ellos, se analizaron, por un lado, cuáles eran los contenidos de biología más difíciles de aprender y por otro, cuáles eran los contenidos considerados más importantes y difíciles por los profesores de ciencias de secundaria. Los tres puntos importantes que se destacaron en relación con la genética fueron: mitosis-meiosis, genética mendeliana y teoría cromosómica. Desde este momento, sufren un auge los estudios en relación con la genética y su didáctica, comenzando a abundar artículos que estudian las distintas concepciones previas que tiene el alumnado con respecto a este tema, y cuáles son las principales dificultades en cuanto a comprensión de conceptos, y se han relacionado, principalmente, con los libros de texto (Cho *et al.*, 1985; Tolman, 1982). Éstos, tienen una gran influencia en la práctica educativa, en particular en la selección y secuenciación de la materia (Knippels *et al.*, 2005). Algunos de los principales errores que se encuentran en los libros de texto en relación con la mitosis, meiosis y herencia mendeliana son los siguientes:

- Suelen empezar a nivel de fenómeno y gradualmente descienden a niveles inferiores, cuando sería más fácilmente comprensible un comienzo en niveles más sencillos y un aumento de complejidad a medida que se va comprendiendo la materia.
- Utilizan un vocabulario complicado que hace difícil la comprensión

del tema, cuando no necesariamente hay que usar una terminología tan específica.

- No se muestran de forma explícita las relaciones entre distintos conceptos genéticos y los niveles de organización con los que están relacionados. Términos como *dominante* y *recesivo*, deberían estar relacionados con alelo, mientras que *homocigoto* y *heterocigoto*, con el nivel de genotipo.
- Se centran en la enseñanza de la herencia mediante su estudio a través de la historia, de modo que se incide más sobre los errores que sobre los aciertos. Además, con esta forma de secuenciación, se establece una gran barrera entre el mendelismo y la genética molecular, de modo que parecen dos temas completamente independientes, y que, de hecho, se pueden presentar como temas diferentes en el libro.

En los últimos años, se ha producido un rápido incremento en el desarrollo de la Biología Molecular, lo que ha tenido implicaciones económicas, éticas y sociales. Todo ello está provocando cambios en la sociedad, y genera nuevas cuestiones de relevancia. La juventud está inmersa en noticias relacionadas con estos temas que son cada vez más comunes y cotidianos, y deberán tener un criterio para poder opinar al respecto (Abril, 2010). A estos jóvenes se les exigirá que tomen decisiones personales relacionadas con los resultados de estas tecnologías, teniendo gran influencia sobre las actitudes sociales del momento. Sin embargo, el conocimiento, tanto a nivel de comprensión como de sus opiniones y actitudes frente a estos temas, por parte de estos jóvenes, es no sólo escaso, sino erróneo en un porcentaje importante (Wood-Robinson *et al.*, 1998). Frente a esta situación, no cabe otra alternativa que seguir estudiando los causantes de la presencia y permanencia de las ideas previas respecto a la genética en el alumnado, así como buscar alternativas y posibles soluciones para resolver estos conflictos.

1.2. Principales dificultades en la Enseñanza - Aprendizaje de la Genética

Tras la introducción general en que hemos revisado la cuestión de las ideas previas, vamos a centrarnos en las principales dificultades de la enseñanza-aprendizaje de la genética. Podemos completar una lista con estas cuestiones problemáticas.

- 1. Terminología:** la genética es rica en terminología pero no todos los términos son necesarios para una comprensión adecuada (Knippels *et al.*, 2005). A continuación se indican los problemas más relevantes en relación a la terminología:
 - a) Problemas a la hora de traducir términos del inglés de manera incorrecta.
 - b) Uso de términos políticamente correctos, como es el caso de *modificación genética* en vez del término correcto *manipulación genética*, lo que puede conllevar a problemas de comprensión.
 - c) Semejanzas entre términos como mitosis y meiosis pueden provocar confusiones entre ambos y oculta lo significativo (Bugallo Rodríguez, 1995).
 - d) Hay términos como gen y alelo que se usan indistintamente en los libros de texto, provocando de nuevo, ambigüedad y confusiones.
 - e) Uso de términos en el lenguaje coloquial como es el caso de mutación.
 - f) Algunos términos que se utilizan en clase (información hereditaria, cromosomas...) pueden ser interpretados por los alumnos con un significado distinto al que le atribuimos los profesores.
- 2. Naturaleza abstracta:** los conceptos suelen alejarse de los fenómenos biológicos reales, ya que existe una falta de conexión entre la herencia y la reproducción sexual en general, y la meiosis en particular (Knippels *et al.*, 2005).
- 3. Complejidad:** la herencia tiene que ver con todos los niveles de organización, partiendo desde el nivel molecular, el celular, organismo y población (Knippels *et al.*, 2005). Cuando en los libros de texto se intenta simplificar la herencia, se pueden originar problemas conceptuales ya que no se relaciona la herencia con los diferentes niveles de organización en los que ocurre.
- 4. Probabilidades:** la comprensión de la genética lleva implícito el manejo de herramientas matemáticas por ejemplo para el cálculo de probabilidades, que en ocasiones no se tienen en cuenta, pero

que, en niños con dificultades respecto a la competencia matemática pueden constituir una gran barrera a superar (Banet y Ayuso, 1995). Otros usos inadecuados como el del cuadro de Punnett también pueden ocasionar dificultades en la comprensión de la herencia.

5. Resolución de problemas: suelen carecer de interés para los estudiantes por la manera en la que se presentan (Ayuso *et al.*, 1996):

- a) Se trata de ejercicios de lápiz y papel.
- b) Suelen tener un enfoque “causa-efecto”.
- c) Son, en general, cerrados, de solución única.
- d) Muchos de ellos se refieren a seres vivos a veces desconocidos o a características hereditarias difíciles de imaginar.

1.3. Relación entre conocimiento conceptual y resolución de problemas

En los años noventa, los mayores esfuerzos de investigación en didáctica de la genética se han centrado precisamente en la relación entre el conocimiento conceptual y las estrategias para la resolución de problemas. Con respecto a los resultados obtenidos, caben destacar los siguientes:

- El hecho de que un problema tenga una respuesta correcta no significa necesariamente que se esté usando un conocimiento conceptual apropiado para justificar los pasos de resolución del problema. Se pueden usar algoritmos en la resolución de problemas que nos conduzcan a una respuesta satisfactoria sin necesidad de emplear conocimiento teórico alguno (Bugallo Rodríguez, 1995).
- Si clasificamos los problemas desde el punto de vista de la lógica de los objetivos de aprendizaje que se pueden alcanzar, existen dos tipos de razonamiento (González García, 2000):
 - a) “causa-efecto” (C-E): para su solución se razona desde las **causas** (los genotipos o el tipo de herencia implicada es conocido o dado en el problema) a los **efectos** (se pregunta la proporción de fenotipos de la descendencia y sus genotipos).

- b) “efecto-causa” (E-C): para su solución se requiere razonar desde los **efectos** (fenotipos dados en los cruces), a las **causas** (los genotipos) y suponen hallar el tipo de herencia implicado.
- Cuando planteamos problemas de genética, debemos evitar que los datos sean tomados como punto de partida de la resolución, lo que conllevaría a la aplicación sistemática de un algoritmo (Moll y Allen, 1987; Nackhleh y Mitchell, 1993) y por ello, se están investigando una serie de estrategias didácticas. Algunos de ellos, como es el ejemplo del currículo único de Gregor Mendel, elaborado por Stewart y Kirk (1990) pretenden que el estudiante siga el método científico para llegar a obtener las mismas conclusiones que este genetista, y pueda, por él mismo, establecer las mismas leyes que estableció en su momento Mendel. De este modo, se potencian competencias básicas como la autonomía e iniciativa personal y el trabajo en grupo, pero además, se está afianzando el conocimiento.

1.4. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios?

(Perales, 2000), define problema como, *una situación incierta que provoca en quien la padece una conducta (resolución del problema) tendente a hallar la solución (resultado esperado) y reducir de esta forma la tensión inherente a dicha incertidumbre.*

Por un lado, una resolución de problemas correctamente enfocada, viene a satisfacer ciertos requisitos del aprendizaje científico: se precisa que el alumno disponga de una información teórica (conceptos, leyes, principios), de unos procedimientos (por ejemplo, cálculo aritmético, control de variables, emisión de hipótesis, interpretación de gráficos, etc) y, finalmente, de una actitud favorable hacia la tarea y/o disciplina en cuestión (Perales, 2000).

Por otro lado, las actividades o ejercicios deben permitir que los estudiantes amplíen, reestructuren o sustituyan sus conocimientos a partir de lo que ya saben (Ayuso y Banet, 2002), no obstante, los resultados obtenidos por la investigación educativa muestran que aprender a partir de estas actividades resulta más complejo de lo que cabría esperar. Es importante una correcta secuencia de actividades que debería favorecer que los alumnos y alumnas:

- Expliciten, intercambien y clarifiquen sus puntos de vista en re-

lación con la localización, transmisión y cambio de la información hereditaria.

- Amplíen, modifiquen o sustituyan (según la situación de partida) sus conocimientos iniciales.
- Apliquen en diferentes contextos (y de esta manera consoliden) las nuevas ideas.
- Sean conscientes de lo que han aprendido como consecuencia del desarrollo del programa de enseñanza.

El término “problema”, debido a su uso en el ambiente cotidiano, suele relacionarse con situaciones de complicada resolución, que se caracterizan por la incertidumbre, lo que puede no ser positivo, si lo aplicamos desde el punto de vista de la didáctica. Sin embargo, cuando hablamos de actividades o ejercicios podemos definirlos, según la RAE, como *trabajo práctico que en el aprendizaje de ciertas disciplinas sirve de complemento y comprobación de la enseñanza teórica*. Tanto un problema como un ejercicio tiene una finalidad común que es la de conseguir que el alumno ponga en práctica un conocimiento teórico previamente adquirido, pero la manera de plantearlos suele ser distinta y difícilmente distinguible y por ello se habla de un continuo problema-ejercicio en el que la dificultad va disminuyendo. En (Perales, 2000) se expone el siguiente cuadro que nos muestra la clasificación de los tipos de problemas:

TIPOS DE PROBLEMAS			
Campo de conocimiento implicado	Solución	Tarea requerida	Procedimiento seguido
Física	Cerrados	Cualitativos	Ejercicios
Química	Abiertos	Cuantitativos	Algorítmicos
Biología		Experimentales	Heurísticos
OTros			Creativos

Cuadro 1: **Clasificación de los problemas.** Adaptación de Figura 1.2 Perales (2000)

Muchos profesores han considerado necesario modificar el enfoque de las actividades, de modo que su resolución implique comprender su naturaleza, analizar los datos y valorar los resultados obtenidos (Ayuso *et al.*, 1996). Las ventajas de plantear problemas que vayan de los

efectos (fenotipos observables) a las causas (genotipos y modelos de herencia) son numerosas, y una de ellas es que los estudiantes se ponen en una situación de trabajo semejante a las que analizan los científicos (Johnson y Stewart, 1990).

Según Ayuso *et al.* (1996), los alumnos se pueden enfrentar a los problemas E-C de dos maneras diferentes:

1. Ensayo-error: Se le asigna dominancia (a modo de tentativa) a unos de los dos caracteres y se prueba si se produce la correspondencia adecuada entre fenotipos y genotipos. De esta forma no hace falta un razonamiento explícito para una correcta resolución del problema.
2. Análisis de fenotipos: Utilizando sus conocimientos sobre genética, analizan el pedigrí que presenta el problema. Pueden extraer conclusiones directamente, por ejemplo, que no podría aparecer un individuo homocigótico recesivo sin que sus padres fueran heterocigóticos, y a partir de estas conclusiones, pueden ir reconstruyendo los genotipos de todos los individuos representados en el pedigrí.

Cabe destacar que de ambas estrategias, la primera suele predominar en los tres niveles educativos, y por ello, el uso del algoritmo podría ser suficiente para resolver con éxito no sólo los problemas C-E sino también los de E-C. Algunas consideraciones que se muestran en Ayuso *et al.* (1996) para reorientar los problemas de genética son los siguientes:

- Aunque el enfoque C-E puede usarse para iniciar a los estudiantes en la resolución de problemas de genética (a modo de actividades o ejercicios), también es necesario formular verdaderos problemas; es decir, situaciones que impliquen analizar datos, emitir hipótesis explicativas, cierta planificación del trabajo, interpretación de los resultados obtenidos, etc. De esta manera, se evitará la manipulación directa de los datos y los planteamientos cerrados, que tienen como actividad fundamental la ejercitación del algoritmo.
- En la medida de lo posible, comenzar con situaciones sencillas, procurando que el objeto del problema tenga interés para los estudiantes (ejemplos de genética humana, etc), y propiciar que, en la medida de lo posible, sean los propios alumnos los que recojan

los datos del problema, más que proporcionárselos directamente en el enunciado del problema.

- A medida que los estudiantes adquieran mayor experiencia sobre los contenidos, la formulación de los problemas debería hacerse más compleja, ya que, hasta los problemas E-C (más difíciles *a priori*), pueden resolverse mediante algoritmos.
- Intentar conocer las ideas previas de las que parten los alumnos para, a partir de ellas, establecer relaciones directas con los problemas que se plantean, y de este modo, relacionarlos con la meiosis, lo que permite establecer relaciones con los contenidos teóricos más que plantear el uso de un mero algoritmo.
- Los problemas suelen plantearse al final del tema, pero también pueden tener una utilidad en otras fases del proceso de enseñanza: bien suscitando interés y motivando a los alumnos, bien para construir actividades que reestructuren los conocimientos y una manera efectiva de aprender.
- Es necesario cuestionar los resultados de los alumnos cuando tienen éxito y logran alcanzar la solución adecuada. Por ello, hay que tener en cuenta otras alternativas posibles para evaluar la resolución de cada problema, no centrándonos en la solución obtenida, sino, más bien en el modelo que la explica, es decir, en los pasos que ha seguido el alumno hasta llegar a dicha solución.

A continuación se muestra un ejemplo de los distintos enfoques de los problemas de genética (Ayuso y Banet, 2002):

Aplicación del algoritmo Situación A: En determinadas plantas, el alelo para el carácter tallo largo es dominante con respecto a tallo corto. Se cruza una planta homocigótica de tallo largo con otra homocigótica de tallo corto. Responde a las siguientes cuestiones:

- a ¿Cuál será el genotipo y el fenotipo de la descendencia de ese cruce (F1)?
- b Si cruzáramos dos plantas de la F1, ¿cuál sería el genotipo y el fenotipo de la F2?

