

RECOMENDACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LA EPIGENÉTICA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Informe final para los centros

Septiembre 2017

Isabel Zudaire
Arantxa Larrañeta
María Napal

Universidad Pública de Navarra
Didáctica de las Ciencias Experimentales

ÍNDICE

RECOMENDACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LA EPIGENÉTICA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA. Informe general castellano.....	1
BIGARREN HEZKUNTZAN EPIGENETIKA IRAKASTEKO GOMENDIOAK. Txosten orokorra euskaraz.....	8
Informes parciales centros castellano.....	15
Informas parciales centros euskera	30

Este trabajo fue realizado gracias a la inestimable colaboración de los centros de Educación Secundaria Alaitz BHI, Biurdana BHI, Doneztebe BHI, IES Julio Caro Baroja, IES Tierra Estella/ Lizarralde BHI, Leitza BHI, Lizarra Ikastola, Paz de Ziganda Ikastola, Colegio Sagrado Corazon, Colegio Salesianos, Colegio San Francisco Javier, Colegio Santa Catalina

RECOMENDACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LA EPIGENÉTICA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

MARCO TEÓRICO DEL PROYECTO

¿Por qué introducir la epigenética en Secundaria?

En la sociedad del siglo XXI, los ciudadanos se encuentran a menudo con situaciones que ponen a prueba sus conocimientos sobre genética. Dentro de esta disciplina, destaca la **epigenética**, uno de los campos de la investigación biomédica más prometedores y en mayor expansión. Los conocimientos básicos de genética se adquieren principalmente durante la educación secundaria, y los trabajos de investigación en didáctica han mostrado que la Genética es una de las disciplinas que más dificultades de aprendizaje genera en los alumnos este ciclo.

Por todo ello, los objetivos de nuestro proyecto fueron los siguientes:

1. ¿Qué saben los alumnos de secundaria sobre epigenética, sin haber recibido previamente ninguna instrucción específica?
2. ¿Qué barreras conceptuales presentan?
3. ¿Son capaces de incorporar nuevos conocimientos de epigenética que expliquen procesos de adaptación a factores externos?
4. ¿Cómo y cuándo deberían ser introducidos estos conceptos en la educación secundaria?

METODOLOGÍA

En este Proyecto han participado 12 colegios, siendo encuestados un total de 424 estudiantes: 306 del nivel de 4º de la ESO y 118 de Bachillerato (1º y 2º)

Como recordareis nuestra intervención incluyó una prueba inicial, una breve charla sobre la epigenética y una actividad final para evaluar la comprensión de los estudiantes.

La prueba inicial consistió en 7 preguntas que tenían como objetivo investigar el conocimiento general de la genética celular y conceptos relacionados con la epigenética. Además se pidió a los estudiantes una definición de epigenética para valorar sus conocimientos previos sobre el tema.

Tras la charla, los alumnos tuvieron que analizar una situación real (que fue objeto de estudio de un artículo científico) donde se pretendía evaluar si los estudiantes habían sido capaces de entender que el fenotipo no está determinado exclusivamente por la secuencia genética, y que puede ser modificado por el medio ambiente, siendo este cambio heredable.

RESULTADOS

Genética celular

Tras preguntar a los alumnos qué elementos de los presentados contienen Información Hereditaria, Cromosomas y Genes, agrupamos las respuestas en tres grupos (Tabla 1).

Conocimiento correcto (primera columna, en negrita): cuando el alumno marcaba simultáneamente Información hereditaria, Genes y Cromosomas, para cada elemento, excepto la prótesis de cadera, donde la respuesta correcta es aquella en la que no se marcan ninguno de los tres.

Conocimientos erróneos:

- Considerar que el elemento contiene únicamente información hereditaria (pero no genes ni cromosomas)
- Considerar que el elemento contiene genes o cromosomas o ambos, pero no información hereditaria.

Tabla 1. Porcentaje de estudiantes que respondieron a cada agrupación.

Tipo celular	Información Hereditaria + genes + cromosomas		Sólo Información Hereditaria		Genes y/o cromosomas	
	4 ESO	BAC	4 ESO	BAC	4 ESO	BAC
Células sanguíneas	12.8	37.1	30.3	18.1	34.1	21.0
Óvulo	37.6	75.2	17.2	7.6	32.4	13.3
Músculo	12.8	40.0	11.7	9.5	57.9	37.1
Hueso	12.4	39.0	14.1	14.3	49.3	35.2
Prótesis de cadera	99.0	98.1	9.7	6.7	35.5	15.2
Pétalos de una flor	22.1	44.8	19.7	5.7	40.7	31.4
Bacteria	23.8	26.7	15.5	12.4	40.7	26.7

Conocimiento previo sobre epigenética y conceptos relacionados.

Los estudiantes de este proyecto no estaban familiarizados con el concepto de epigenética: sólo un 3,7% de alumnos de 4º ESO y un 17,8% en Bachiller dieron una definición aceptable del término epigenética antes de la intervención. Sin embargo podemos destacar que, en base a las preguntas del test inicial, aproximadamente un tercio de los estudiantes en 4º ESO y la mitad de Bachiller conocían aspectos básicos de genética que son prerequisites para incorporar explicaciones que impliquen la epigenética, como que todas las células de un organismo tienen idéntica secuencia de ADN, que existe una expresión diferencial de genes en las distintas células del individuo, y que el ambiente puede modificar la expresión genética (Tabla 2)

Tabla 2. Porcentaje de estudiantes que escogieron cada opción para cada pregunta y curso. La respuesta correcta se presenta sombreada.

Pregunta	4 ESO				BACH			
	a	b	c	d	a	b	c	d
2. ¿Todas las células de un organismo tienen idéntica secuencia de ADN?	13.4	23.7	32.3	29.6	11.3	13.2	48.1	25.5
3. ¿Todas las células de un organismo expresan los mismos genes?	20.3	31.6	10.3	37.1	17.9	51.9	4.7	22.6
4. ¿Dos gemelos monocigóticos tienen la misma información genética?	22.3	7.6	8.9	60.5	14.2	4.7	0.9	77.4
5. ¿Los gemelos monocigóticos padecen siempre las mismas enfermedades?	4.5	37.1	52.6	3.8	3.8	30.2	61.3	1.9
6. La jalea real modifica el fenotipo de las abejas.	8.2	27.1	40.2	23.4	3.8	12.3	66.0	11.3

El análisis estadístico de los datos que los resultados son significativamente mejores en Bachiller que en 4º de la ESO para todas las preguntas excepto la número 4.

Tras la intervención

Los resultados indican que tras la charla, pudieron comprender algunas ideas clave e integrarlas para explicar una situación compleja y real, en la que interviene la regulación epigenética (50% en 4º ESO y 70% en Bachiller).

Para conocer el grado de conocimiento adquirido analizamos las explicaciones de los alumnos, valorando 9 conceptos que aparecían en sus respuestas.