Situación problemática Situación B: Laura es una mujer de pelo oscuro que tiene un hermano de pelo claro y una hermana de pelo oscuro. Luis es un hombre de pelo claro que tiene una hermana de pelo oscuro. Teniendo en cuenta estas circunstancias, responde a las siguientes cuestiones:

- a ¿Qué color de pelo pueden tener los padres de Luis?
- b ¿Cuál puede ser el color de pelo de los padres de Laura?
- c ¿Tiene algún significado el hecho de que las mujeres que hemos mencionado en el enunciado del problema tengan el pelo oscuro?
- d ¿Cómo podrían ser los descendientes del matrimonio entre Laura y Luis?

1.5. Diseño curricular de la genética

En este apartado trataremos cuál es el diseño curricular para la genética en dos momentos legislativos diferentes; en primer lugar hablaremos de la LOGSE y de cómo se estructura este tema en el currículum y en segundo lugar, hablaremos de la LOE.

1.5.1. LOGSE

Para esta Ley de Educación, el tema relacionado con la genética se debía impartir en 4º curso de la ESO, es decir, a alumnos entre 14 y 15 años. De acuerdo con lo establecido en el Decreto 148/2002, de 14 de mayo, por el que se modifica el Decreto 106/1992, de 9 de junio y por el que se establecen las enseñanzas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria en Andalucía, en este curso las posibilidades de opción eran las siguientes:

- a) Los alumnos y alumnas podrán optar por cursar exclusivamente las dos materias que constituyen el área de Ciencias de la Naturaleza “Física y Química” y “Biología y Geología”.
- b) Si el alumno opta por cursar una sola de las dos materias del área de Ciencias de la Naturaleza, deberá completar su elección con otra de las siguientes tres áreas:
 - Educación Plástica y Visual.
 - Música.
 - Tecnología.
- c) El alumno o alumna que no opte por ninguna de las dos materias de área de Ciencias de la Naturaleza deberá elegir dos de las restantes tres áreas mencionadas en el apartado “b”.

Con respecto a la secuenciación del contenido, en este caso no se especifica tan claramente como en el caso de la LOE, que veremos a continuación, pero sin embargo, se daban unas directrices acerca de los aspectos que deben destacarse dentro del bloque llamado “Genética”, que son los siguientes:

- El proceso de mitosis garantiza que todas las células posean la misma información genética.

- El proceso de meiosis introduce una enorme variabilidad en las poblaciones sobre la que actúa la selección natural.
- La aportación de Mendel al estudio de la herencia supone un hito fundamental en la historia de la Biología.
- La relación entre cromosoma, ADN y gen constituye el paso decisivo en la comprensión de la herencia de los caracteres.
- Con las nuevas aportaciones sobre el conocimiento del genoma humano se abren enormes posibilidades, así como algunos riesgos que deben analizarse, también desde el punto de vista ético.
- La herencia se constatará a partir de la observación de la semejanza de caracteres entre progenitores y descendientes.

Para terminar con este apartado, se indican unas directrices básicas, que hablan de cómo el estudio de la herencia desde el punto de vista histórico puede ser un buen método para facilitar la comprensión de las leyes que la rigen; de la importancia que tiene la realización de ejercicios de aplicación directa de las leyes de Mendel; del estudio de la variabilidad genética en las poblaciones como nexo de unión entre la reproducción sexual y las mutaciones; y el análisis de textos periodísticos sobre el tema, como punto de partida de diversos debates.

1.5.2. LOE

Para esta Ley de Educación, el tema relacionado con la genética, también se debe impartir en 4º curso de la ESO. De acuerdo con lo establecido en el artículo 11.2 del Decreto 231/2007, de 31 de julio, los alumnos y alumnas deberán cursar tres materias en cuarto curso, a elegir entre las siguientes:

- a) Biología y geología.
- b) Educación plástica y visual.
- c) Física y química.
- d) Informática.
- e) Latín.
- f) Música.

g) Segunda lengua extranjera.

h) Tecnología.

Con respecto a la secuenciación del contenido, si bien no es necesario seguir al pie de la letra el que indica el Real Decreto, se muestra a continuación en qué bloque se engloba y cuáles son los puntos establecidos por la Ley que deben impartirse:

Se incluye dentro del Bloque 3: La evolución de la vida y se divide en los siguientes puntos a tratar:

- La célula, unidad de vida.
- La teoría celular y su importancia en Biología. La célula como unidad estructural y funcional de los seres vivos.
- Los procesos de división celular. La mitosis y la meiosis. Características diferenciales e importancia biológica de cada una de ellas.
- Estudio del ADN: composición, estructura y propiedades. Valoración de su descubrimiento en la evolución posterior de las ciencias biológicas.
- Los niveles de organización biológicos. Interés por el mundo microscópico.
- Utilización de la teoría celular para interpretar la estructura y el funcionamiento de los seres vivos.
- La herencia y la transmisión de caracteres:
 - El mendelismo. **Resolución de problemas sencillos relacionados con las leyes de Mendel.**
 - Genética humana. La herencia del sexo. La herencia ligada al sexo. Estudio de algunas enfermedades hereditarias.
 - Aproximaciones al concepto de gen. El código genético. Las mutaciones.
 - Ingeniería y manipulación genética: aplicaciones, repercusiones y desafíos más importantes. Los alimentos transgénicos. La clonación. El genoma humano.
 - Implicaciones ecológicas, sociales y éticas de los avances en biotecnología y genética reproductiva.
- Origen y evolución de los seres vivos.
- ...

1.6. Secuencia de los contenidos de genética en los libros de texto

Considerando lo comentado en los apartados anteriores, los autores de los libros de texto deberían tener en cuenta dos cuestiones importantes: ¿Cuál puede ser la contribución de los contenidos a la educación de los ciudadanos?; ¿En qué orden deberíamos desarrollarlos para favorecer el aprendizaje de los estudiantes? (Ayuso y Banet, 2002). Respondiendo a estas preguntas, podrían plantear secuencias de aprendizaje que permitan construir un conocimiento escolar adecuado al nivel educativo en el que se encuentran los estudiantes y que sea relevante desde el punto de vista personal y social. En primer lugar, es necesario que los estudiantes comprendan algunas características básicas de los seres vivos, como su estructura celular o su reproducción. A partir de estos conceptos se establecen una serie de mapas conceptuales que constituyen la base para la elaboración de secuencias didácticas. Un ejemplo, que aparece en Ayuso y Banet (2002) nos muestra una secuencia modelo:

Unidad I Características de los organismos y herencia biológica. Este tema debería centrarse en intentar que los alumnos conozcan que todos los seres vivos tienen células, cromosomas e información hereditaria; y que ésta puede verse influenciada por el medio ambiente. A la hora de plantear la herencia biológica, no sería recomendable comenzar con las leyes de Mendel, ya que existen serias dificultades en secundaria para conocer la presencia de cromosomas y genes en las plantas, así como el carácter sexual de su reproducción.

Unidad II Células, cromosomas y herencia biológica. En este apartado es necesario incidir en la localización de la información hereditaria en los cromosomas y comprender el significado de los procesos de división celular como mecanismos de transmisión de esta información, distinguiendo claramente las funciones de mitosis y meiosis. También se podrían introducir conceptos de cromosomas homólogos, autosomas y cromosomas sexuales, cariotipo... estableciendo las diferencias entre células somáticas y gametos.

Unidad III Herencia biológica y genes. Al consolidar el concepto de cromosoma homólogo y de gen, se podrían introducir términos como genotipo, alelo, homocigosis y heterocigosis, dominancia, co-

dominancia, etc. y a la vez, se podrían introducir actividades de resolución de problemas de lápiz y papel.

Unidad IV La reproducción sexual y las mutaciones como mecanismos generadores de biodiversidad. En este bloque cabría destacar el estudio de las consecuencias que tiene la meiosis a la hora de generar biodiversidad, el estudio de los cambios (mutaciones) que puede experimentar la información hereditaria y las consecuencias que tienen para la supervivencia de los individuos y de las especies y finalmente relacionar estos conceptos anteriores con la evolución de los seres vivos.

2. OBJETIVOS DEL TFM

Con la elaboración de este TFM pretendo analizar diversos libros de texto de distintas editoriales y pertenecientes a distintas Leyes de Educación, para centrarme en el tema de la Genética. Compararé tanto la secuenciación de este tema, como el tratamiento de los problemas correspondientes a estos mismos temas y realizaré tablas comparativas en las que mostraré las diferencias, tanto entre editoriales como entre libros de una misma editorial pero para distintas Leyes Educativas; así pues, los objetivos de este TFM se pueden enumerar como:

Comparar libros de la misma editorial para dos momentos legislativos diferentes para analizar:

- Secuenciación de los contenidos.
- Análisis de contenidos: uso de terminología, tratamiento de temas abstractos, complejidad, presentación de probabilidades y resolución de problemas.

Comparar libros de distintas editoriales para el mismo momento legislativo para analizar:

- Secuenciación de los contenidos.
- Análisis de contenidos: uso de terminología, tratamiento de temas abstractos, complejidad, presentación de probabilidades y resolución de problemas.

3. METODOLOGÍA

En este apartado presentaré las parejas de libros que voy a analizar, tanto para el mismo como para distinto momento legislativo y mostraré un resumen de los apartados en los que me centraré en el análisis y de los puntos que tendré en cuenta para mostrar en el apartado RESULTADOS.

3.1. Parejas de libros

Para el mismo momento legislativo analizaremos tres editoriales: Oxford y Santillana para la LOE y SM para la LOGSE. A continuación se muestran las portadas de los libros para una mejor identificación de los mismos cuando en el apartado de RESULTADOS hablemos de cada uno de ellos.

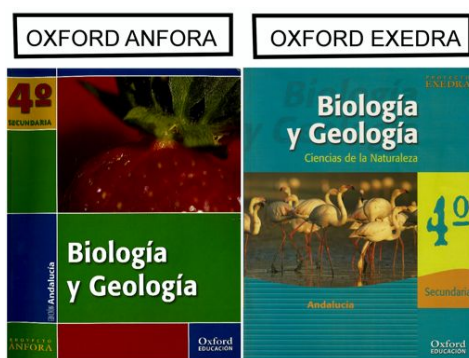


Figura 1: **Editorial:** Oxford. **Momento legislativo:** LOE.

Oxford Anfora: *Biología y Geología. Proyecto Anfora.* A.M. Cabrera Calero, M. Sanz Esteban. Oxford University Press España. 2007, Madrid.

Oxford Exedra: *Biología y Geología. Ciencias de la Naturaleza. Proyecto Exedra.* C. Albaladejo Marcet, A.M. Cabrera Calero, A. Ferrer Montserrat. Oxford University Press España. 2006, Madrid.



Figura 2: **Editorial: Santillana. Momento legislativo: LOE.**

Santillana Grazaalema: *Biología y Geología. Andalucía. Grazaalema.* M. A. Madrid, I. Meléndez, M. Blanco, E. Vidal. Santillana Educación, S.L. 2008, Sevilla.

Santillana Supernova: *Biología y Geología. Serie Supernova.* Santillana, S.L, 2005, Madrid.

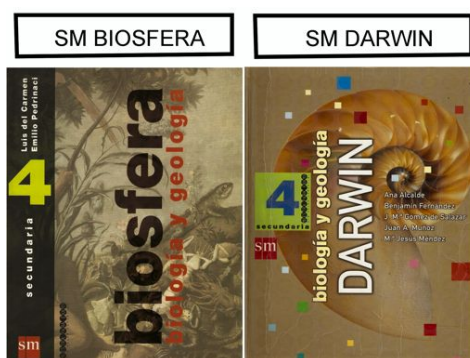


Figura 3: **Editorial: SM. Momento legislativo: LOGSE.**

SM Biosfera: *Biosfera. Biología y Geología.* E. Pedrinaci Rodríguez, L. del Carmen Martín. Ediciones SM, 1998, Madrid.

SM Darwin: *Biología y Geología. Darwin.* A. Alcalde, B. Fernández, J.M^a. Gómez de Salazar, J.A. Muñoz, M^a.J. Méndez. Ediciones SM, 2003, Madrid.

Para distintos momentos legislativos analizaremos de nuevo tres editoriales: Anaya, Oxford y SM. Tanto para Oxford como para SM hemos elegido un sólo libro de los anteriormente descritos para compararlo con su homólogo en un momento legislativo diferente, por ello aparecerá un libro para la LOGSE y otro para la LOE.

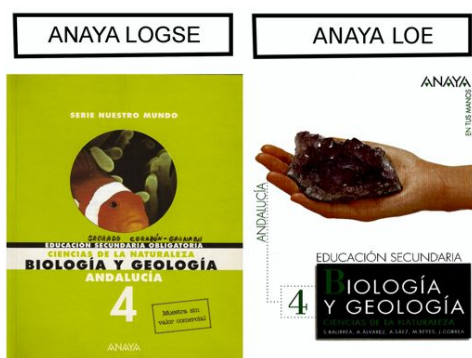


Figura 4: **Editorial:** Anaya. **Momento legislativo:** LOGSE-LOE.

Anaya LOGSE: *Ciencias de la Naturaleza. Biología y Geología. Andalucía.* T. Berges, F. Carrión, C. Gil. Grupo Anaya, S.A. 1998, Madrid.

Anaya LOE: *Biología y Geología. Ciencias de la Naturaleza. Andalucía.* S. Salibrea, A. Álvarez, A. Saez, M. Reyes, J. Correa. Grupo Anaya, S.A. 2003, Madrid.

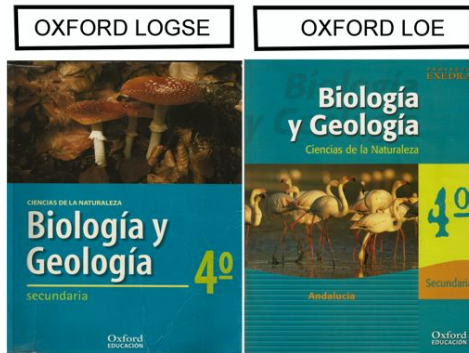


Figura 5: **Editorial: Oxford. Momento legislativo: LOGSE-LOE.**
Oxford LOGSE: *Ciencias de la naturaleza. Biología y Geología. Secundaria.* C. Albaladejo, A.M. Cabrera, A. Ferrer. Oxford University Press España. 1998, Madrid.
Oxford LOE: *Biología y Geología. Ciencias de la Naturaleza. Proyecto Exedra.* C. Albaladejo Marcet, A.M. Cabrera Calero, A. Ferrer Montserrat. Oxford

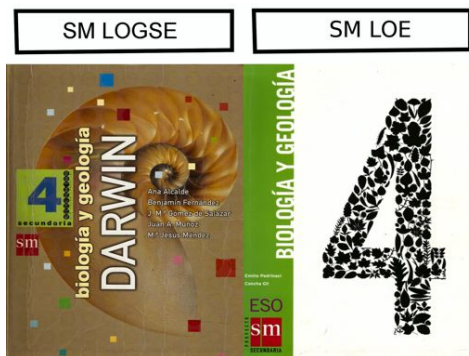


Figura 6: **Editorial: SM. Momento legislativo: LOGSE-LOE.**
SM LOGSE: *Biología y Geología. Darwin.* A. Alcalde, B. Fernández, J.M^a. Gómez de Salazar, J.A. Muñoz, M^a.J. Méndez. Ediciones SM, 2003, Madrid.
SM LOGSE: *Biología y Geología. Proyecto Secundaria.* E. Pedrinaci, C. Gil. Ediciones SM, 2008, Madrid.

3.2. Puntos a tratar en RESULTADOS

En el análisis de cada uno de los libros me centraré en cuatro aspectos que tienen especial importancia conceptual para esta disciplina. En primer lugar, porque es fundamental cómo se presentan los contenidos (secuenciación y definiciones) en los libros de texto para una mejor comprensión por parte de los alumnos, y en segundo lugar, porque sabemos que hay contenidos (naturaleza abstracta y complejidad y resolución de problemas) que tienen una especial dificultad para los mismos.

- Secuenciación: analizaré el número de capítulos dedicados a la genética, así como la distribución de los distintos apartados en cada uno de los temas.
- Definiciones: analizaré las definiciones de cinco conceptos fundamentales para la genética (ADN, gametos, gen, cromosoma y alelo) así como la localización de cada uno de estos conceptos a lo largo del bloque de genética.
- Naturaleza abstracta y complejidad: me centraré en cuatro aspectos fundamentales; a saber, la presencia de una estructura basada en los niveles de organización, la presencia o no del apartado *Teoría cromosómica de la herencia*, la presencia o no del concepto de probabilidad y el apartado herencia intermedia y codominancia.
- Resolución de problemas: analizaré el tipo de problemas predominante, basándome en la clasificación C-E y E-C explicadas en la introducción, describiré la presencia de cuadros de Punnet, analizaré la presencia o ausencia de instrucciones para resolver los problemas y mostraré la presencia o ausencia en el uso de árboles genealógicos.

4. RESULTADOS

4.1. Comparación de libros de la misma editorial para el mismo momento legislativo

4.1.1. Editorial Oxford

En este subapartado vamos a analizar dos libros de la LOE de la misma editorial (Oxford); en este caso, a uno lo llamaremos “Anfora” y al otro, “Exedra” ya que estos son los respectivos nombres para cada uno. El final de este análisis nos llevará a elegir uno u otro libro para, en el apartado siguiente, compararlo con un libro de la misma editorial, pero en ese caso, de distinto momento legislativo, es decir, para la LOGSE.

Secuenciación: los temas para genética en “Anfora” son tres: *La herencia biológica*, *Genética humana* y *Genética molecular*, mientras que para “Exedra” son dos: *Genética y herencia* y *Genética humana*. La estructuración de los temas no sigue la misma secuenciación para ambos libros, ya que, mientras “Anfora” comienza con conceptos fundamentales de genética (definiciones de gen, alelo, homocigoto, etc), en “Exedra” se comienza con el núcleo y la reproducción celular. A continuación, en “Anfora” se explica el mendelismo y casos genéticos especiales, apartado que en “Exedra” encontramos en el apartado 5 del primer tema, es decir más avanzado (previamente se explican conceptos básicos como cromosomas homólogos y genes alelos, y cómo se transmiten los genes). En “Anfora” sigue un apartado dedicado a la localización de los genes, en el que se incluye la teoría cromosómica de la herencia, y que también se explica en “Exedra” a continuación del mendelismo. Para terminar el primer tema de “Anfora” aparecen los apartados de herencia ligada al sexo y mutaciones que, en “Exedra” se encuentran bien entrado el tema 2. El segundo tema de “Anfora” se parece en estructura al segundo tema de “Exedra” ya que en él se habla del cariotipo y de las enfermedades humanas, ligadas o no al sexo y cromosómicas o génicas. Finalmente, en el tema 3 de “Anfora” se trata, en primer lugar el ADN (su estructura y expresión), que en “Exedra” se trata brevemente al final del primer tema. A continuación se habla de ingeniería genética, el proyecto genoma y biotecnología, que también se tratan en “Exedra” al final del segundo tema. A continuación se muestra en el **cuadro 2** un resumen para la secuenciación.

	Oxford Anfora	Oxford Exedra
nº de temas	3	2
Estructuración temas	1. La herencia biológica	1. Genética y herencia
	2. Genética humana	2. Genética humana
	3. Genética molecular	
ADN	Después de definición de gen	Antes de definición de gen
Mendelismo	Principio del tema (tema central)	Después de Cromosomas homólogos y genes alelos
Mitosis y meiosis	En tema anterior: la célula	Apartado en reproducción celular
Teoría cromosómica	Sí se trata	Sí se trata
Enfermedades hereditarias	Sí se tratan	Sí se tratan
Temas de actualidad	Sí se tratan	Sí se tratan

Cuadro 2: Secuenciación para Oxford

Definiciones: vamos a comenzar analizando las definiciones de cinco conceptos fundamentales: ADN, gametos, gen, cromosoma y alelo. Se comparará el modo en que se definen y dónde se localizan dichas definiciones, lo que se mostrará el **cuadro resumen 3**.

- **ADN:** en “Anfora” se describe en el último tema dedicado a la genética molecular, como: el constituyente básico de la cromatina. En “Exedra”, se describe al principio del tema como: molécula orgánica portadora de la información genética.
- **Gametos:** en “Anfora” no se definen como tal, aunque en el apartado de genética del sexo se habla de células reproductoras (espermatozoides y óvulos). En “Exedra” se definen como dos células especiales, procedentes una de cada progenitor, que se fusionan para crear una célula huevo o cigoto y se localiza en el apartado *Los cromosomas y los genes*.
- **Gen:** en “Anfora” se define al principio del tema como: la unidad de transmisión genética, mientras que en “Exedra” se define también al principio del tema, como cada cierto número de cuentas, y llevan la información genética que permitirá crear un nuevo organismo y la transmiten mediante un código químico.
- **Cromosoma:** en “Anfora” no se define como tal, pero aparecen por primera vez en el apartado de *La teoría cromosómica de la herencia*, donde se dice de ellos que están formados por ADN. En “Exedra” se definen como: cadenas de ADN superenrolladas, compuestas por moléculas unidas como las cuentas de un collar.
- **Alelo:** en “Anfora” se define también al principio del tema como: cada una de las variantes que puede presentar un gen. En “Exedra” la definición aparece antes de estudiar el mendelismo, y es, como sigue: formas alternativas del mismo gen que ocupan una posición idéntica en los cromosomas homólogos y controlan los mismos caracteres.

Naturaleza abstracta y complejidad: en este apartado analizaremos si los conceptos anteriores se definen en base a los niveles de organización o no, si aparece como apartado la teoría cromosómica de la herencia o sólo aparecen las leyes de Mendel para explicar la transmisión de caracteres, cómo se aborda el concepto de probabilidad y si se incluyen conceptos de herencia intermedia

	Oxford Anfora	Oxford Exedra
ADN	Constituyente básico de la cromatina	Molécula portadora de información genética
Gametos	No se definen	Células que forman el cigoto al unirse
Gen	Unidad de transmisión genética	Lleva la información genética
Cromosoma	No se definen	Cadenas de ADN superenrolladas
Alelo	Variantes que puede presentar un gen	Formas alternativas del mismo gen

Cuadro 3: Definiciones para Oxford

y codominancia. Los resultados se muestran en el **cuadro resumen 4**.

- Niveles de organización: mientras que en “Exedra”, como veremos a continuación sí se sigue una secuencia lógica basada en estos niveles de organización, en “Anfora” no se sigue, de hecho se habla de conceptos como gen, genotipo, alelo, homocigótico, etc como conceptos fundamentales de la genética y más bien se tratan como meras definiciones, sin establecer la relación entre unos y otros y sin definir previamente ADN que aparece al final de todo el bloque.
- Teoría cromosómica de la herencia: en “Exedra” sí existe un apartado, que aparece justo después del mendelismo y en el que se indica cómo se actualizan las leyes de Mendel; en “Anfora” también aparece este apartado después del mendelismo (y a su vez después del apartado *Casos genéticos especiales*), pero apenas se nombra el mendelismo y la actualización de las leyes de Mendel.
- Concepto de probabilidad: en “Anfora” no se utiliza el término probabilidad, y como mucho, de lo que se habla es de proporciones de genotipos en la descendencia; por su parte, en “Exedra”, tampoco se trata el término probabilidad. Cabe destacar que en ambos casos, en el apartado *Genética humana* se habla de frecuencias.

- Herencia intermedia y codominancia: en “Anfora” no se trata la herencia intermedia y codominancia (sólo se nombra en el caso de los grupos sanguíneos pero no se explica), y sin embargo, sí se tratan casos especiales como: alelismo múltiple, interacción génica, genes letales y herencia cuantitativa. Por su parte, en “Exedra”, se trata el concepto *codominancia* y no el de *herencia intermedia* y además, cabe destacar que hay un apartado que trata la variabilidad.

	Oxford Anfora	Oxford Exedra
Niveles de organización	No se tienen en cuenta	Sí se tienen en cuenta
Teoría cromosómica	Hay un apartado	Hay un apartado
Concepto de probabilidad	Proporciones, Frecuencia	Proporciones, Frecuencia
Herencia intermedia y codominancia	No se tratan	Sólo codominancia

Cuadro 4: Complejidad para Oxford

Resolución de problemas: este apartado está dedicado a analizar cómo aparecen enfocados los problemas de herencia (si predominan los problemas C-E o los E-C), si se utiliza el cuadro de Punnet como modo de resolución, si aparece algún guión indicativo de los pasos que deben seguirse para resolver los problemas y si se utilizan árboles genealógicos para la realización de ejercicios. Un resumen aparece en el **cuadro resumen 5**.

- Tipos de problemas: en “Anfora” hay 14 ejercicios de tipo C-E y 5 ejercicios de tipo E-C por lo que el tipo predominante es el de C-E y para “Exedra” hay 9 ejercicios C-E y 4 ejercicios E-C por lo que también predomina el tipo C-E.
- Cuadros de Punnet: en “Anfora” se usa un cuadro de Punnet para explicar la tercera ley de Mendel, mientras que para “Exedra” se usan, no sólo para explicar la tercera ley sino también la primera.
- Pasos a seguir en la resolución: mientras que en “Exedra” no se dedica ningún apartado para la resolución de problemas,

en “Anfora” sí que existe un apartado, en el apartado *La localización de los genes*, que sí trata este tema e indica los pasos que hay que seguir en la resolución, usando un problema modelo como ejemplo.

- Árboles genealógicos: en “Exedra” sólo se usa un árbol genealógico para explicar el apartado de la herencia ligada al sexo, mientras que en “Anfora”, además de usar ese mismo árbol para el mismo apartado, también hay un apartado especial dedicado a la *Construcción de un árbol genealógico*, en el que se indican los pasos a seguir en la resolución de este tipo de problemas y además, hay un ejercicio de árboles genealógicos y otros cuantos que se pueden resolver mediante el uso de los mismos.

	Oxford Anfora	Oxford Exedra
Tipos de problemas	predominan C-E	predominan C-E
Cuadro de Punnet	1, para 3ª ley Mendel	2, para 1ª y 3ª ley Mendel
Pasos para resolución	Sí hay	No hay
Árboles genealógicos	Sí hay (apartado especial)	Sí hay (uno)

Cuadro 5: Problemas para Oxford

4.1.2. Editorial Santillana

En este subapartado vamos a analizar dos libros de la LOE de la misma editorial (Santillana); en este caso, a uno lo llamaremos “Grazalema” y al otro, “Supernova” ya que estos son los respectivos nombres para cada uno. Este análisis no nos servirá para elegir uno que luego compararemos con otro de la misma editorial y para la LOGSE, por no disponer de ningún libro de ese momento legislativo, pero nos aportará información sobre secuenciación, definiciones, naturaleza abstracta y complejidad y resolución de problemas.

Secuenciación: en “Grazalema” nos encontramos cuatro temas correspondientes al bloque de Genética, pero el primero (*La célula. Unidad de vida*) y el último (*Origen y evolución de los seres vivos*) no los analizaremos aquí. Sin embargo sí estudiaremos la

secuenciación para el tema *La información genética y Herencia y transmisión de caracteres*. Para “Supernova” sin embargo, tan sólo hay un tema en este apartado (*Genética*). El primer apartado para “Supernova” es *Reproducción* y sin embargo, este apartado es el primero, del segundo tema para “Grazalema”; sin embargo, a continuación en ambos libros se habla del concepto de ADN. Mientras que en “Grazalema”, el siguiente apartado sería *El concepto de gen*, en “Supernova” este apartado aparece incluso después de explicar el mendelismo. Seguimos con “Grazalema” y termina el primer tema con una serie de apartados destinados a temas de actualidad, como la biotecnología, clonación, ingeniería genética, etc, apartados que no se tratan en “Supernova” como tales, sino que aparecen al final del tema en una especie de anexo. En “Supernova” sin embargo, hay un apartado para *Reproducción celular* que no se trata en “Grazalema” ya que aparece en el tema destinado a la célula. A continuación se trata el apartado *La herencia de los caracteres*, donde se incluye el mendelismo, que constituye el eje central del segundo tema de “Grazalema”. Luego sigue un apartado común para ambos libros denominado: *La herencia en la especie humana*, donde se tratan, entre otros, la herencia ligada al sexo y enfermedades humanas, apartado con el que terminan ambos libros. El resultado de la secuenciación aparece en el **cuadro resumen 6**.

Definiciones: vamos a comenzar analizando las definiciones de cinco conceptos fundamentales: ADN, gametos, gen, cromosoma y alelo. Se comparará el modo en que se definen y dónde se localizan dichas definiciones, lo que se mostrará el **cuadro resumen 7**.

- ADN: en ambos casos, la definición se encuentra al principio del tema; en “Grazalema” se dice que es en el ADN donde está contenida la información genética necesaria para el funcionamiento y desarrollo de un ser vivo, mientras que en “Supernova” se dice que es una larga molécula que tiene codificadas todas las características de los seres vivos.
- Gametos: en ambos casos, la definición se encuentra en el apartado de reproducción, aunque, como expusimos anteriormente, este apartado se encuentra en diferentes localizaciones según el libro. En “Grazalema” se definen como las células especializadas que aparta cada uno de los progenitores, mientras que en “Supernova” se definen como las células ob-

	Santillana Grazalema	Santillana Supernova
nº de temas	2	1
Estructuración temas	1. La información genética 2. Herencia y transmisión de caracteres	1. Genética
ADN	Antes de definición de gen	Antes de definición de gen
Mendelismo	Apartado central 2º tema	Apartado de “Herencia de los caracteres”
Mitosis y meiosis	No se tratan	Apartado en reproducción celular
Teoría cromosómica	No se trata	No se trata
Enfermedades hereditarias	Sí se tratan	Sí se tratan
Temas de actualidad	Sí se tratan	Solo anexo

Cuadro 6: Secuenciación para Santillana

tenidas de la meiosis.