- Expresión genética diferencial.
- El ambiente o el estilo de vida modificaron la expresión.
- No hay un cambio en la secuencia genómica.
- Existe un cambio en el epigenoma.
- Se modifica la estructura de la cromatina.
- El cambio o la regulación pueden heredarse.
- Se nombran los mecanismos moleculares como la acetilación o metilación.
- Se indica la presencia de marcas o etiquetas.

Además detectamos expresiones que contienen conceptos erróneos, o explicaciones incompatibles con la epigenética. Entre ellas se incluyen algunas ideas que, en sí, no son erróneas, pero que indican una visión determinista (el fenotipo depende directamente del genotipo, y los cambios suceden a consecuencia de mutaciones).

- Aumenta la supervivencia porque los genes o los individuos se adaptan.
- Han ocurrido mutaciones en el genoma.
- Los grupos metilo son ingeridos.
- Los factores ambientales inducen la creación de nuevos genes.

- Hay genes para cosas buenas y genes para cosas malas.
- Los cambios implican enfermedad.

El análisis estadístico de los trabajos permitió establecer 5 niveles de conocimiento que os presentamos en la siguiente imagen.

Figura 1. Organización por niveles de conocimiento (1 más bajo-5 más alto) de los conceptos relacionados con la epigenética.



Es decir, los estudiantes entienden primero que la epigenética trata la expresión génica diferencial debido a factores ambientales y, a continuación, son capaces de incorporar detalles sobre los mecanismos moleculares involucrados o las características del proceso. Un estudiante ubicado en un cierto nivel domina todo lo anterior.

En la Figura 2 os presentamos los resultados globales por curso.

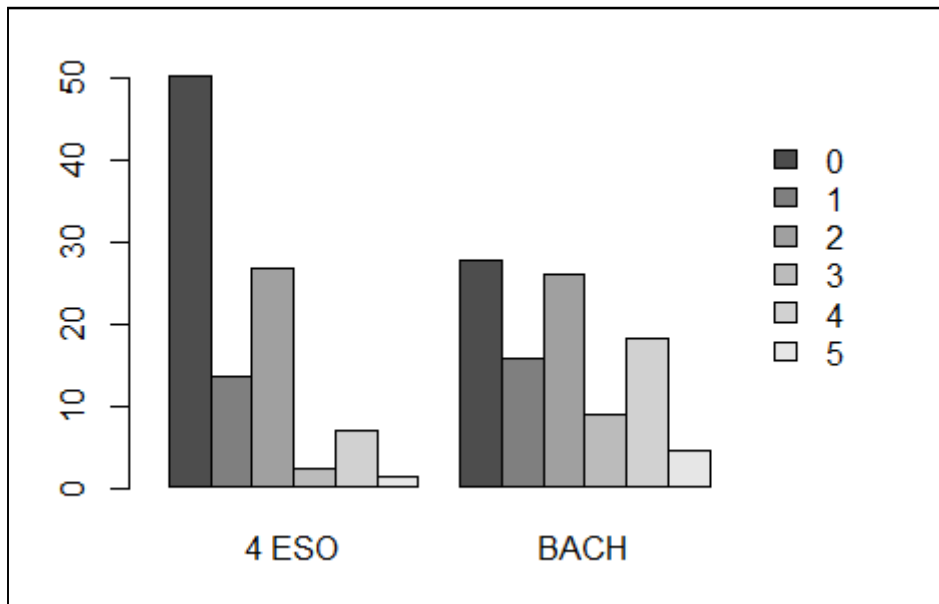


Figura 2. Porcentaje de estudiantes que alcanzaron cada nivel de conocimiento.

Alrededor del 40% de los estudiantes del nivel ESO y Bachiller indicaron en el análisis de la situación que existía una expresión celular diferencial, la influencia del ambiente en el genotipo y los cambios en el epigenoma (niveles 1-2). Las diferencias entre los dos grupos, aumentan con la complejidad: el 30% de los estudiantes de Bachiller y sólo el 10% de los de la

ESO mencionaron los mecanismos moleculares implicados en la epigenética, la heredabilidad de esos cambios y la modificación de la estructura de la cromatina (niveles 3-5)

La valoración de los errores conceptuales, o explicaciones deterministas, más comunes fue la que se presenta en la tabla 4. No encontramos diferencias significativas entre los dos niveles.

Tabla 4. Porcentaje de alumnos para cada nivel, que incluyeron errores conceptuales en sus argumentaciones.

Errores	4 ESO	2 BACH
Adaptación	31,3	21,6
Mutación	9,4	16,4
Los grupos metilo se ingieren	7,2	4,3
Hay genes para cosas buenas/malas	8,3	3,5
Cambio implica enfermedad	3,6	0,9

A pesar de que, a priori, los resultados obtenidos son buenos (la opción correcta fue la más elegida, para todo las cuestiones del test previo, en ambos cursos) podemos subrayar que sin embargo, hay muchas inconsistencias en las respuestas, lo que plantea preocupación por la solidez del esquema conceptual entre los estudiantes analizados. Brevemente las causas que hemos detectado son:

1. La falta de algunos conocimientos científicos básicos. Con los resultados de la tabla del test inicial y en comparación con el resto de las respuestas, podemos decir que los alumnos tienen problemas en el dominio de la posición de los genes dentro de los cromosomas y su papel como portadores de la información. Para muchos alumnos, las células son diferentes porque llevan diferente información hereditaria para las funciones que llevan a cabo.
2. El determinismo genético. Aunque los estudiantes de ambos niveles eligieron principalmente las respuestas correctas en el test previo (tabla 2), hubo un porcentaje no despreciable que optó por un modelo determinista, donde la información genética determina el fenotipo resultante, y los cambios se deben a mutaciones. Tras la intervención, la inalterabilidad del genoma aparece como el quinto nivel en la progresión, aunque es un fundamento de la epigenética, lo que da idea de la dificultad de superar esta creencia.
3. La adaptación: un porcentaje importante de los estudiantes explicaron el escenario propuesto en términos ambiguos de adaptación, referido a genes o individuos (nunca poblaciones). Además, muchas de las respuestas recogidas presentan la adaptación como un fenómeno "mágico" de cambio, sin mencionar ninguna implicación molecular. Son muchos los trabajos que han mostrado que los alumnos tienden a posicionarse intuitivamente con postulados lamarckianos de evolución, puesto que es lo más acorde con el sentido común, mientras que las teorías de selección natural de Darwin requieren mayor abstracción. Por el contrario, la docencia actual de la evolución en el aula se muestra habitualmente desde una perspectiva neodarwinista, acorde con el conocimiento científico aceptado hasta la fecha, enfrentado así a las ideas previas de los estudiantes.

Sin embargo, la posibilidad de la heredabilidad del epigenoma da otra dimensión a la evolución: los caracteres adquiridos por los padres puede ser heredados a la descendencia (en consonancia, en parte, con las teorías lamarckianas). Aunque existe un importante debate todavía sobre el tema, creemos que plantear estos aspectos en la educación secundaria permite mostrar una ciencia dinámica y cercana a los problemas sociales actuales.