- **Gen:** en “Supernova”, este concepto tiene un apartado especial, que aparece después del estudio del mendelismo, y se define como el fragmento de ADN que contiene la información responsable de un carácter. Por su parte, en “Grazalema”, el apartado para el concepto de gen, aparece después del concepto de ADN y antes del mendelismo aunque la definición es exactamente la misma.
- **Cromosoma:** en “Supernova”, este concepto aparece en el apartado del ADN y se define como: estructuras formadas por la asociación de la cromatina, que aparecen sólo cuando la célula va a dividirse; en “Grazalema” sin embargo, se definen en el tema destinado a la célula, cuando se habla del núcleo celular (es decir, fuera de los temas de genética) y se definen como estructura de forma filamentosa que aparecen durante la división celular.
- **Alelo:** en “Supernova” se define este concepto en el apartado del gen (después del mendelismo) como cada una de las posi-

bles variedades o manifestaciones de un gen; en “Grazalema” también encontramos esta definición después del mendelismo, en el apartado *La genética. Conceptos clave*, y se define como las diversas alternativas que puede presentar un gen.

	Santillana Grazalema	Santillana Supernova
ADN	Donde está contenida la información genética	Molécula que tiene codificadas todas las características de los seres vivos
Gametos	Células especializadas que aportan los progenitores	Células obtenidas de la meiosis
Gen	Fragmento de ADN con la información para un carácter	Fragmento de ADN con la información para un carácter
Cromosoma	Estructuras formadas por asociación de cromatina	Estructura filamentosa que aparece en división celular
Alelo	Variedades o manifestaciones de un gen	Alternativas que presenta un gen

Cuadro 7: Definiciones para Santillana

Naturaleza abstracta y complejidad: en este apartado analizaremos si los conceptos anteriores se definen en base a los niveles de organización o no, si aparece como apartado la teoría cromosómica de la herencia o sólo aparecen las leyes de Mendel para explicar la transmisión de caracteres, cómo se aborda el concepto de probabilidad y si se incluyen conceptos de herencia intermedia y codominancia. Los resultados se muestran en el **cuadro resumen 8**.

- Niveles de organización: aunque en ambos textos se comienza con el ADN, es decir, a nivel molecular, explicando los ácidos nucleicos, parece que en “Grazalema” se sigue más la lógica de los niveles de organización que en “Supernova”, ya que se explica el concepto de gen justo después del ADN y no después del mendelismo, como en el caso de “Supernova”.
- Teoría cromosómica de la herencia: en ninguno de los dos libros hay un apartado dedicado a este concepto, por lo que en

ambos casos se explica la genética en base a los experimentos de Mendel.

- Concepto de probabilidad: en “Supernova” no se trata este concepto, y lo único que se nombra es el término *proporción*; tampoco se habla del concepto *frecuencia*. Lo mismo ocurre en “Grazalema” en el que sólo se usa el término *proporción*.
- Herencia intermedia y codominancia: en “Supernova”, se habla de herencia intermedia y codominancia justo después del mendelismo como un subapartado de *La herencia de los caracteres*. En “Grazalema” también se tratan estos dos términos como apartado independiente después del mendelismo.

	Santillana Grazalema	Santillana Supernova
Niveles de organización	Sí se tienen en cuenta	No se tienen en cuenta
Teoría cromosómica	No se nombra	No se nombra
Concepto de probabilidad	Proporciones	Proporciones
Herencia intermedia y codominancia	Se tratan ambos	Se tratan ambos

Cuadro 8: **Complejidad para Santillana**

Resolución de problemas: este apartado está dedicado a analizar cómo aparecen enfocados los problemas de herencia (si predominan los problemas C-E o los E-C), si se utiliza el cuadro de Punnet como modo de resolución, si aparece algún guión indicativo de los pasos que deben seguirse para resolver los problemas y si se utilizan árboles genealógicos para la realización de ejercicios. Un resumen aparece en el **cuadro resumen 9**.

- Tipos de problemas: en “Grazalema” hay 7 ejercicios de tipo C-E y 7 ejercicios de tipo E-C por lo que ambos tipos de problemas aparecen equilibrados. En “Supernova” hay 7 ejercicios de tipo C-E y 4 de tipo E-C por lo que en este caso, predominan los ejercicios de tipo C-E.
- Cuadro de Punnet: en “Grazalema” se usa un cuadro de Punnet para explicar la tercera ley de Mendel, mientras que en

“Supernova” además de usarse este mismo cuadro, hay un ejercicio destinado a completar este mismo cuadro.

- Pasos a seguir en la resolución: en ninguno de los dos libros aparece ningún apartado específico para la resolución de problemas.
- Árboles genealógicos: en “Grazalema” aparece un apartado destinado a *Los árboles genealógicos*, que se refuerza al final del tema con un ejercicio aplicado en el apartado *Un análisis científico*. En “Supernova”, en el apartado *La herencia en la especie humana*, hay un cuadro dedicado a los árboles genealógicos y para reforzarlo, al final del tema hay un ejercicio específico de árboles genealógicos.

	Santillana Grazalema	Santillana Supernova
Tipos de problemas	E-C = C-E	predominan C-E
Cuadro de Punnet	1, para la 3ª ley Mendel	1, para la 3ª ley Mendel
Pasos para resolución	No hay	No hay
Árboles genealógicos	Sí hay	Sí hay

Cuadro 9: **Problemas para Santillana**

4.1.3. Editorial SM

En este subapartado vamos a analizar dos libros de la LOGSE de la misma editorial; en este caso, a uno lo llamaremos “Biosfera” y al otro, “Darwin” ya que estos son los respectivos nombres para cada uno. El final de este análisis nos llevará a elegir uno u otro libro para, en el apartado siguiente, compararlo con un libro de la misma editorial, pero en ese caso, de distinto momento legislativo, es decir, para la LOE.

Secuenciación: los temas de genética comprenden un solo tema (*Reproducción y herencia*) para “Biosfera” mientras que para “Darwin” ocupan tres (*La reproducción de los seres vivos*, *La herencia y Genética molecular*). Ambos libros comienzan con *Las formas de reproducción* y sigue *La reproducción celular* (mitosis y meiosis). En “Darwin” este tema termina con los conceptos de *Fecundación y Formación de nuevos individuos. Variabilidad*, conceptos que no se tratan en “Biosfera”. En el tema 2 para “Darwin” se trata la

herencia comenzando con *Las experiencias de Mendel*, *La teoría cromosómica de la herencia* y *Las leyes de Mendel*. En “Biosfera” sin embargo, el mendelismo se explica como un anexo, en el apartado *Aprendemos a investigar* y la teoría cromosómica de la herencia no se trata como tal. Mientras tanto, en este mismo libro se habla de *El ADN: Responsable de la herencia* y *El ADN en acción*, donde se habla de la replicación del ADN y la síntesis de proteínas. Estos temas sin embargo, en “Darwin” se tratan en el tercer y último tema. A continuación, en ambos libros se tratan los apartados *La herencia del sexo* y *Mutaciones*. Mientras que “Biosfera” termina con este apartado, “Darwin” continúa el tema con un apartado que no se trata en el libro anterior, *Enfermedades hereditarias*. Para finalizar con el bloque de la Genética, en “Darwin” se dedica un tema a *La genética molecular* en el que no sólo se habla del ADN y del *Código genético*, sino que se tratan temas de actualidad como la *Ingeniería genética*, *Clonación*, *Biotechnología*, *Genoma Humano* y *Bioética*. Un resumen para la secuenciación lo podemos encontrar en el **cuadro resumen 10**.

	SM Biosfera	SM Darwin
nº de temas	1	3
Estructuración temas	1. Reproducción y herencia	1. La reproducción de los seres vivos 2. La herencia 3. Genética molecular
ADN	Antes de definición de gen	Después de definición de gen
Mendelismo	Fuera del temario, como investigación	Tema central para la herencia
Mitosis y meiosis	Apartado en reproducción celular	Apartado en reproducción celular
Teoría cromosómica	No se trata	Sí se trata
Enfermedades hereditarias	No se tratan	Sí se tratan
Temas de actualidad	No se tratan	Sí se tratan

Cuadro 10: Secuenciación para SM

Definiciones vamos a comenzar analizando las definiciones de cinco conceptos fundamentales: ADN, gametos, gen, cromosoma y alelo. Se comparará el modo en que se definen y dónde se localizan dichas definiciones, lo que se mostrará el **cuadro resumen 11**.

- **ADN:** en “Biosfera” se identifica al ADN como al responsable de garantizar la herencia de los caracteres; sin embargo, en “Darwin”, se define como la molécula portadora de la información genética. Con respecto a la localización de este concepto, como se ha visto en el apartado anterior, en “Biosfera” se encuentra en medio del bloque, como inicio al estudio de la herencia, mientras que en “Darwin”, se encuentra en una posición posterior y relacionado con los temas de actualidad de la genética, no relacionándose tanto con la herencia.
- **Gametos:** en “Biosfera” no se utiliza el término *Gametos*, sino el de *Células sexuales*, y se definen como células que tienen la mitad de cromosomas que el resto de las células del cuerpo. Por su parte, en “Darwin”, se definen gametos o células sexuales como las que se unen para formar una célula mixta, el cigoto, durante el proceso de fecundación. La localización de ambas definiciones se aprecia al principio del bloque en los dos libros, en el apartado de la reproducción que es compartido en los dos libros.
- **Gen:** por un lado, en “Biosfera” se define *Gen* como el fragmento de una cadena de ADN que contiene la información para sintetizar una proteína. Por otro, en “Darwin”, se definen como los portadores de los caracteres hereditarios y que por tanto, se transmiten de generación en generación. Respecto a la localización, en el primero, aparecen en el apartado *Cromosomas y caracteres*, justo después del apartado referido al ADN, mientras que en el segundo, aparecen en el apartado de *La teoría cromosómica de la herencia*, antes de tratar el concepto de ADN.
- **Cromosoma:** en “Biosfera” se definen como filamentos formados por proteínas, ADN y ARN localizados en el núcleo celular, mientras que en “Darwin” se definen como estructuras que permiten que la información genética pase de los progenitores a la descendencia. Respecto a la localización, en ambos casos aparecen al principio del tema, en el apartado del núcleo celular.

- Alelo: por un lado, en “Biosfera”, se define como par de genes que determinan un carácter; por otro lado, en “Darwin”, se define como cada una de las diferentes alternativas que presenta un gen para un mismo carácter. En ambos casos podemos encontrar las definiciones ligadas al concepto de herencia, estando en “Darwin” ligadas a *La teoría cromosómica de la herencia*, y en “Biosfera” al apartado, *La herencia de caracteres*.

	SM Biosfera	SM Darwin
ADN	Garantiza herencia de caracteres	Molécula portadora de información genética
Gametos	Células sexuales. Haploides	Células que forman el cigoto al unirse
Gen	Fragmento de ADN con información para sintetizar proteínas	Portador de los caracteres hereditarios
Cromosoma	Filamentos formados por proteínas ADN y ARN	Estructuras para pasar la información genética a descendencia
Alelo	Genes que determinan un carácter	Alternativas que presenta un gen

Cuadro 11: Definiciones para SM

Naturaleza abstracta y complejidad: en este apartado analizaremos si los conceptos anteriores se definen en base a los niveles de organización o no, si aparece como apartado la teoría cromosómica de la herencia o sólo aparecen las leyes de Mendel para explicar la transmisión de caracteres, cómo se aborda el concepto de probabilidad y si se incluyen conceptos de herencia intermedia y codominancia. Los resultados se muestran en el **cuadro resumen 12** .

- Niveles de organización: en ninguno de los dos libros se tienen en cuenta, ya que se ponen al mismo nivel de complejidad, conceptos que pertenecen a distintos niveles. Un ejemplo que se encuentra en ambos libros es la correlación que se

establece entre gametos o células sexuales y haploides. Desde el punto de vista de los libros, ambos conceptos son equivalentes, aunque uno haga referencia al núcleo y el otro al nivel celular; es cierto que haploide es una característica de los gametos, pero no un término que directamente los defina. Ejemplos como estos hay varios, como el uso del término alelo en relación con gen, etc.

- Teoría cromosómica de la herencia: como se ha indicado en los apartados anteriores, en “Biosfera” no se hace referencia a este concepto, pero de hecho, tampoco se habla del mendelismo como tal, sino que existe un apartado denominado *La herencia de los caracteres* en el que, de manera resumida y esquemática se representa lo que viene a explicar la teoría cromosómica de la herencia. Por su parte, en “Darwin” sí que podemos encontrar un apartado con este título, en el que, principalmente nos encontramos con definiciones de conceptos básicos en genética (genes, alelos, genotipo y fenotipo) y los principios fundamentales de la teoría.
- Concepto de probabilidad: por un lado, en “Biosfera” no se habla de probabilidad sino de proporciones, y sólo en el apartado dedicado a problemas mendelianos que está fuera del temario, en el apartado *Aprendemos a investigar*. Por otro lado, en “Darwin”, no se habla tampoco de probabilidad como tal, pero se habla de *frecuencia*, aplicado al daltonismo.
- Herencia intermedia y codominancia: en “Biosfera” se habla de herencia intermedia de forma muy accidental, sólo en el caso de que un carácter resultante sea intermedio de ambos, y no se nombra el término *codominancia*; sin embargo, en “Darwin”, se nombra el término *codominancia* en el apartado de *fenotipo*, refiriéndose a los casos en que los dos alelos responsables de un carácter se expresan siempre. No se nombra la herencia intermedia.

Resolución de problemas: este apartado está dedicado a analizar cómo aparecen enfocados los problemas de herencia (si predominan los problemas C-E o los E-C), si se utiliza el cuadro de Punnett como modo de resolución, si aparece algún guión indicativo de los pasos que deben seguirse para resolver los problemas y si se utilizan árboles genealógicos para la realización de ejercicios. Un resumen aparece en el **cuadro resumen 13**.