4. Aprendizaje no significativo: los estudiantes han aprendido de memoria que las células de un organismo tienen el mismo genoma (pregunta 2) pero no pueden completar correctamente la tabla en la pregunta 1 (que implica el mismo concepto genético) o tienen dificultades para formular explicaciones científicas que impliquen los conceptos correctamente contestados en las preguntas 2 a 6 en la actividad de la aplicación. De hecho, los mejores resultados se obtuvieron en las preguntas cuyas ideas se aprenden normalmente de memoria (por ejemplo, los gemelos monocigóticos son genéticamente idénticos porque provienen de una sola célula, el cigoto (pregunta 4)

PROPUESTAS DIDÁCTICAS

Como consecuencia de las deficiencias observadas en los conocimientos sobre genética, muchos investigadores de didáctica han considerado necesario introducir cambios sustanciales tanto en los programas como en las estrategias utilizadas para enseñar la herencia biológica.

Consideramos que es conveniente actualizar el currículo para introducir algunas nociones sobre la epigenética, o al menos algunos pre-conceptos, y para ello podríamos recomendar los siguientes aspectos:

- es necesario fomentar un buen conocimiento sobre las relaciones entre los cromosomas, los genes y la información sobre la herencia, de lo contrario los estudiantes no pueden entender la ubicación y transmisión de la herencia. En las clases es frecuente presentar los procesos de división celular (mitosis y meiosis) en capítulos independientes a la genética mendeliana (en los niveles inferiores) y la genética molecular (en bachiller). El aprendizaje integrado de todos estos conceptos facilitaría subsanar estos errores.
- Los estudiantes no establecen la relación entre los niveles submicroscópico y macroscópico, y así no consiguen aplicar el conocimiento molecular al fenotipo. Sería muy recomendable que la conexión entre la proteína y el fenotipo se explicara en las escuelas, con ejemplos sencillos acerca de las funciones de las proteínas mostrando la progresión gen-proteína-fenotipo.
- La posibilidad de regulación de la expresión por factores externos debe abordarse explícitamente desde los niveles más bajos (4º ESO).
- Los cursos superiores (Bachiller) podrían ser un mejor momento para introducir características del proceso y, especialmente, los mecanismos moleculares implicados. Los estudiantes de esta edad ya han estudiado química y están más familiarizados con la terminología.

- Es especialmente importante, al abordar la adaptación y la evolución biológica, no presentar las mutaciones como única fuente de variabilidad, ya que esto contribuye a reforzar la alternativa determinista. Habría que indicar abiertamente que pueden producirse cambios fenotípicos o de desarrollo como resultado de la interacción con factores ambientales.

- La teoría lamarckiana suele presentarse como obsoleta, y superada por el darwinismo. Teniendo en cuenta que las concepciones intuitivas de los estudiantes se asemejan a estos postulados, deberían utilizarse mejor como punto de partida para introducir la epigenética, considerando también que la genética y la epigenética no son vistas alternativas sino complementarias.

A modo particular, os enviamos a cada uno de vosotros los resultados de vuestros alumnos.

BIGARREN HEZKUNTZAN EPIGENETIKA IRAKASTEKO GOMENDIOAK

PROIEKTUAREN MARKO TEORIKOA

Zergatik irakatsi epigenetika bigarren hezkuntzan?

XXI. mendeko gizartean, hiritar askok genetikari buruz dituzten ezagutzak erakustera behartuta aurkitzen ohi dira askotan. Ezagutza arlo honen barnean, **epigenetika** azpimarratu beharra dago, zeina biomedizinaren esparruan gehien zabaltzen ari den eta etorkizun oparoko ikerketa lerroetako bat den. Genetikari buruzko oinarritzko ezagutzak Bigarren Hezkuntzan ikasten dira, eta, hain zuzen ere, etapa honetan ikasteko zailtasun ugari sortarazten duen disziplina bat da.

Aurrekoa kontuan hartuta, gure proiektuaren helburuak ondorengo galderari erantzuna ematean oinarritzen dira:

1. Zer dakite bigarren hezkuntzako ikasleek epigenetikaz, irakaskuntza espezifiko jaso aurretik?
2. Zein zailtasun kontzeptualak dituzte?
3. Epigenetikarekin loturiko ezagutza berriak eransteko gai al dira, izaki bizidunak kanpoko faktoreetara nola moldatzen diren azaltzeko orduan?
4. Noiz eta nola sartu beharko lirateke kontzeptu horiek bigarren hezkuntzan?

METODOLOGIA

Proiektu honetan, 12 ikastetxek parte hartu dute; guztira 424 ikasle inkesta burutu dute: DBH 4. Mailako 306 ikasle eta Batxilergoko 118 ikasle (1. eta 2.).

Gogoratuko duzuen bezala, gure esku-hartzea hasierako testa, epigenetikari buruzko hitzaldi motza eta bukaerako jarduera baten bidez osatu zen, ikasleen ulermen maila ebaluatzeko nahiarekin.

Hasierako testak 7 galdera zituen eta honen helburua genetika zelularren baita epigenetikarekin lotura duten kontzeptuen inguruko ezagutza orokorrak neurtzea zen. Horrez gain, epigenetika hitzaren esanahia eskatu zitzaizen ikasleen gaiari buruzko aurre ezagutzak baloratzeko.

Hitzaldia entzun eta gero, ikasleek egoera erreal bat aztertu zuten. Gure helburua, ikasleek fenotipoa ez dela soilik sekuentzia genetikaren araberakoa, bai eta, inguruak eraldatutakoa izan daitekeela ere ulertzeko gaitasun maila ebaluatzea izan zen. Aldi berean, sortutako aldaketa horiek heredagarriak direla ulertzea ere xede izan zen.

EMAITZAK

Genetika zelularra

Ikasleei zelula mota batzuen zerrenda erakutsi genien eta hauek euren barnean Herentziako Informazioa, Kromosomak eta Geneak dituzten galdetu zitzairen. Erantzunak hiru multzotan sailkatu genituen, elementuen konbinazioen arabera (1. Taula)

Ezagutza zuzena: aldi berean markatzen da Herentziako Informazioa, Kromosomak eta Geneak. Protesiaren kasuan aldiz, elementu bat ere ez da markatzen.

Erantzun okerrak:

- Zelula motak bakarrik herentziako informazioa du, baina ez kromosomarik ezta generik.
- zelula motak geneak, kromosomak edo biak ditu, baina ez herentziako informazioa.