	SM Biosfera	SM Darwin
Niveles de organización	No se tienen en cuenta	No se tienen en cuenta
Teoría cromosómica	No se nombra	Hay un apartado
Concepto de probabilidad	Proporciones	Frecuencia
Herencia intermedia y codominancia	Sí herencia intermedia	No herencia intermedia
	No codominancia	Sí codominancia

Cuadro 12: Complejidad para SM

- Tipos de problemas: en “Biosfera” hay 3 ejercicios de tipo E-C y 2 ejercicios de tipo C-E, por su parte, en “Darwin”, hay 3 ejercicios de tipo E-C y 9 ejercicios de tipo C-E.
- Cuadro de Punnet: en “Biosfera” no se usa ningún cuadro de Punnet, de hecho no se realizan problemas de cruzamientos, por lo tanto, no son necesarios. En “Darwin” sin embargo, se utiliza una especie de tabla para explicar la tercera ley de Mendel que se puede considerar un cuadro de Punnet aunque no se utilice esta nomenclatura.
- Pasos a seguir en la resolución: por un lado, en “Biosfera”, no se indican los pasos a seguir para resolver un problema, sin embargo, se realiza una experiencia a modo de investigación para que sigamos los pasos de Mendel, lo que puede llevar a los alumnos a una mejor comprensión del proceso, y podría ayudarles en una futura resolución de los problemas. Por otro lado, en “Darwin”, sólo se indican los pasos a seguir para resolver un tipo de problema muy concreto, los árboles genealógicos. Indica mediante tres pasos (construir un árbol genealógico con los fenotipos conocidos, anotar los genotipos que se conocen con los datos y completar los genotipo posibles deducidos de los datos) como seguir un rasgo familiar hereditario.
- Árboles genealógicos: en “Biosfera” no se utilizan árboles genealógicos ni para explicar la herencia de algunos caracteres ni para resolver problemas aplicados a los mismos; sin embargo, en “Darwin” sí que se utilizan como técnica de trabajo

como se explicó en el apartado anterior, y de hecho, hay algunos ejercicios que tienen el uso de árboles genealógicos como aplicación.

	SM Biosfera	SM Darwin
Tipos de problemas	E-C = C-E	predominan C-E
Cuadro de Punnet	No se usa	Sí hay uno
Pasos para resolución	No hay	Sí hay (pedigrís)
Árboles genealógicos	No hay	Sí hay

Cuadro 13: **Problemas para SM**

4.2. Comparación de libros de la misma editorial para dos momentos legislativos diferentes

4.2.1. Editorial Anaya

Secuenciación: en ambos libros se trata la genética en dos temas; para “Anaya LOGSE” estos temas son: *La transmisión de los caracteres* y *La información hereditaria* y para “Anaya LOE” son: *Las bases de la herencia* y *La herencia biológica*. Todos los contenidos del primer tema de “Anaya LOE” (*El núcleo celular, Los cromosomas, División celular (mitosis y meiosis)*) a excepción del apartado *La molécula de la vida y su organización*, aparecen en “Anaya LOGSE” en un apartado anterior, no directamente relacionado con la genética, que se denomina *La reproducción*. Sin embargo, el apartado que hemos excluido (*La molécula de la vida y su organización*) aparece en “Anaya LOGSE” en el segundo tema, como punto central del mismo. A continuación, en “Anaya LOE” se tratan los apartados *Principios de la herencia* y *La herencia mendeliana*, que se tratan en el mismo orden en “Anaya LOGSE” en el primer tema destinado a la genética. En este libro sin embargo, no se trata el apartado *Teoría cromosómica de la herencia* que sí se trata en “Anaya LOE” y tampoco se hablan de *Variaciones de las leyes de Mendel* ni de *Las mutaciones*. Para finalizar, comentar que en “Anaya LOGSE” se destina el último tema a hablar del ADN, la reproducción de bacterias y virus y la ingeniería genética; conceptos que no se tratan en “Anaya LOE” (a excepción de

la ingeniería genética). Los resultados se muestran en el **cuadro resumen 14**.

	Anaya LOGSE	Anaya LOE
nº de temas	2	2
Estructuración temas	1. La transmisión de los caracteres 2. La información hereditaria	1. Las bases de la herencia 2. La herencia biológica
ADN	En 2º tema (después de mendelismo)	En tema anterior (reproducción)
Mendelismo	Tema central de la transmisión de los caracteres	En 2º tema, como apartado
Mitosis y meiosis	Tema reproducción (anterior)	Apartado de las bases de la herencia
Teoría cromosómica	No se trata	Sí se trata
Enfermedades hereditarias	No se tratan	No se tratan
Temas de actualidad	Sólo ingeniería genética	Sólo ingeniería genética

Cuadro 14: Secuenciación para Anaya

Definiciones: vamos a analizar las definiciones de cinco conceptos fundamentales: ADN, gametos, gen, cromosoma y alelo. Se comparará el modo en que se definen y dónde se localizan dichas definiciones, lo que se mostrará el **cuadro resumen 15**.

- **ADN:** mientras que en “Anaya LOGSE” se define el ADN partiendo de su estructura (cadenas polinucleotídicas), en “Anaya LOE” se parte de experiencias a lo largo de la historia de la ciencia que demuestran que es la molécula que contiene la información genética. Además cabe destacar que en “Anaya LOGSE” se define en el tercer tema (después de estudiar cromosomas, genes y leyes de la herencia, mientras que en “Anaya LOE” se define justo al principio del primer tema, como punto de partida a partir del cual establecer relaciones con el resto de definiciones como gen o cromosoma.

- Gametos: cabe destacar que en ninguno de los dos libros se encuentra una definición claramente detallada, sino que se habla de ellos directamente como células reproductoras. En ambos casos se nombran justo después de explicar la meiosis, existiendo un apartado especial sobre gametogénesis en “Anaya LOGSE” que no aparece en “Anaya LOE”. Sin embargo, es importante añadir que en “Anaya LOE” se habla de la localización de gametos en animales y plantas.
- Gen: por un lado, en “Anaya LOGSE” se define como una fragmento de cromosoma que contiene información sobre un determinado carácter y se habla de *locus* como el lugar específico que ocupa en el cromosoma; por otro lado, en “Anaya LOE” se comienza hablando del término histórico *factores* y se definen como segmentos del ADN que llevan la información para un carácter. Aunque la definición es parecida para ambos libros, y además, cabe destacar que en ambos casos, la definición aparece ligada al estudio posterior de las leyes de Mendel, e independiente del concepto del ADN (cuando en realidad son secuencias de éste), si bien, aparecen algo más relacionado en “Anaya LOE” que en “Anaya LOGSE”.
- Cromosoma: en ambos libros se describen de forma parecida, haciendo referencia a un empaquetamiento de la cromatina. Sin embargo, cabe destacar la distinta localización de ambas definiciones; mientras que en “Anaya LOGSE” aparece al principio del tema, dentro del apartado *Estructura del núcleo* y antes de estudiar lo que es el ADN (sólo se habla de los siguientes conceptos: Membrana celular, Nucleoplasma, Cromatina y Nucleolos), en “Anaya LOE” aparece desarrollado el concepto de cromosoma después de explicar qué es el ADN.
- Alelo: la diferencia en la definición para ambos libros es parecida aunque la diferencia es importante; en un caso, “Anaya LOGSE” se definen como las distintas alternativas que puede presentar el gen que controla un determinado carácter, mientras que en el otro, “Anaya LOE”, se definen como las copias de un gen que llevan información para el mismo carácter, sin indicar si estas copias pueden ser iguales o diferentes.

Naturaleza abstracta y complejidad: en este apartado analizaremos si los conceptos anteriores se definen en base a los niveles de organización o no, si aparece como apartado la teoría cromo-

	Anaya LOGSE	Anaya LOE
ADN	La molécula portadora de la información genética	Componente del núcleo que contiene la información hereditaria
Gametos	Células reproductoras	Células reproductoras
Gen	Fragmento de un cromosoma	Segmentos de ADN
Cromosoma	Empaquetamiento de la cromatina	Empaquetamiento de la cromatina
Alelo	Distintas alternativas para un gen	Copias de un gen

Cuadro 15: Definiciones para Anaya

sómica de la herencia o sólo aparecen las leyes de Mendel para explicar la transmisión de caracteres, cómo se aborda el concepto de probabilidad y si se incluyen conceptos de herencia intermedia y codominancia. Los resultados se muestran en el **cuadro resumen 16**.

- Niveles de organización: en “Anaya LOGSE” no se tienen en cuenta los niveles de organización para explicar conceptos, de hecho, hay un apartado en el segundo tema, que se llama: *Caracteres heredados y adquiridos* y dentro de él se habla tanto de caracteres, como de genes y alelos, dejando el apartado *Genes y cromosomas* para hablar de homocigosis y heterocigosis, dominancia y recesividad y genotipo y fenotipo. Todos estos conceptos, se tratan como simples definiciones, apartados estancos independientes que no tienen por qué tener relación con apartados anteriores o posteriores. En “Anaya LOE” parece que se explican los conceptos partiendo de lo más “pequeño” (ADN) a lo más “grande” (ciclos de vida), lo que en parte sigue ciertos niveles de organización; sin embargo los conceptos de genes, genoma, genotipo y fenotipo aparecen aislados de los demás, e incluidos en un tema aparte en el que se trata la herencia.
- Teoría cromosómica de la herencia: este apartado como tal, no aparece en “Anaya LOGSE” en el que se explica la transmisión de caracteres exclusivamente a través de las leyes de Mendel, sin embargo en “Anaya LOE”, hay un apartado con

este nombre, posterior e independiente a la herencia mendeliana, en el que incluye el concepto de recombinación y ligamiento.

- Concepto de probabilidad: en “Anaya LOGSE” este término sólo se usa una vez, y en referencia a la herencia ligada al sexo (...*la probabilidad de que sus hijos varones exhiban dicho carácter es del 50 %*). El único término relacionado que también se usa es el de *combinaciones*, que aparece cuando se explica el cuadro de Punnet. En “Anaya LOE” tampoco se utiliza el término probabilidad, pero sí los términos relación y proporción, aunque en ningún caso se explican.
- Herencia intermedia y codominancia: por un lado, en “Anaya LOGSE”, cuando se definen genes dominantes y recesivos también se definen a los codominantes, y se incluye un ejemplo de herencia intermedia en el apartado, *las investigaciones de Mendel*. Por otro lado, en “Anaya LOE” hay un apartado posterior a la herencia mendeliana, denominado *Variaciones de las leyes de Mendel* y en el que se incluyen estos conceptos.

	Anaya LOGSE	Anaya LOE
Niveles de organización	No se tienen en cuenta	Se siguen para todo excepto gen
Teoría Cromosómica	No aparece	Sí aparece
Concepto de probabilidad	No se usa el término	No se usa el término
Herencia intermedia	Aparece en mendelismo	Apartado independiente

Cuadro 16: Complejidad para Anaya

Resolución de problemas: este apartado está dedicado a analizar cómo aparecen enfocados los problemas de herencia (si predominan los problemas C-E o los E-C), si se utiliza el cuadro de Punnet como modo de resolución, si aparece algún guión indicativo de los pasos que deben seguirse para resolver los problemas y si se utilizan árboles genealógicos para la realización de ejercicios. Un resumen aparece en el **cuadro resumen 17**.

- Tipos de problemas: analizaremos sólo los problemas al final del libro para poder comparar mejor entre libros. Para

“Anaya LOGSE” encontramos 4 ejercicios E-C y 2 ejercicios C-E, por lo que predominan los de tipo E-C. Para “Anaya LOE” encontramos 4 ejercicios E-C y otros 4 ejercicios C-E, por lo que ambos tipos están equilibrados.

- Cuadros de Punnet: en ambos libros se usan cuadros de Punnet para explicar las proporciones en las leyes de Mendel, si bien es cierto que en “Anaya LOGSE” solamente se usa uno, para explicar las variedades híbridas con respecto a dos caracteres, mientras que en “Anaya LOE” se usan varios, incluso para explicar la ley de la segregación.
- Pasos a seguir en la resolución: en ninguno de los libros se indican los pasos a seguir para una correcta resolución de problemas.
- Árboles genealógicos: en “Anaya LOGSE” hay 2 problemas de 7 que están basados en árboles genealógicos, mientras que en “Anaya LOE” hay ningún problema basado en pedigrís. No obstante, en ningún caso se usan para explicar la teoría, sólo para la realización de problemas.

	Anaya LOGSE	Anaya LOE
Tipos de problemas	Predominan E-C	E-C = C-E
Cuadro de Punnet	Sólo uno y complejo	Dos y sencillos
Pasos para resolución	No hay	No hay
Árboles genealógicos	Sí hay (2 problemas)	No hay

Cuadro 17: Problemas para Anaya

4.2.2. Editorial Oxford

En el apartado anterior hemos comparado dos libros de esta editorial para la LOE, “Anfora” y “Exedra”. Una vez vistas las diferencias entre ambos y teniendo en cuenta cuál de los dos se parece más a los modelos para la LOGSE que hemos usado tanto en la editorial Anaya como en SM, hemos decidido usar “Exedra” para compararlo con “Oxford LOGSE”, además, cabe destacar que los dos siguen una línea muy parecida ya que pertenecen al mismo proyecto. A continuación analizaremos los mismos apartados que para Anaya y para SM.

Secuenciación: en “Oxford LOGSE” hay un solo capítulo dedicado a la herencia (*Genética y herencia*, mientras que en “Oxford LOE” hay dos, uno con el mismo título que en el caso anterior y otro dedicado a la *Genética humana*. Llama la atención que en ambos libros se sigue la misma secuenciación para prácticamente todo el bloque. Los cuatro primeros apartados son idénticos, de hecho, comparten la mayoría de imágenes y esquemas (más adelante se analizará si también el contenido es el mismo). Estos cuatro apartados son: *La herencia*, *Los caracteres hereditarios*, *Los cromosomas y los genes*, *Reproducción celular y Cromosomas homólogos y genes alelos*. En “Oxford LOGSE” se incluye a continuación el apartado *Variabilidad*, que en “Oxford LOE” se incluye casi al final del segundo tema. Después, se incluyen *Las leyes de Mendel* para ambos libros. “Oxford LOGSE” acaba con un apartado para *Genética humana* que en “Oxford LOE” se amplía constituyendo un capítulo entero y finalmente contiene un apartado de ampliación e investigación destinado a *El código genético*, *Biotecnología* y *El cariotipo humano*. Por su parte, “Oxford LOE” termina el primer tema incluyendo los apartados *Teoría cromosómica de la herencia* y *El código genético*. En el tema de *Genética humana*, se tratan los siguientes apartados: *La herencia*, *Transmisión de los caracteres de padres a hijos*, *El cariotipo humano*, *Herencia del sexo*, *Herencia ligada al sexo*, *Herencia no ligada al sexo*, *La herencia de los grupos sanguíneos*, *Variabilidad humana*, *El genoma humano* y *emphBiotecnología e ingeniería genética*. Los resultados se muestran en el **cuadro resumen 18**.

Definiciones: vamos a analizar las definiciones de cinco conceptos fundamentales: ADN, gametos, gen, cromosoma y alelo. Se comparará el modo en que se definen y dónde se localizan dichas definiciones, lo que se mostrará el **cuadro resumen 19**.