Tabla 1a. Erantzun zuzena edo konbinazio okerrak eman zituzten ikasleen ehunekoa

Zelula mota	Herentziako informazioa + kromosoma + gen		Herentziako informazioa		Geneak edota kromosomak	
	DBH 4	BATX	DBH 4	BATX	DBH 4	BATX
Odol zelula	12.8	37.1	30.3	18.1	34.1	21.0
Obulua	37.6	75.2	17.2	7.6	32.4	13.3
Giharra	12.8	40.0	11.7	9.5	57.9	37.1
Hezurra	12.4	39.0	14.1	14.3	49.3	35.2
Aldaka protesia	1.0	1.9	9.7	6.7	35.5	15.2
Lore petaloak	22.1	44.8	19.7	5.7	40.7	31.4
Bakterioa	23.8	26.7	15.5	12.4	40.7	26.7

Epigenetikaren inguruko aurrezagutzak

Proiektu honetan parte hartu zuten ikasleek ez zuten “epigenetika” hitza ezagutzen: soilik ikasleen %3a, DBH 4.an, eta %17.8a Batxilergoan, definizio onargarri bat eman zuten, esku-hartzearen aurretik. Hala ere, aipagarria da, aurreko ideien testaren arabera, DBH 4.ko ikasleen heren batek, eta Batxilergoko erdiak genetikaren oinarriko kontzeptu batzuk ezagutzen zituztela, zeinak beharrezkoak diren epigenetika nahasten duten azalpenak ulertzeko; hala nola, organismo baten zelula guztiek DNA sekuentzia berdin-berdina dutela, zelula mota bakoitzak modu ezberdinean adierazten dituela, eta inguruak genetikaren aldaketa eragin dezakeela (2. Taula).

Batxilergoko ikasleek DBH 4.koek baino hobeto egin zuten (aldea esanguratsua izan zen), 4. galderan izan ezik.

2. Taula. Aukera bakoitza markatu zuten ikasleen ehunekoa, maila eta galderaka. Erantzun zuzena urdinez adierazten da.

Galdera	DBH 4				BATX			
	a	b	c	d	a	b	c	d
2. Organismo baten zelula guztiek DNA sekuentzia berdin-berdina daukate?	13.4	23.7	32.3	29.6	11.3	13.2	48.1	25.5
3. Organismo baten zelula guztiek gene berdinak adierazten dituzte?	20.3	31.6	10.3	37.1	17.9	51.9	4.7	22.6
4. Bi biki monozigotikoek informazio genetiko berdina daukate?	22.3	7.6	8.9	60.5	14.2	4.7	0.9	77.4
5. Biki monozigotikoek beti gaixotasun berdinak jasaten dituzte?	4.5	37.1	52.6	3.8	3.8	30.2	61.3	1.9
6. Erregina-jeleak erleen fenotipoa aldarazten du	8.2	27.1	40.2	23.4	3.8	12.3	66.0	11.3

Esku-hartzearen ondoren

Emaitzak ikusita, hitzaldia jaso ondoren, ikasleak ideiak gako batzuk ulertzeko eta barneratzeko gai izan zirela esan genezake, erregulazio genetikoaren inplikazioak duten egoera konplexu eta errealak uztartuz (DBH 4. an ikasleen %50aketa Batxilergoan ikasleen %70ak).

Lortutako ezagutza maila ezagutzeko, ikasleen azalpenak aztertu genituen, ondoko 9 irizpide hauek erabiliz:

- Gene adierazpen bereizgarria
- Inguruak edo bizimoduak adierazpena eraldatzen dute.
- Gene sekuentzia ez da aldatzen.
- Epigenoma aldatzen da.
- Kromatinaren egitura aldatzen da.
- Aldaketa edo erregulazioa heredagarriak dira.
- Aldaketa bi mekanismo molekularren ondorioa da: azetilazioa eta metilazioa.
- Markak edo etiketak daude.

Horretaz gain, adierazpen oker batzuk ere agertu ziren, edo epigenetikarekin uztartzeko zailak direnak ere. Ideia batzuk guztiz okerrak ez izan arren, esan dezakegu ikuspuntu determinista defendatzen dutela; hala nola, fenotipo genotipoaren ondorio zuzena da, eta aldaketa guztiak mutazioekin erlazionatzen dira:

- Geneak edo indibiduoak egokitzen dira, bizi-itxaropena luzatuz.
- Genoman mutazioak egon dira.
- Metilo-taldeak jaten dira.
- Ingurune-faktoreak geneak sortaraztea eragiten dute.
- Geneak gauza onetarako edo txarretarako egon daitezke.

- Aldaketek gaixotasuna dakarte.

Behin laborpen jarduerak aztertuta eta datuak analizatuta, 5 ezagutza maila ezarri ziren (3. Taula):

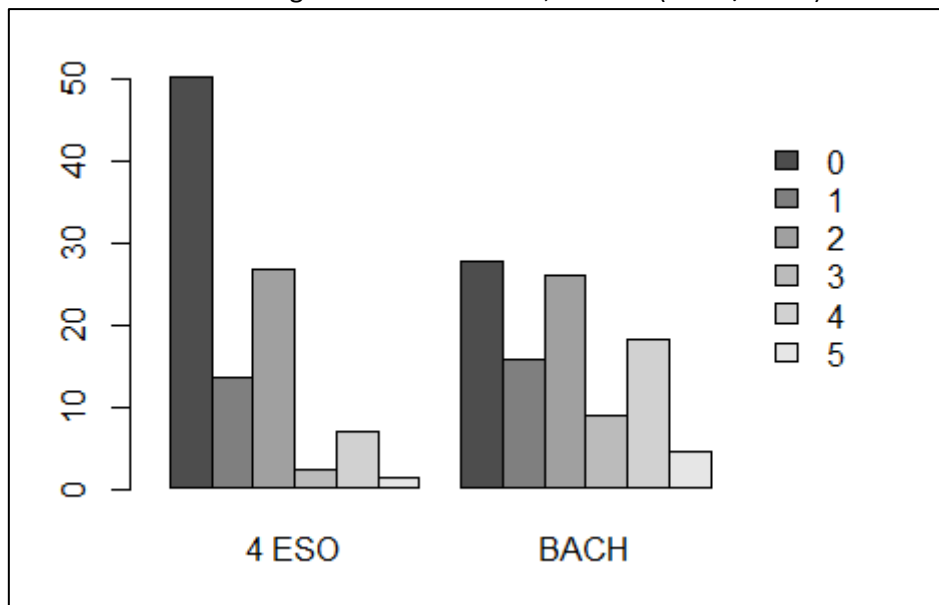
3. Taula. Epigenetikari buruzko ezagutza mailen antolakuntza (1tik -baxuena- 5ra -altuena).



Hau da, lehenengo pausuan eta orokorki, ikasleek ulertzen dute epigenetikak ekartzen duela adierazpen bereizgarria, ingurune-faktoreen ondorioz. Geroago, mekanismo molekularrak edo prozesuaren ezaugarri espezifikoak txertatzea lortzen dute.

Eskalaren egituraren ondorioz, maila batean kokatutako ikasle batek maila hau eta aurreko maila guztiekin lotutako ezagutzak menperatzen ditu, nahiz eta bere erantzunean kontzeptu guztiak ez aipatu.