	Oxford LOGSE	Oxford LOE
nº de temas	1	2
Estructuración temas	1. Genética y herencia	1. Genética y herencia
ADN	Los cromosomas y los genes	2. Genética humana Los cromosomas y los genes
Mendelismo	Después de variabilidad	Después de Cromosomas homólogos y genes alelos
Mitosis y meiosis	Subapartado: Los cromosomas y los genes	Apartado: Reproducción celular
Teoría cromosómica	No se trata	Sí se trata
Enfermedades hereditarias	Sólo herencia ligada al sexo	Sí se tratan
Temas de actualidad	Solo como anexo	Sí se tratan

Cuadro 18: Secuenciación para Oxford

- ADN: en ambos libros (puesto que la secuenciación es muy parecida), se nombran en el apartado *Los cromosomas y los genes*. Las definiciones sin embargo, son distintas; en “Oxford LOGSE” se nombra como: “Las moléculas portadoras de la información genética, que se hallan formando una masa de aspecto filamentoso llamada cromatina”, mientras que en “Oxford LOE” se nombra como: “El material genético que contiene toda la información relacionada con la organización y funcionamiento celulares”. Cabe destacar que, no obstante, en el margen de ambos libros, como tema de glosario, ADN se define de la misma manera: “Molécula orgánica portadora de la información genética”.
- Gametos: la definición en ambos libros es exactamente la misma; aparece en un párrafo que se refiere al concepto de reproducción y define gametos como: “Dos células especiales, procedentes una de cada progenitor, que se fusionan para crear una célula huevo o cigoto”. La diferencia es que en “Oxford LOGSE” este párrafo se localiza en el primer apartado (*La herencia. Transmisión de caracteres de padres a hijos*) y en “Oxford LOE” se localiza en el segundo apartado *Los cro-*

mosomas y los genes.

- Gen: en ambos libros la definición es la misma, aunque de nuevo, la secuenciación varía del primer apartado al segundo, en “Oxford LOGSE” y en “Oxford LOE” respectivamente. Se define gen en la siguiente frase: “Cada cierto número de cuentas constituye un gen, que son los que llevan la información genética que permitirá crear un nuevo organismo y la transmiten mediante un código químico”.
- Cromosoma: de nuevo se repite lo ocurrido en el caso de gen, la definición es la misma para ambos libros y dicha definición se localiza en el mismo apartado que el concepto gen. La definición es: “Los cromosomas son cadenas de ADN superenrolladas, compuestas por moléculas unidas como las cuentas de un collar”.
- Alelo: en este caso, no sólo la definición coincide para ambos libros sino también la localización, en el apartado: *Cromosomas homólogos y genes alelos*. La definición es como sigue: “Los alelos son formas alternativas del mismo gen que ocupan una posición idéntica en los cromosomas homólogos y controlan los mismos caracteres”.

	Oxford LOGSE = Oxford LOE
ADN	La molécula orgánica portadora de la información genética
Gametos	Células que se fusionan para crear el cigoto
Gen	Llevan la información genética
Cromosoma	Cadenas de ADN superenrolladas
Alelo	Formas alternativas del mismo gen

Cuadro 19: **Definiciones para Oxford**

Naturaleza abstracta y complejidad: en este apartado analizaremos si los conceptos anteriores se definen en base a los niveles de organización o no, si aparece como apartado la teoría cromosómica de la herencia o sólo aparecen las leyes de Mendel para explicar la transmisión de caracteres, cómo se aboda el concepto de probabilidad y si se incluyen conceptos de herencia intermedia

y codominancia. Los resultados se muestran en el **cuadro resumen 20**.

- Niveles de organización: en ambos libros, ya que se sigue la misma secuenciación en los dos, se sigue una línea lógica que parte de lo más pequeño a lo más grande. Si bien no se nombran los niveles de organización, podemos observar que se define ADN después de estudiar el núcleo, que se define gen después de la definición de ADN y cromosoma y que se habla de alelo después de estudiar el concepto de gen. Por ello, en ambos libros se sigue una secuencia basada en los niveles de organización. Además, cabe destacar que en “Oxford LOE”, al tratarse de forma más amplia la herencia humana, también se siguen estos mismos niveles de organización, dejando muy claro, en primer lugar cómo se hereda el sexo, en segundo lugar que enfermedades se heredan ligadas a éste, y finalmente, cuáles se heredan independientes del mismo.
- Teoría cromosómica de la herencia: como ya se ha descrito en la secuenciación, en “Oxford LOGSE” no existe ningún apartado destinado al estudio de la Teoría cromosómica de la herencia, y sin embargo, en “Oxford LOE” sí que aparece un apartado justo después del estudio del mendelismo, en el que además se indica cómo se actualizan las leyes de Mendel.
- Concepto de probabilidad: en el apartado del mendelismo, en ninguno de los libros aparece el concepto de *probabilidad*; si acaso, se nombra el concepto *proporción*. En “Oxford LOE”, en el último tema en el que se tratan enfermedades genéticas humanas, podemos encontrarnos con el concepto de *frecuencia*, cuando se refiere al número de casos afectados entre un número total de individuos, pero tampoco se nombra el concepto probabilidad.
- Herencia intermedia y codominancia: en ambos casos se habla del concepto *codominancia* y no del de *Herencia intermedia*, sin embargo, en “Oxford LOE”, además de explicar el ejemplo de las flores del dondiego de noche, también se explica la herencia de los grupos sanguíneos. Es interesante destacar que en ambos casos se trata un apartado para estudiar la variabilidad.

	Oxford LOGSE	Oxford LOE
Niveles de organización	Sí se siguen	Sí se siguen
Teoría Cromosómica	No aparece	Sí aparece
Probabilidad	No se usa el término Se usa proporción	No se usa el término Se usa proporción y frecuencia
Herencia intermedia	Apartado codominancia	Apartado codominancia

Cuadro 20: Complejidad para Oxford

Resolución de problemas: este apartado está dedicado a analizar cómo aparecen enfocados los problemas de herencia (si predominan los problemas C-E o los E-C), si se utiliza el cuadro de Punnet como modo de resolución, si aparece algún guión indicativo de los pasos que deben seguirse para resolver los problemas y si se utilizan árboles genealógicos para la realización de ejercicios. Un resumen aparece en el **cuadro resumen 21**.

- Tipos de problemas: analizaremos sólo los problemas al final del libro para poder comparar mejor entre libros. Para “Oxford LOGSE” encontramos 2 ejercicios E-C y 5 ejercicios C-E, por lo que predominan los de tipo C-E. Para “Oxford LOE” encontramos 4 ejercicios E-C y 9 ejercicios C-E, por lo que también predominan los de tipo C-E.
- Cuadros de Punnet: en los dos libros se usan las mismas imágenes para el apartado del mendelismo y por lo tanto, en los dos se usan los mismos cuadros de Punnet para explicar la primera y la tercera ley de Mendel.
- Pasos a seguir en la resolución: en ninguno de los libros se explican los pasos a seguir para una correcta resolución de los problemas.
- Árboles genealógicos: en ambos libros se usa el mismo árbol genealógico (Transmisión de la hemofilia en los descendientes de la reina Victoria de Inglaterra) para el apartado de la herencia ligada al sexo. Con respecto a los ejercicios, en “Oxford LOGSE” hay un ejercicio de árboles genealógicos mientras que en “Oxford LOE” no hay ninguno.

	Oxford LOGSE = Oxford LOE
Tipos de problemas	Predominan C-E
Cuadro de Punnet	Dos: primera y tercera ley de Mendel
Pasos para resolución	No hay
Árboles genealógicos	El mismo en la explicación (1 ejercicio para Oxford LOGSE)

Cuadro 21: **Problemas para Oxford**

4.2.3. Editorial SM

En el apartado anterior hemos comparado dos libros de esta editorial para la LOGSE, “SM Biosfera” y “SM Darwin”. Una vez vistas las diferencias entre ambos y teniendo en cuenta cuál de los dos se parece más a los modelos para la LOGSE que hemos usado tanto en la editorial Anaya como en Oxford, hemos decidido usar “SM Darwin” para compararlo con “SM Proyecto Secundaria” perteneciente a la LOE. A continuación analizaremos los mismos apartados que para Anaya y para Oxford.

Secuenciación: teniendo en cuenta lo analizado en el apartado anterior, expondremos aquí la secuenciación para “SM LOE” y lo pondremos en común con la secuenciación para “SM LOGSE” en el **cuadro resumen 22**.

En “SM LOE” encontramos tres temas destinados a la genética: *Reproducción y herencia*, *Las leyes de la Herencia* y *Genes y manipulación genética*. Estos tres temas podrían ser equivalentes a los ya vistos en “SM LOGSE”, sin embargo, en “SM LOE” no se empieza por la reproducción ya que hay un tema previo (*La célula unidad de vida*), donde se trata este concepto, pero en el apartado *La transmisión de los cromosomas*, se habla de mitosis y a continuación de meiosis. En el tema *Reproducción y herencia* de “SM LOE” se tratan cuáles son los caracteres hereditarios y adquiridos, qué son los cromosomas y cómo se transmiten y cómo se forman las células reproductoras; sin embargo, estos apartados no se tratan tan claramente en “SM LOGSE”. En el segundo tema (*Las leyes de la herencia*, se habla de las investigaciones de Mendel y de sus experimentos, como módulo central para entender la herencia de caracteres (al igual que para “SM LOGSE”).

Cabe destacar que en “SM LOE” no se trata como apartado, la teoría cromosómica de la herencia, que sí se trata en “SM LOE”. Finalmente, al igual que en “SM LOGSE”, en “SM LOE” se deja un último tema para tratar del ADN, de las mutaciones, de ingeniería genética, organismos transgénicos y los proyectos Genoma, usando una secuenciación semejante a la utilizada en “SM LOGSE”.

	SM LOGSE	SM LOE
nº de temas	3	3
Estructuración temas	1. La reproducción de los seres vivos 2. La herencia 3. Genética molecular	1. Reproducción y herencia 2. Las leyes de la herencia 3. Genes y manipulación genética
ADN	Último tema (después de gen)	Último tema (después de gen)
Mendelismo	Tema central para la herencia	Tema central para la herencia
Mitosis y meiosis	Apartado en reproducción celular	Tema anterior (La célula unidad de vida)
Teoría cromosómica	Sí se trata	No se trata
Enfermedades hereditarias	Sí se tratan	Sí se tratan
Temas de actualidad	Sí se tratan	Sí se tratan

Cuadro 22: **Secuenciación para SM**

Definiciones: vamos a analizar las definiciones de cinco conceptos fundamentales: ADN, gametos, gen, cromosoma y alelo para “SM LOE” y en el **cuadro resumen 23** se comparará con las definiciones anteriormente analizadas para “SM LOGSE”.

- ADN: en “SM LOE” se define como el material genético, mientras que en “SM LOGSE” se dice que es la molécula portadora de la información genética. En ambos casos se define al final del bloque de la genética.

- Gametos: en “SM LOE” se definen como células reproductoras que al unirse dan lugar al cigoto, una definición parecida a la que aparece en “SM LOGSE”. La localización de ambas definiciones se aprecia al principio del bloque, cuando se cita el concepto de reproducción en relación con la transmisión de caracteres.
- Gen: en “SM LOE” se define como *La información responsable de cada uno de los caracteres hereditarios y se sitúan en los cromosomas*, mientras que en “SM LOGSE” se define como el portador de los caracteres hereditarios. En este caso, la localización es distinta, ya que, mientras que en “SM LOGSE” aparece en el apartado *La teoría cromosómica de la herencia*, en “SM LOE” aparece en un apartado específico llamado: *Genética y el vocabulario genético*. No obstante, cabe destacar que en ambos casos, la definición aparece antes que el concepto de ADN.
- Cromosoma: en “SM LOE” se define como filamentos de cromatina, mientras que en “SM LOGSE” se definen como estructuras que permiten que la información genética pase de los progenitores a la descendencia. Con respecto a la localización, en ambos casos aparecen al principio del tema, en el apartado del núcleo celular.
- Alelo: en “SM LOE” se define en el mismo apartado que gen, y la definición viene a ser: las distintas versiones o alternativas que presenta un gen. Por su parte, en “SM LOGSE” se define de forma semejante, pero dejando claro que esas alternativas de un gen son para un mismo carácter.

Naturaleza abstracta y complejidad: en este apartado analizaremos si los conceptos anteriores se definen en base a los niveles de organización o no, si aparece como apartado la teoría cromosómica de la herencia o sólo aparecen las leyes de Mendel para explicar la transmisión de caracteres, cómo se aborda el concepto de probabilidad y si se incluyen conceptos de herencia intermedia y codominancia. Los resultados se muestran en el **cuadro resumen 24**.

- Niveles de organización: no se tienen en cuenta en ninguno de los dos libros ya que, en ambos casos se deja para el final al ADN, a pesar de que debería ser la base en torno a la que

	SM LOGSE	SM LOE
ADN	Molécula portadora de información genética	El material genético
Gametos	Células que forman el cigoto al unirse	Células que forman el cigoto al unirse
Gen	Portador de los caracteres hereditarios	Información responsable de los caracteres hereditarios
Cromosoma	Estructuras para pasar la información genética a descendencia	Filamentos de cromatina
Alelo	Alternativas que presenta un gen	Alternativas que presenta un gen

Cuadro 23: Definiciones para SM

desarrollar el bloque de la genética. Además, conceptos como gen, alelo, cromosoma homólogo, etc, se definen dentro del mismo apartado, como subapartados diferentes y no relacionados entre sí, de modo que la secuenciación no deja entrever las relaciones entre conceptos con los distintos niveles de organización.

- Teoría cromosómica de la herencia: mientras que en “SM LOGSE” sí encontramos un apartado con este nombre, en “SM LOE” no lo encontramos. No obstante, caben destacar los apartados: *Interpretación de los experimentos de Mendel* e *Interpretación actual de las experiencias con dihíbridos* donde se explican las conclusiones más importantes de los experimentos de Mendel pero vistos desde el punto de vista actual y no como Mendel directamente los concluyó.
- Concepto de probabilidad: en ninguno de los dos libros se habla de probabilidad como tal, pero en “SM LOGSE” podemos encontrar algunas referencias al término *frecuencia* aplicado al daltonismo, que no encontramos en “SM LOE”.
- Herencia intermedia y codominancia: en “SM LOE” se habla de herencia intermedia aplicada al ejemplo del dondiego de noche, y de codominancia aplicado al caso de los grupos sanguíneos en humanos; por su parte, en “SM LOGSE”, no se nombra la herencia intermedia pero sí la codominancia.

	SM LOGSE	SM LOE
Niveles de organización	No se tienen en cuenta	No se tienen en cuenta
Teoría cromosómica	Hay un apartado	No se nombra
Concepto de probabilidad	Frecuencia	No se nombra
Herencia intermedia y codominancia	No herencia intermedia	Sí herencia intermedia
	Sí codominancia	Sí codominancia

Cuadro 24: Complejidad para SM

Resolución de problemas: este apartado está dedicado a analizar cómo aparecen enfocados los problemas de herencia (si predominan los problemas C-E o los E-C), si se utiliza el cuadro de Punnet como modo de resolución, si aparece algún guión indicativo de los pasos que deben seguirse para resolver los problemas y si se utilizan árboles genealógicos para la realización de ejercicios. Un resumen aparece en el **cuadro resumen 25**.