1. Irudian aurkezten dizuegu emaitza orokorrak, mailaka (DBH4/ BATX):



1. Irudia. Ezagutza maila bakoitza lortu zuten ikasleen ehunekoa.

DBH eta Batxilergoko ikasleen %40 inguruk aipatu zuten adierazpen bereizgarria, ingurune-faktoreen eragina, eta epigenomaren aldaketa (1-2 mailak). Kurtsoen arteko aldea nabarmentzen da zailtasuna igotzen den heinean: Batxilergoko ikasleen %30ak eta DBH 4ko

ikasleen %10ak aipatu zituzten epigenetikak nahasten dituen mekanismo molekularrak, aldaketak heredagarriak direla, eta kromatinaren egitura aldatzen dela (3-5 mailak).

Kontzeptu akats nagusi, edo azalpen deterministei dagokienez, ez dago mailen arteko alde nabarmenik (4. Taula):

4. Taula. Kontzeptu akats erabiltzen dituzten ikasleen ehunekoa, mailaka.

Akatsak	DBH 4	BATX
Moldatzea	31,3	21,6
Mutazioa	9,4	16,4
Metilo-taldeak jaten dira	7,2	4,3
Geneak gauzak onak/txarretarako	8,3	3,5
Aldaketak gaixotasuna dakar	3,6	0,9

Lortutako emaitzak nahiko onak izan arren (ikasle gehienek aukeratu zutenez erantzun zuzena, galdera guztietan eta bi etapetan), azpimarratu daiteke erantzun batzuen funtsik eza. Horrek ikasleek duten eskema kontzeptuala sendoa denentz kezka sortarazten digu. Laburki, hauek dira aurkitu ditugun zergatiak:

1. Oinarri zientifiko batzuk ez dira menperatzen. Hasierako testaren taulan oinarrituta, esan dezakegu ikasleek zailtasunak dituztela geneak non kokatzen diren jakiteko, kromosomen barruan, eta zein euren eginkizuna informazioaren transmisioan. Ikasle askorentzat, zelulak ezberdinak dira informazio ezberdina daramatelako, garatzen duten funtzioaren arabera.
2. Determinismo genetikoa. Aurreneko ezagutzen testan ikasle gehienek erantzun zuzenak aukeratu zituzten arren (3. Taula) aintzat hartzeko ehuneko batek eredu determinista jarraitu zuen; zeinetan informazio genetikoak (bakarrik) fenotipoak eragiten dituen, eta aldaketa guztiak mutazioen ondorioz gertatzen diren. Esku-hartzearen ondoren, genoma (DNA) aldatzen ez denaren ideia progresioaren 5. mailan agertzen da (maila altuena, edo garatuena), epigenetika ulertzeko funtsezkoa izanda ere; horrek eredu determinista gaingitzearen zailtasuna adiera uzten du.
3. Moldatzea: Ikasleen ehuneko altu batek, planteatu zitzaaien egoera azaltzeko, geneak edo indibiduoak moldatu zirela argudiatu zuen (inoiz ez populazioak). Jasotako erantzuneko aldaketa “magikotzat” hartzen dute moldatze prozesua, inongo inplikazio molekularrik aipatu gabe.

Lan askok erakutsi duten bezala, ikasleak Lamarcken ideietatik gertu agertzen dira. Izan ere, Lamarcken ideiak bat datoz senarekin; Darwinismo eta hautespen naturala, aldiz, abstraktuagoak eta ulertzeko zailagoak izaten dira. Gaur egun, eboluzioaren irakaskuntza neodarwinismoan oinarritzen da, zeinak ezagutza zientifikoarekin bat egiten du, baina ikasleen aurreko ideien kontrakoa da.

Hala ere, epigenetikak, eta epigenoma heredagarria izateak, eboluzioa beste modu batera ulertzera eta azaltzea behartzen gaitu: berretutako karaktereak hereda daitezke (Lamarcken ideiekin bat eginez, partzialki bada ere). Oraindik gai eztabaidagarria bada ere, defendatzen dugu bigarren hezkuntza gisako gaiak jorratu behar direla, horrek iradokitzen baitu zientzia dinamika dela, eta harreman estua duela egungo gizarte arazoekin.

4. Ikaskuntza ez-esanguratsua: Ikasleek, organismo baten zelula guztiek genoma berdina dutela ikasi dute (2. galdera), baina ezin dute ongi osatu 1. galdera, nahiz eta kontzeptu berean oinarritu. Halaber, 2tik 6ra bitarteko galderak ongi xamar erantzuten dituzten arren, zail egiten zaie galdera horietan agertzen diren kontzeptuei azalpen zientifikoak bitartez ongi erantzutea.
- Izan ere, emaitzarik onenak normalean buruz ikasten diren galderetan eman ziren. Adibidez, biki monozigotikoak genetikoki berdinak dira, zelula bakar batetik (zigotoa) datozelako (4. galdera).

PROPOSAMEN DIDAKTIKOAK

Jakina da ikasleek gabezia asko dituztela genetikaren inguruan. Egoera hau konpontzeko, zientzia esperimentalen didaktikan aritzen diren ikerlari batzuek defendatu dute aldaketak egin behar direla, bai herentzia biologikoa azaltzeko erabiltzen diren estrategietan, baita programetan ere.

Gure aldetik, eta txosten honetan aurkezten diren emaitzetan oinarriturik, curriculum eguneratzea komenigarria litzatekeela pentsatzen dugu, epigenetikarekin zerikusia duten nozio batzuk gehituz. Epigenetika bigarren hezkuntzako klaseetan lantzekotan, hurrengo irizpide hauek errespetatzea gomendatuko genuke:

- Gen, kromosoma eta informazio genetikoaren arteko erlazioak ongi ezagutzen direla bermatu. Osterantzean, ikasleek herentzia non kokatzen den eta nola transmititzen den ulertzeko zailtasunak izango dituzte. Gehienetan, zelula-zatiketaren prozesuak (mitosia eta meiosis) eta genetika mendeldarra (maila baxuetan) edo genetika molekularra (batxilergoan) bazterturik ematen dira, bata bestearekin apenas erlazionatu gabe. Kontzeptu guzti horiek modu integratuan landu beharko lirakeke.
- Ikasleek ez dute lotzen maila mikroskopiko eta makroskopikoren arteko erlazioa ikustea, eta hortaz, ez dute aplikatzen maila molekularrez dakitena fenotipoa azaltzeko orduan. Gomendagarria litzateke proteina eta fenotiporen arteko erlazioa espreski azaltzea, eta horretarako proteinak dituzten funtzioen adibide sinpleak erabiltzea, gen - proteina - fenotipo progresioa garbi adieraziz.
- Maila baxuenetik (DBH 4an edo lehenago) esplizituki azaldu behar da ingurune-faktoreek eragin dezaketela adierazpen genetikoaren erregulazioan.
- Prozesuaren ezaugarri espezifikoak eta, batez ere, mekanismo molekularrak, ez dira batxilergo arte landu behar; oinarritzko mailak sendotu arte. Adin horretako ikasleek kimika ikasi dute, eta trebatuagoak daude terminologia erabiltzeko.
- Moldatzea eta eboluzioa lantzen denean, funtsezkoa da mutazioak aldakortasun iturri bakartzat ez aurkeztea, horrek eredu determinista alternatiboa indartzen baitu. Askoz hobe litzateke espresuki esatea fenotipoa aldatzea edo honen garapena eraldatzea, ingurunearekiko interakzioaren ondorioz gertatzea posible dela.
- Eboluzioa irakasten denean, Lamarckismoa zahartutzat ematen da, eta Darwinismoak gaituta. Kontuan hartuta ikasleek dituzten ideia intuitiboek Lamarcken ideien antza handia dutela, ideia horiek epigenetika azaltzeko abiapuntu bezala erabiltzea gomendatuko genuke: azken finean, genetika eta epigenetika ez dira ideia alternatiboak, osagarriak baino.