- Tipos de problemas: en “SM LOGSE” hay 3 ejercicios de tipo E-C y 9 ejercicios de tipo C-E, por lo que predomina el tipo C-E, mientras que en “SM LOE” hay 7 ejercicios de tipo E-C y 2 ejercicios de tipo C-E, por lo que predomina el tipo E-C.
- Cuadro de Punnet: en “SM LOE” se usan hasta 4 cuadros de Punnet para explicar todas las leyes de Mendel y las experiencias con dihíbridos y de hecho, hay un ejercicio que pide realizar un cuadro de Punnet con unos datos dados para los padres. En “SM LOGSE” sin embargo, sólo se usa un cuadro, para explicar la tercera ley de Mendel y no hay ningún ejercicio en el que se pidan estos cuadros.
- Pasos a seguir en la resolución: como vimos anteriormente, en “SM LOGSE” se indican los pasos a seguir para resolver un tipo de problema muy concreto, los árboles genealógicos, pero sin embargo, en “SM LOE” sí hay un apartado específico que indica los pasos a seguir en la resolución de cualquier problema de genética.
- Árboles genealógicos: en “SM LOE” se usa un árbol genealógico.

gico como ejemplo del daltonismo en un apartado de trabajo práctico, y además, hay un ejercicio en el que se presenta un árbol genealógico; por su parte, en “SM LOGSE”, también encontramos como técnica de trabajo el uso de árboles genealógicos y de nuevo nos encontramos con algunos ejercicios que tienen el uso de árboles genealógicos como aplicación.

	SM LOGSE	SM LOE
Tipos de problemas	Predominan C-E	Predominan E-C
Cuadro de Punnet	Sí, hay uno	Sí, hay cuatro
Pasos para resolución	Sí hay (pedigrís)	Si hay
Árboles genealógicos	Sí hay	Sí hay

Cuadro 25: Problemas para SM

4.3. Cuadros resumen

En este apartado se muestran dos tablas resumen que muestran los resultados obtenidos en este TFM. En la primera, se observan los resultados de nuestro análisis en libros del mismo momento legislativo, mientras que en la segunda, se observan los resultados en libros de distinto momento legislativo.

Para realizar cada cuadro, se han unido las tablas que se han presentado en los distintos apartados (secuenciación, definiciones, complejidad y resolución de problemas), mostrándolos en una única tabla final que permite obtener una visión global de los resultados de este trabajo.

	Oxford Anfora	Oxford Exedra	Santillana Grazalema	Santillana Supernova	SM Biosfera	SM Darwin
Secuenciación nº de temas Estructuración temas	3 1. La herencia biológica 2. Genética humana 3. Genética molecular Después de definición de gen Principio del tema (tema central)	2 1. Genética y herencia 2. Genética humana Antes de definición de gen Después de Cromosomas homólogos y genes alelos Apartado en reproducción celular	2 1. La información genética 2. Herencia y transmisión de caracteres Antes de definición de gen Apartado central 2º tema	1 1. Genética Antes de definición de gen Apartado de "Herencia de los caracteres" Apartado en reproducción celular No se trata Sí se tratan Sólo anexo	1 1. Reproducción y herencia Antes de definición de gen Fuera del temario, como investigación Apartado en reproducción celular No se trata No se tratan	3 1. La reproducción de los seres vivos 2. La herencia 3. Genética molecular Después de definición de gen Tema central para la herencia
ADN Mendelismo Mitosis y meiosis Teoría cromosómica Enfermedades hereditarias Temas de actualidad	En tema anterior: la célula Sí se trata Sí se tratan Sí se tratan	Sí se trata Sí se tratan Sí se tratan	No se tratan Sí se tratan Sí se tratan	No se trata Sí se tratan Sólo anexo	No se trata No se tratan	Apartado en reproducción celular Sí se trata Sí se tratan Sí se tratan
Definiciones ADN Gametos Gen Cromosomo Alelo	Constituyente básico de la cromatina No se definen Unidad de transmisión genética No se definen Variantes que puede presentar un gen	Molécula portadora de información genética Células que forman el cigoto al unirse Lleva la información genética Cadenas de ADN superenrolladas Formas alternativas del mismo gen	Donde está contenida la información genética Células especializadas que aportan los progenitores Fragmento de ADN con la información para un carácter Estructuras formadas por asociación de cromatina Variedades o manifestaciones de un gen	Molécula que tiene codificadas todas las características de los seres vivos Células obtenidas de la meiosis Fragmento de ADN con la información para un carácter Estructura filamentososa que aparece en división celular Alternativas que presenta un gen	Garantiza herencia de caracteres Células sexuales. Haploides Fragmentos de ADN con información para sintetizar proteínas Filamentos formados por proteínas, ADN y ARN Genes que determinan un carácter	Molécula portadora de información genética Células que forman el cigoto al unirse Portador de los caracteres hereditarios Estructuras para pasar la información genética a descendencia Alternativas que presenta un gen
Naturaleza abstracta y complejidad Niveles de organización Teoría cromosómica Concepto de probabilidad Herencia intermedia y codominancia	No se tienen en cuenta Hay un apartado Proporciones, Frecuencia No se tratan	Sí se tienen en cuenta Hay un apartado Proporciones, Frecuencia Sólo codominancia	Sí se tienen en cuenta No se nombra Proporciones Se tratan ambos	No se tienen en cuenta No se nombra Proporciones Se tratan ambos	No se tienen en cuenta No se nombra Proporciones No codominancia	No se tienen en cuenta Hay un apartado Frecuencia Sí codominancia
Resolución de problemas Tipos de problemas Cuadro de Punnett Pasos para resolución Árboles genealógicos	Predominan C-E 1, para 3ª ley Mendel Sí hay Sí hay (apartado especial)	Predominan C-E 2, para 1ª y 3ª ley Mendel No hay Sí hay (uno)	E-C = C-E 1, para 3ª ley Mendel No hay Sí hay	Predominan C-E 1, para 3ª ley Mendel No hay Sí hay	E-C = C-E No se usa No hay No hay	Predominan C-E Sí hay uno Sí hay (pedigrís) Sí hay

Cuadro 26: Cuadro resumen. En este cuadro se muestra una síntesis de los resultados del apartado 4.1, mostrándose en conjunto todos los cuadros de resultados que se muestran en el mismo.

	ANAYA LOGSE	ANAYA LOE	OXFORD LOGSE	OXFORD LOE	SM LOGSE	SM LOE
Secuenciación nº de temas Estructuración temas	2 1. La transmisión de los caracteres 2. La información hereditaria	2 1. Las bases de la herencia 2. La herencia biológica	1 1. Genética y herencia	2 1. Genética y herencia 2. Genética humana	3 1. La reproducción de los seres vivos 2. La herencia 3. Genética molecular	3 1. Reproducción y herencia 2. Las leyes de la herencia 3. Genes y manipulación genética
ADN	En 2º tema (después de mendelismo)	En tema anterior (reproducción)	Los cromosomas y los genes	Los cromosomas y los genes	Último tema (después de gen)	Último tema (después de gen)
Mendelismo	Tema central de la transmisión de los caracteres	En 2º tema, como apartado	Después de variabilidad	Después de Cromosomas homólogos y genes alelos	Tema central para la herencia	Tema central para la herencia
Mitosis y meiosis	Tema reproducción (anterior)	Apartado de las bases de la herencia	Subapartado: Los cromosomas y los genes	Apartado: Reproducción celular	Apartado en reproducción celular	Tema anterior (La célula unidad de vida)
Teoría cromosómica	No se trata	Sí se trata	No se trata	Sí se trata	Sí se trata	No se trata
Enfermedades hereditarias	No se tratan	No se tratan	Sólo herencia ligada al sexo	Sí se tratan	Sí se tratan	Sí se tratan
Temas de actualidad	Sólo ingeniería genética	Sólo ingeniería genética	Solo como anexo	Sí se tratan	Sí se tratan	Sí se tratan
Definiciones						
ADN	La molécula portadora de la información genética	Componente del núcleo que contiene la información hereditaria	La molécula orgánica portadora de la información genética	La molécula orgánica portadora de la información genética	Molécula portadora de información genética	El material genético
Gametos	Células reproductoras	Células reproductoras	Células que se fusionan para crear el cigoto	Células que se fusionan para crear el cigoto	Células que forman el cigoto al unirse	Células que forman el cigoto al unirse
Gen	Fragmento de un cromosoma	Segmentos de ADN	Llevar la información genética	Llevar la información genética	Portador de los caracteres hereditarios	Información responsable de los caracteres hereditarios
Cromosoma	Empaquetamiento de la cromatina	Empaquetamiento de la cromatina	Cadenas de ADN superenrolladas	Cadenas de ADN superenrolladas	Estructuras para pasar la información genética a descendencia	Filamentos de cromatina
Alelo	Distintas alternativas para un gen	Copias de un gen	Formas alternativas del mismo gen	Formas alternativas del mismo gen	Alternativas que presenta un gen	Alternativas que presenta un gen
Naturaleza abstracta y complejidad						
Niveles de organización	No se tienen en cuenta	Se siguen para todo excepto gen	Sí se siguen	Sí se siguen	No se tienen en cuenta	No se tienen en cuenta
Teoría Cromosómica	No aparece	Sí aparece	No aparece	Sí aparece	Hay un apartado	No se nombra
Concepto de probabilidad	No se usa el término	No se usa el término	No se usa el término, sí proporción	No se usa el término, sí proporción y frecuencia	Frecuencia	No se nombra
Herencia intermedia	Aparece en mendelismo	Apartado independiente	Apartado codominancia	Apartado codominancia	No herencia intermedia, Sí codominancia	Sí herencia intermedia, Sí codominancia
Resolución de problemas						
Tipos de problemas	Predominan E-C	E-C = C-E	Predominan C-E	Predominan C-E	Predominan C-E	Predominan E-C
Cuadro de Punnet	Sólo uno y complejo	Dos y sencillos	Dos: primera y tercera ley de Mendel	Dos: primera y tercera ley de Mendel	Sí, hay uno	Sí, hay cuatro
Pasos para resolución	No hay	No hay	No hay	No hay	Sí hay (pedigrís)	Sí hay
Árboles genealógicos	Sí hay (2 problemas)	No hay	El mismo en ambos. 1 ejercicio	El mismo en ambos	Sí hay	Sí hay

Cuadro 27: Cuadro resumen. En este cuadro se muestra una síntesis de los resultados del apartado 4.2, mostrándose en conjunto todos los cuadros de resultados que se muestran en el mismo.

5. DISCUSIÓN E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

Para terminar con el TFM, en este apartado discutiremos los resultados, comparándolos con los estudios preliminares mostrados en la introducción, para finalmente, decidir cuál(es) sería el(los) mejor(es) libro(s) de texto.

5.1. Secuenciación

En primer lugar, se tratarán los distintos libros de texto desde el punto de vista de la **secuenciación**. Cabe destacar que entre todos los libros analizados, se pueden observar dos grandes tendencias que en un primer momento llaman la atención; por un lado, existen libros que parten de la explicación de ADN como molécula portadora de la información genética, y a partir de este concepto, se van construyendo los demás, como gen, alelo o cromosoma, y es en base a estos conceptos que se explica la herencia y sus mecanismos, normalmente, basándose en la herencia mendeliana (algunos ejemplos son: “Oxford Exedra”, “Santillana Grazalema” y “Anaya LOE”) . Por otro lado, nos encontramos con otros libros que parten de las leyes de Mendel para explicar el mecanismo de la herencia y que dejan para el final la explicación del ADN y otros conceptos más “moleculares” como si pudiéramos establecer una gran barrera entre la “Genética Clásica” y la “Genética Molecular” (algunos ejemplos son: “Oxford Anfora”, “SM Darwin”, “Anaya LOGSE” y “SM LOE”). De entre los dos grandes modelos que hemos descrito, y basándonos en los estudios previos que se han expuesto en la introducción, pensamos que son más adecuados los libros que se adaptan al primer tipo, es decir, comenzando con el ADN ya que, de este modo se sigue una línea argumental más lógica, que parte de conceptos teóricos más elementales, para ir complicando la explicación a medida que el alumno se va familiarizando con el tema. Con este tipo de secuenciación, se pretende seguir en cierta forma los niveles de organización, ya que se suele partir del nivel molecular (mostrando la estructura del ADN basada en nucleótidos) y se termina a nivel de individuo (tratando el fenotipo). Si se sigue esta línea, que pensamos es más lógica y fácil de entender por parte de los alumnos, se les está mostrando a los alumnos la influencia que tienen unos niveles de organización sobre otros, y cómo, la presencia de una determinada secuencia de nucleótidos, se reflejan en un fenotipo determinado (pero explicando claramente la di-

ferencia entre ambos niveles). Por otro lado, pensamos que los libros que se adaptan más al segundo tipo de secuenciación, es decir, basándose en el mendelismo y dejando el ADN para el final, son más difíciles de comprender por parte del alumno, y pueden dejar “lagunas” de conocimiento durante el proceso. Esto se puede observar en libros como “SM Darwin” que presenta la definición de gen después del mendelismo y antes de la definición de ADN. Secuenciaciones de este tipo llevan a confusión a la hora de comprender estos conceptos, ya que, la complejidad de los mismos no va en aumento, sino que se comienza con un concepto más “abstracto” como *gen* y luego se explica el ADN que, “en apariencia” no tiene nada que ver con el concepto anterior (es más difícil para el alumno establecer los nexos de unión entre conceptos si no se siguen los niveles de organización). Además, como se explicó en la introducción, no siempre es conveniente ni necesario partir de la historia para explicar un concepto y puesto que las leyes de Mendel son el resultado de unos experimentos muy concretos, que para nada explican en su totalidad los mecanismos de la herencia, sería más adecuado presentarlos al final del tema, a modo de anexo o curiosidad, que usarlas como eje central de la genética. Visto desde este punto de vista, la perspectiva de “SM Biosfera” podría ser acertada, ya que introduce el mendelismo a modo de práctica al final del tema para que sean los alumnos los que, siguiendo los experimentos de Mendel, lleguen a sus mismas conclusiones; de hecho, resulta llamativo que siendo un libro más antiguo (ya que pertenece a la LOE), tenga un punto de vista tan actual como el de que son los alumnos los que, siguiendo las mismas investigaciones que se han hecho a lo largo de la historia lleguen a las mismas conclusiones que otros científicos. Con respecto a la extensión, es decir, al número de temas que se dedican al tema de la genética, vemos que varían desde uno (por ejemplo “SM Biosfera”) hasta tres (por ejemplo “Oxford Anfora”) pero en principio no tienen porqué ser mejor unos libros u otros; si bien es cierto que es interesante que en algunos libros como los de la editorial Oxford, presentan un tema específico para la Genética Humana, que puede ser interesante ya que los alumnos estudian características y enfermedades humanas que le acercan la genética al mundo que los rodea. También es importante destacar la presencia o ausencia de la Teoría Cromosómica como apartado, ya que representa un esquema de los mecanismos de la herencia desde un punto de vista más actual que el mendelismo y no todos los libros como hemos visto anteriormente contienen este apartado. Finalmente, respecto a la presencia o no de temas de actualidad, pensamos que no indican la calidad del libro ya que en determinadas ocasiones y por

falta de tiempo este tipo de apartados suelen pasarse por alto en las programaciones. Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, podríamos destacar como mejores libros, desde el punto de vista de la secuenciación a “Oxford LOE” y “Anaya LOE”.

5.2. Definiciones

En segundo lugar, comentaremos las diferencias a la hora de presentar las **definiciones** en los distintos libros de texto. Es importante destacar que en todos los libros se presentan definiciones muy escuetas, queriendo resumir al máximo para evitar complicaciones en los alumnos, y de este modo lo que se consigue, a nuestro modo de ver, es una mayor confusión. Pensamos que es necesario desarrollar algo más las definiciones para que sea el alumno, una vez comprendido el concepto, el que realice un esquema o resumen propios de cada una de las definiciones y que si es el libro el que proporciona el resumen, nada de trabajo queda por parte del alumno. Por ello, en esta segunda discusión no seleccionaremos ningún libro como adecuado sino que presentaremos un ejemplo de definición de los cinco conceptos anteriormente analizados que podrían usarse para elaborar un libro algo más adecuado que los anteriormente analizados:

- **ADN**: molécula que se enrolla a modo de doble hélice formada por dos cadenas de nucleótidos y cuya secuencia determina la información genética del individuo que la porta. Se localiza en el núcleo de las células y puede encontrarse en distintos grados de compactación, conociéndose el más compactado con el nombre de cromosoma. En su conjunto, todas las moléculas de ADN que se localizan en el núcleo dan lugar a la cromatina.
- **Gametos**: células haploides (con un solo juego de cromosomas) como resultado de una división por meiosis, que se producen en las gónadas (u órganos sexuales) y que se conocen con el nombre de células sexuales o reproductoras. Cuando dos gametos se unen se forma el huevo o cigoto que dará lugar a un individuo adulto con características semejantes a las de sus progenitores. En el caso de los humanos, los gametos se llaman: óvulo (el gameto femenino) y espermatozoide (el gameto masculino).
- **Gen**: secuencia de ADN que tiene una función concreta en el organismo; esta función puede ser diversa, desde dar lugar a una

proteína (con función específica), hasta ser una secuencia reguladora o estructural. Como resultado de la expresión de cualquier gen, se observa, a nivel de individuo, un fenotipo determinado que variará en función del alelo que porte el gen.

- **Cromosoma:** máximo grado de compactación de las moléculas de ADN. Tienen forma de bastoncillo vistas desde el microscopio. Constan de un centrómero y de unos brazos que terminan en los telómeros. Se forman cuando la célula está en división (mitosis o meiosis) y pueden tener una cromátida o dos dependiendo del momento de la meiosis. Cuando el ADN está duplicado, justo antes de la división, hay dos pares de cromosomas de cada tipo, a los que llamamos cromosomas homólogos.
- **Alelo:** secuencias de ADN diferentes para un mismo gen, es decir, distintas alternativas para un mismo gen, que a nivel de fenotipo se pueden expresar de diferente modo. Para cada cromosoma de un individuo diploide, el alelo puede ser el mismo o diferente, y dependiendo de la combinación de ambos, las características fenotípicas serán diferentes.

5.3. Naturaleza abstracta y complejidad

En tercer lugar, comentaremos la manera de presentar la *naturaleza abstracta y complejidad* en los distintos libros analizados. Teniendo en cuenta los cuatro elementos en los que nos hemos centrado en este apartado, podríamos decir que un “buen” libro de texto para este tema debería seguir los niveles de organización, tener un apartado referente a la Teoría Cromosómica de la Herencia y tratar los conceptos de probabilidad y herencia intermedia y codominancia. Ya hemos analizado, en el primer punto, en referencia a la secuenciación, cuáles son los libros que mejor adaptan su contenido a los niveles de organización (“Oxford Exedra”, “Santillana Grazalema”, “Anaya LOE” y “Oxford LOGSE”), pero de ellos, no todos tratan los demás conceptos. Cabe destacar, que de los libros analizados, ninguno de ellos trata el concepto de probabilidad, sino que se habla, en ocasiones de *proporciones* y otras veces de *frecuencias*, pero dando por hecho que el concepto de probabilidad se domina. Como se comentó en la introducción, la completa comprensión de la genética, y un correcto dominio de los problemas de este tema, requieren una comprensión matemática basada en la estadística y sobre todo en las probabilidades. Alumnos que tengan dificultades con

esta competencia, pueden tenerlas también a la hora de enfrentarse a los problemas de genética, como veremos a continuación. Por ello, sería imprescindible añadir un pequeño apartado que hablara de probabilidades y relacionara este concepto matemático con su aplicación en los problemas de genética. También cabe destacar en este punto, que al igual que en Biología tratamos un tema “matemático” como es el de las proporciones, en Matemáticas podrían tratarse temas “biológicos” como en este caso la Genética. Desde este punto de vista, estaríamos creando conexiones interdisciplinarias que facilitarían la comprensión por parte de los alumnos, de diversos conceptos estrechamente relacionados entre sí, pero no necesariamente de la misma disciplina. Por lo tanto, y teniendo en cuenta que este concepto no se incluye en ningún libro, podríamos decir que, a nivel de complejidad, destacarían “Oxford Exedra” y “Anaya LOE” ya que incluyen los otros tres apartados (niveles de organización, Teoría Cromosómica y herencia intermedia y codominancia).

5.4. Resolución de problemas

En cuarto lugar, nos centraremos en los problemas de genética y en su enfoque en los distintos libros, para elegir cuál de ellos estaría más acertado en cuanto a la presentación de este apartado. Ya se explicó en la introducción los tipos de problemas, centrándonos en dos, los de tipo C-E y los de E-C; comentándose la necesidad de que coexistan ambos tipos dentro de un mismo libro. Los de tipo C-E deben aparecer al principio a modo de ejercicios que familiaricen al alumno con la resolución de este tipo de problemas, pero deben desaparecer a lo largo del libro antes de que el alumno se acostumbre a usar un algoritmo que resuelva estas actividades sin necesidad de emplear la lógica y los conocimientos genéticos. Por su parte los problemas de tipo E-C deberían ser mayoritarios una vez que el alumno ha aprendido el mecanismo de los problemas tipo C-E para que pueda poner en práctica de un modo razonado todos los conocimientos que ha ido adquiriendo a lo largo del tema. Es interesante incluir problemas de árboles genéticos que suelen enfocarse desde el punto de vista de los problemas E-C y que por lo tanto, requieren una mayor implicación por parte del alumno. Además, podría ser interesante que antes de realizar ningún ejercicio, se dieran unas pautas para la ejecución de ese tipo de actividades; sin embargo, un apartado destinado a esto no sería imprescindible, ya que siempre puede ser el profesor el que indique los pasos a seguir. Finalmente, comentar que el uso de cuadros de Punnet para la resolución de los

ejercicios no suele estar visto con buenos ojos, ya que incita al uso de algoritmos, más bien a la realización mecánica de unos cruces, sin ser necesaria la aplicación práctica de los contenidos teóricos. Por todo lo comentado anteriormente, podemos destacar a “Oxford Anfora”, “Santillana Supernova”, “SM Darwin” y “SM LOGSE” como los que mejor presentan los problemas.

5.5. Implicaciones didácticas

Cabe destacar que un “buen” libro no tiene porqué ser bueno en todos los aspectos que anteriormente hemos analizado, ya que esto es muy difícil de conseguir, y que lo importante es que conozcamos los puntos débiles del libro que estamos usando, para así poder reforzarlos mediante documentos extra. Con respecto a los cuatro apartados que hemos tenido en cuenta (secuenciación, definiciones, complejidad y problemas), pienso que es éste último, el de problemas, el que las editoriales pueden permitirse tener más “flojo” en los libros de texto, ya que es muy fácil complementar los ejercicios con baterías de ejercicios que el profesor tenga y que se adecúen más a las necesidades de su alumnado. Por otra parte, el apartado que me parece más importante es el de la secuenciación, ya que tanto para el profesor como para los alumnos puede resultar más difícil seguir una correcta secuenciación en un libro que salta de un concepto a otro sin la “lógica” de los niveles de organización. Por ello, a la hora de elegir un buen libro, sería más necesario buscar una buena secuenciación que nos presente los contenidos en el orden que más nos interesa, y después, intentar que tanto las definiciones, como la presentación de temas complejos sea la más adecuada. Sería accesorio si además, tenemos la suerte de contar con un libro que además de estas cualidades recoja también una batería de problemas adecuados, pero, como dije anteriormente, es difícil reunir tantas cualidades.

Con respecto a las diferencias entre los distintos momentos legislativos, parece que no hay muchas, aunque cabe destacar que conceptos como la teoría cromosómica de la herencia o los niveles de organización se usan más frecuentemente en los libros de la LOE que en los de la LOGSE y además, con respecto a los problemas, suelen ser más abundantes los de tipo E-C en LOGSE que en LOE aunque puede haber excepciones (véase SM). Y en referencia al currículum, tanto los libros de LOGSE como los de LOE se adaptan bastante bien, ya que en general, los conceptos a tratar son muy similares y lo que suele variar entre unos y otros es la secuenciación de los contenidos que, como dijimos

anteriormente se divide en dos grandes tendencias.

Así pues, yo elegiría entre “Oxford LOE” y “Anaya LOE” porque ambos reúnen las tres primeras condiciones aunque ninguno de los dos reúne la condición de presentar unos buenos problemas. Sin embargo, como podemos observar, los libros que sí presentan buenos problemas son deficitarios en los otros puntos que antes he destacado como más importantes.

Sin más preámbulo, paso a resumir las implicaciones didácticas que tiene mi TFM.

- Es importante buscar un buen libro de texto para biología, ya que gran parte de las dificultades que presentan los alumnos a la hora de comprender la genética se basan en libros que son deficitarios en la explicación de este tema.
- A la hora de la elección, tenemos que tener claras cuáles son nuestras prioridades (en nuestro caso: secuenciación > complejidad > definiciones > problemas) para poder analizarlas en distintos libros de texto.
- Es importante que previo al análisis, realicemos un esquema mental de lo que queremos encontrar en los libros de texto, siendo nuestro esquema de referencia frente al cual compararemos cada uno de los libros (en nuestro caso se trataría de los puntos que hemos buscado y para cada profesor pueden ser unos puntos distintos).
- Hay que asumir que la perfección es difícil de encontrar en un libro de texto por lo que debemos analizar cuantos más apartados mejor, para acercarnos lo más posible a esa perfección esperada.
- La elección de un “buen” libro de texto no implica que no se aporte material adicional al alumnado, de hecho, será necesario hacerlo para cubrir los déficits de cada libro.
- Respecto a la genética, es necesario que la secuenciación se base en los niveles de organización para que los conceptos sean más fácilmente comprensibles por parte del alumnado.
- Las definiciones no tienen porqué estar condensadas en una sola línea; de hecho, en muchas ocasiones se cometen errores conceptuales por querer sintetizar tanto una definición. Mejor dar una definición amplia y que sean los alumnos los que la adapten a su comprensión.

- Es necesario presentar el concepto de probabilidad y la relación de la estadística con los problemas de genética para que los alumnos sean capaces de resolver de manera adecuada estos ejercicios.
- Los problemas de tipo E-C deben predominar al principio del tema como una primera aproximación, pero los de tipo C-E deben predominar en general, sobre todo al final, para que la resolución no se convierta en la mera aplicación de un algoritmo.
- Hay que seguir investigando cuál es la mejor manera de presentar el tema de la genética a los alumnos para que disminuyan las dificultades de comprensión del mismo y los problemas de genética se conviertan en algo incluso divertido y no obligatorio como lo es actualmente.

Referencias

- Abril A. (2010) Influencia de la sociedad del conocimiento en la enseñanza de las ciencias experimentales. un caso de estudio: la genética y la biología molecular. *Revista de Antropología Experimental*, **1**:1–16.
- 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 G. y Banet E. (2002) Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, **20**(1):133–157.
- Banet E. y Ayuso E. (1995) Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. contenidos de enseñanza y conocimiento de los alumnos. *Enseñanza de las ciencias*, **13** (2):137–153.
- Bugallo Rodríguez A. (1995) La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las ciencias*, **13** (3):379–385.
- Caballero Armenta M. (2008) Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las ciencias*, **26** (2):227–244.
- Cho H., Kahle J. y Nordland F. (1985) An investigation of high school biology textbooks as sources of misconception and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Educantion*, **69**(5):707–719.
- Deadman J.A. y Kelly P.J. (1978) What do secondary schools boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, **12**(1):7–15.
- Finley F., Stewart J. y Yaroch W. (1982) Teacher's perceptions of important and difficult science content: the report of a survey. *Science Educantion*, **66**:531–538.
- Garvin W. y Stefani L. (1993) Genetics-genetic disorder and diagnosis: a role-play exercise. *Journal of Biological Education*, **27**(1):51–57.
- González García F. (2000) *Problemas de Genética. En Resolución de Problemas*, vol. pp. 172-186. F.J. Perales, Madrid, síntesis educación ed.
- Johnson S. y Stewart J. (1990) Using philosophy of science in curriculum development: An example from high school genetics. *International Journal of Science Education*, **12**(3):297–307.
- Johnstone A. y Mahmoud N. (1980) Isolating topics of high perceived difficulty in school biology. *Journal of Biological Education*, **12**(3):297–307.
- Knippels M.C.P.J., Waarlo A.J. y Boersma K.T. (2005) Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, **39** (3):108–112.
- Moll M. y Allen R. (1987) Student difficulties with mendelian genetics problems. *The American Biology Teacher*, **49**(4):229–233.
- Nackhleh M. y Mitchell R. (1993) Concept learning versus problem solving. *Journal of Chemical Education*, **70**(3):190–192.
- Perales F.J. (2000) *Resolución de problemas*. Madrid, síntesis educación ed.
- Smith M. y R G. (1992) Problems solving and classical genetics: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Biological Education*, **29**(7):701–713.

Stewart J. y Kirk J. (1990) Understanding and problem-solving in classical genetics. *International Journal of Science Education*, **12** (5):575-588.

Tolman R. (1982) Difficulties in genetics problem solving. *The American Biology Teacher*, **44**(9):525-527.

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