Txosten orokor honekin batera, zuen ikasleen emaitzak bidaltzen dizkizuegu.

INFORME INTERVENCIÓN EN EPIGENÉTICA

Test de ideas previas: Pregunta 1

Tabla 1. Porcentaje de estudiantes que mostraron un conocimiento correcto (marcando simultáneamente Información hereditaria, Genes y Cromosomas, para todos los elementos, excepto la prótesis de cadera, donde la respuesta correcta es aquella en la que no se marcan ninguno de los tres) o errónea (solo información hereditaria o solo Genes y/o Cromosomas)

4 ESO (48)	Información hereditaria + Genes + Cromosomas	Información hereditaria	Genes + Cromosomas
Células sanguíneas	6.3	46	33
Óvulo	21	23	35
Músculo	0	13	58
Hueso	0	10	40
Prótesis de cadera	67	6.3	27
Pétalos de una flor	4.2	15	58
Bacteria	17	15	46

Test de ideas previas: preguntas 2 a 6

Tabla 2. Porcentaje de respuesta para cada opción y cada pregunta. En rojo se indica la respuesta correcta.

PREGUNTAS	%*
2. ¿Todas las células de un organismo tienen idéntica secuencia de ADN?	
a) Sí, porque todas pertenecen al mismo organismo.	13.73
b) No, porque depende del tipo de tejido al que pertenece.	25.49
c) Sí, porque toda las células provienen de una sola, el cigoto.	27.45
d) No, los gametos tienen la mitad de la secuencia.	27.45
3. ¿Todas las células de un organismo expresan los mismos genes?	
a) Sí, porque todas tienen la misma información genética.	21.57
b) No, depende del tipo de tejido al que pertenecen.	17.65
c) Sí, porque todas pertenecen al mismo organismo.	13.73
d) Las células somáticas sí; los gametos expresarán la mitad de los genes.	41.18
4. ¿Dos gemelos monocigóticos tienen la misma información genética?	
a) No, la información genética de cada individuo es única e irrepetible	33.33
b) No, aunque son gemelos, se parecen lo mismo que dos hermanos	1.96
c) Sí, porque han nacido a la vez de la misma madre.	3.92
d) Sí, porque provienen de la división mitótica de una sola célula, el cigoto	56.86
5. ¿Los gemelos monocigóticos padecen siempre las mismas enfermedades?	
a) Sí, porque comparten la misma genética.	0.00
b) No, si son enfermedades infecciosas. Pero sí, si se trata de una enfermedad genética.	43.14
c) No necesariamente, porque algunas enfermedades dependerán de sus hábitos de vida.	50.98
d) Sí, aunque sea una enfermedad infecciosa, porque tienen la misma predisposición.	1.96
6. Las abejas reinas y las obreras son hembras. Las reinas son más grandes y pasan toda su vida reproduciéndose. Las obreras son estériles y más pequeñas. Obreras y reinas son iguales genéticamente, pero reciben una dieta diferente. Las larvas alimentadas con jalea real, se desarrollan como reinas; las que reciben una alimentación normal, se desarrollan como obreras. ¿Qué explicación puede tener este fenómeno?	
a) Ninguna. Si son genéticamente iguales, como los gemelos monocigóticos, deberían ser idénticos.	5.88
b) Debe haber algo en la jalea real que cambie el genoma de las abejas.	17.65
c) Debe haber algo en la jalea real que cambia el fenotipo de las abejas.	39.22
d) Debe haber algo en la jalea real que provoca mutaciones en las abejas.	33.33

(* No se indican las respuestas nulas o no contestadas, por lo que en algunos casos los porcentajes totales difieren del 100%)

Actividad resumen

Tabla 3. Porcentaje de alumnos por nivel de conocimiento.

Nivel	Concepto	%
0	No reconocen el papel de la epigenética en la situación planteada.	70.6
1	Los factores ambientales pueden modificar el fenotipo.	9.8
2	Existe una expresión diferencial de los genes, que implica cambios en el epigenoma.	17.6
3	Ocurren cambios moleculares como la adición de "marcas" al genoma, metilación o acetilación.	1.9
4	Los cambios epigenéticos son heredables.	0
5*	Los cambios epigenéticos implican una alteración de la estructura de la cromatina, manteniendo la secuencia del ADN inalterada.	0

* Un estudiante ubicado en un cierto nivel domina los niveles anteriores.

INFORME INTERVENCIÓN EN EPIGENÉTICA

Test de ideas previas: Pregunta 1

Tabla 1. Porcentaje de estudiantes que mostraron un conocimiento correcto (marcando simultáneamente Información hereditaria, Genes y Cromosomas, para todos los elementos, excepto la prótesis de cadera, donde la respuesta correcta es aquella en la que no se marcan ninguno de los tres) o errónea (solo información hereditaria o solo Genes y/o Cromosomas)

4 ESO (25)	Información hereditaria + Genes + Cromosomas	Información hereditaria	Genes + Cromosomas
Células sanguíneas	12	40	36
Óvulo	20	16	56
Músculo	4	16	60
Hueso	8	16	48
Prótesis de cadera	24	20	52
Pétalos de una flor	24	32	28
Bacteria	16	12	52

BACHILLER (12)	Información hereditaria + Genes + Cromosomas	Información hereditaria	Genes + Cromosomas
Células sanguíneas	8,3	41,7	33,3
Óvulo	33,3	8,3	41,7
Músculo	25,0	8,3	66,7
Hueso	16,7	16,7	58,3
Prótesis de cadera	41,7	16,7	41,7
Pétalos de una flor	25,0	16,7	33,3
Bacteria	16,7	16,7	50

Test de ideas previas: preguntas 2 a 6

Tabla 2. Porcentaje de respuesta para cada opción y cada pregunta. En negrita se indica la respuesta correcta.

PREGUNTAS	4 ESO*	2 BAC
2. ¿Todas las células de un organismo tienen idéntica secuencia de ADN?		
a) Sí, porque todas pertenecen al mismo organismo.	12,5	0,0
b) No, porque depende del tipo de tejido al que pertenece.	16,7	10,0
c) Sí, porque toda las células provienen de una sola, el cigoto.	33,3	50,0
d) No, los gametos tienen la mitad de la secuencia.	37,5	40,0
3. ¿Todas las células de un organismo expresan los mismos genes?		
a) Sí, porque todas tienen la misma información genética.	20,8	10,0
b) No, depende del tipo de tejido al que pertenecen.	25,0	50,0
c) Sí, porque todas pertenecen al mismo organismo.	12,5	20,0
d) Las células somáticas sí; los gametos expresarán la mitad de los genes.	41,7	20,0
4. ¿Dos gemelos monocigóticos tienen la misma información genética?		
a) No, la información genética de cada individuo es única e irreplicable	16,7	30,0
b) No, aunque son gemelos, se parecen lo mismo que dos hermanos	8,3	10,0
c) Sí, porque han nacido a la vez de la misma madre.	4,2	0,0
d) Sí, porque provienen de la división mitótica de una sola célula, el cigoto	70,8	60,0
5. ¿Los gemelos monocigóticos padecen siempre las mismas enfermedades?		
a) Sí, porque comparten la misma genética.	4,2	0,0
b) No, si son enfermedades infecciosas. Pero sí, si se trata de una enfermedad genética.	41,7	30,0
c) No necesariamente, porque algunas enfermedades dependerán de sus hábitos de vida.	50,0	60,0
d) Sí, aunque sea una enfermedad infecciosa, porque tienen la misma predisposición.	0,0	0,0
6. Las abejas reinas y las obreras son hembras. Las reinas son más grandes y pasan toda su vida reproduciéndose. Las obreras son estériles y más pequeñas. Obreras y reinas son iguales genéticamente, pero reciben una dieta diferente. Las larvas alimentadas con jalea real, se desarrollan como reinas; las que reciben una alimentación normal, se desarrollan como obreras. ¿Qué explicación puede tener este fenómeno?		
a) Ninguna. Si son genéticamente iguales, como los gemelos monocigóticos, deberían ser idénticos.	12,5	10,0
b) Debe haber algo en la jalea real que cambie el genoma de las abejas.	8,3	20,0
c) Debe haber algo en la jalea real que cambia el fenotipo de las abejas.	50,0	30,0
d) Debe haber algo en la jalea real que provoca mutaciones en las abejas.	29,2	40,0

(* No se indican las respuestas nulas o no contestadas, por lo que en algunos casos los porcentajes totales difieren del 100%)

Actividad resumen

Tabla 3. Porcentaje de alumnos por nivel de conocimiento.

Nivel	Concepto	4ESO (n=26)	BACHILLER (n=12)
0	No reconocen el papel de la epigenética en la situación planteada.	46,2	25,0
1	Los factores ambientales pueden modificar el fenotipo.	19,2	16,7
2	Existe una expresión diferencial de los genes, que implica cambios en el epigenoma.	26,9	16,7
3	Ocurren cambios moleculares como la adición de "marcas" al genoma, metilación o acetilación.	0,0	8,3
4	Los cambios epigenéticos son heredables.	3,8	16,7
5*	Los cambios epigenéticos implican una alteración de la estructura de la cromatina, manteniendo la secuencia del ADN inalterada.	3,8	16,7

* Un estudiante ubicado en un cierto nivel domina los niveles anteriores.

INFORME INTERVENCIÓN EN EPIGENÉTICA

Test de ideas previas: Pregunta 1

Tabla 1. Porcentaje de estudiantes que mostraron un conocimiento correcto (marcando simultáneamente Información hereditaria, Genes y Cromosomas, para todos los elementos, excepto la prótesis de cadera, donde la respuesta correcta es aquella en la que no se marcan ninguno de los tres) o errónea (solo información hereditaria o solo Genes y/o Cromosomas)

4 ESO (48)	Información hereditaria + Genes + Cromosomas	Información hereditaria	Genes + Cromosomas
Células sanguíneas	14,6	14,6	54,2
Óvulo	52,1	18,8	10,4
Músculo	6,3	6,3	68,8
Hueso	8,3	8,3	62,5
Prótesis de cadera	62,5	4,2	33,3
Pétalos de una flor	22,9	10,4	45,8
Bacteria	37,5	25,0	25,0

BACHILLER (17)	Información hereditaria + Genes + Cromosomas	Información hereditaria	Genes + Cromosomas
Células sanguíneas	0,0*	23,5	5,9
Óvulo	94,1	0,0	5,9
Músculo	47,1	11,8	17,6
Hueso	41,2	5,9	35,3
Prótesis de cadera	100,0	0,0	0,0
Pétalos de una flor	35,3	11,8	29,4
Bacteria	47,1	29,4	11,8

*3 alumnos señalaron que, como los glóbulos rojos no tienen núcleo, no poseen información hereditaria, ni genes, ni cromosomas, asumiendo que en la sangre sólo hay glóbulos rojos.

Test de ideas previas: preguntas 2 a 6

Tabla 2. Porcentaje de respuesta para cada opción y cada pregunta. En rojo se indica la respuesta correcta.

PREGUNTAS	4 ESO*	2 BAC
2. ¿Todas las células de un organismo tienen idéntica secuencia de ADN?		
a) Sí, porque todas pertenecen al mismo organismo.	2,1	17,7
b) No, porque depende del tipo de tejido al que pertenece.	25,0	17,7
c) Sí, porque toda las células provienen de una sola, el cigoto.	29,2	58,8
d) No, los gametos tienen la mitad de la secuencia.	43,8	5,9
3. ¿Todas las células de un organismo expresan los mismos genes?		
a) Sí, porque todas tienen la misma información genética.	8,3	0,0
b) No, depende del tipo de tejido al que pertenecen.	43,8	88,2
c) Sí, porque todas pertenecen al mismo organismo.	10,4	5,9
d) Las células somáticas sí; los gametos expresarán la mitad de los genes.	37,5	5,9
4. ¿Dos gemelos monocigóticos tienen la misma información genética?		
a) No, la información genética de cada individuo es única e irrepetible	6,3	11,8
b) No, aunque son gemelos, se parecen lo mismo que dos hermanos	6,3	0,0
c) Sí, porque han nacido a la vez de la misma madre.	6,3	0,0
d) Sí, porque provienen de la división mitótica de una sola célula, el cigoto	81,3	88,2
5. ¿Los gemelos monocigóticos padecen siempre las mismas enfermedades?		
a) Sí, porque comparten la misma genética.	0,0	11,8
b) No, si son enfermedades infecciosas. Pero sí, si se trata de una enfermedad genética.	52,1	41,2
c) No necesariamente, porque algunas enfermedades dependerán de sus hábitos de vida.	41,7	47,1
d) Sí, aunque sea una enfermedad infecciosa, porque tienen la misma predisposición.	0,0	0,0
6. Las abejas reinas y las obreras son hembras. Las reinas son más grandes y pasan toda su vida reproduciéndose. Las obreras son estériles y más pequeñas. Obreras y reinas son iguales genéticamente, pero reciben una dieta diferente. Las larvas alimentadas con jalea real, se desarrollan como reinas; las que reciben una alimentación normal, se desarrollan como obreras. ¿Qué explicación puede tener este fenómeno?		
a) Ninguna. Si son genéticamente iguales, como los gemelos monocigóticos, deberían ser idénticos.	0,0	0,0
b) Debe haber algo en la jalea real que cambie el genoma de las abejas.	22,9	17,7
c) Debe haber algo en la jalea real que cambia el fenotipo de las abejas.	33,3	76,5
d) Debe haber algo en la jalea real que provoca mutaciones en las abejas.	43,8	5,9

(* No se indican las respuestas nulas o no contestadas, por lo que en algunos casos los porcentajes totales difieren del 100%)

Actividad resumen

Tabla 3. Porcentaje de alumnos por nivel de conocimiento.

Nivel	Concepto	4ESO n=49	BACHILLER n=18
0	No reconocen el papel de la epigenética en la situación planteada.	26,5	5,6
1	Los factores ambientales pueden modificar el fenotipo.	6,1	0,0
2	Existe una expresión diferencial de los genes, que implica cambios en el epigenoma.	38,7	16,7
3	Ocurren cambios moleculares como la adición de "marcas" al genoma, metilación o acetilación.	6,1	5,6
4	Los cambios epigenéticos son heredables.	18,4	55,6
5*	Los cambios epigenéticos implican una alteración de la estructura de la cromatina, manteniendo la secuencia del ADN inalterada.	4,1	16,7

* Un estudiante ubicado en un cierto nivel domina los niveles anteriores.

INFORME INTERVENCIÓN EN EPIGENÉTICA

Test de ideas previas: Pregunta 1

Tabla 1. Porcentaje de estudiantes que mostraron un conocimiento correcto (marcando simultáneamente Información hereditaria, Genes y Cromosomas, para todos los elementos, excepto la prótesis de cadera, donde la respuesta correcta es aquella en la que no se marcan ninguno de los tres) o errónea (solo información hereditaria o solo Genes y/o Cromosomas)

4 ESO (12)	Información hereditaria + Genes + Cromosomas	Información hereditaria	Genes + Cromosomas
Células sanguíneas	16,7	50,0	16,7
Óvulo	16,7	0,0	66,7
Músculo	0,0	33,3	58,3
Hueso	0,0	25,0	58,3
Prótesis de cadera	33,3	16,7	50,0
Pétalos de una flor	0,0	33,3	50,0
Bacteria	8,3	33,3	50,0

Test de ideas previas: preguntas 2 a 6

Tabla 2. Porcentaje de respuesta para cada opción y cada pregunta. En negrita se indica la respuesta correcta.

PREGUNTAS	%*
2. ¿Todas las células de un organismo tienen idéntica secuencia de ADN?	
a) Sí, porque todas pertenecen al mismo organismo.	0,0
b) No, porque depende del tipo de tejido al que pertenece.	33,3
c) Sí, porque toda las células provienen de una sola, el cigoto.	25,0
d) No, los gametos tienen la mitad de la secuencia.	33,3
3. ¿Todas las células de un organismo expresan los mismos genes?	
a) Sí, porque todas tienen la misma información genética.	25,0
b) No, depende del tipo de tejido al que pertenecen.	41,7
c) Sí, porque todas pertenecen al mismo organismo.	0,0
d) Las células somáticas sí; los gametos expresarán la mitad de los genes.	33,3
4. ¿Dos gemelos monocigóticos tienen la misma información genética?	
a) No, la información genética de cada individuo es única e irreplicable	8,3
b) No, aunque son gemelos, se parecen lo mismo que dos hermanos	16,7
c) Sí, porque han nacido a la vez de la misma madre.	0,0
d) Sí, porque provienen de la división mitótica de una sola célula, el cigoto	75,0
5. ¿Los gemelos monocigóticos padecen siempre las mismas enfermedades?	
a) Sí, porque comparten la misma genética.	0,0
b) No, si son enfermedades infecciosas. Pero sí, si se trata de una enfermedad genética.	58,3
c) No necesariamente, porque algunas enfermedades dependerán de sus hábitos de vida.	41,7
d) Sí, aunque sea una enfermedad infecciosa, porque tienen la misma predisposición.	0,0
6. Las abejas reinas y las obreras son hembras. Las reinas son más grandes y pasan toda su vida reproduciéndose. Las obreras son estériles y más pequeñas. Obreras y reinas son iguales genéticamente, pero reciben una dieta diferente. Las larvas alimentadas con jalea real, se desarrollan como reinas; las que reciben una alimentación normal, se desarrollan como obreras. ¿Qué explicación puede tener este fenómeno?	
a) Ninguna. Si son genéticamente iguales, como los gemelos monocigóticos, deberían ser idénticos.	16,7
b) Debe haber algo en la jalea real que cambie el genoma de las abejas.	8,3
c) Debe haber algo en la jalea real que cambia el fenotipo de las abejas.	16,7
d) Debe haber algo en la jalea real que provoca mutaciones en las abejas.	58,3

(* No se indican las respuestas nulas o no contestadas, por lo que en algunos casos los porcentajes totales difieren del 100%)

Actividad resumen (n=13)

Tabla 3. Porcentaje de alumnos por nivel de conocimiento.

Nivel	Concepto	%
0	No reconocen el papel de la epigenética en la situación planteada.	53,8
1	Los factores ambientales pueden modificar el fenotipo.	7,7
2	Existe una expresión diferencial de los genes, que implica cambios en el epigenoma.	38,5
3	Ocurren cambios moleculares como la adición de "marcas" al genoma, metilación o acetilación.	0,0
4	Los cambios epigenéticos son heredables.	0,0
5*	Los cambios epigenéticos implican una alteración de la estructura de la cromatina, manteniendo la secuencia del ADN inalterada.	0,0

* Un estudiante ubicado en un cierto nivel domina los niveles anteriores.

INFORME INTERVENCIÓN EN EPIGENÉTICA

Test de ideas previas: Pregunta 1 (n=36)

Tabla 1. Porcentaje de estudiantes que mostraron un conocimiento correcto (marcando simultáneamente Información hereditaria, Genes y Cromosomas, para todos los elementos, excepto la prótesis de cadera, donde la respuesta correcta es aquella en la que no se marcan ninguno de los tres) o errónea (solo información hereditaria o solo Genes y/o Cromosomas)

BACHILLER	Información hereditaria + Genes + Cromosomas	Información hereditaria	Genes y/o Cromosomas
Células sanguíneas	44,4	13,9	25
Óvulo	75	2,78	16,7
Músculo	36,1	13,9	41,7
Hueso	33,3	19,4	33,3
Prótesis de cadera	63,9	11,1	22,2
Pétalos de una flor	47,2	2,78	33,3
Bacteria	19,4	13,9	38,9

Test de ideas previas: preguntas 2 a 6

Tabla 2. Porcentaje de respuesta para cada opción y cada pregunta. En rojo se indica la respuesta correcta.

PREGUNTAS	%*
2. ¿Todas las células de un organismo tienen idéntica secuencia de ADN?	
a) Sí, porque todas pertenecen al mismo organismo.	0,0
b) No, porque depende del tipo de tejido al que pertenece.	13,5
c) Sí, porque toda las células provienen de una sola, el cigoto.	45,9
d) No, los gametos tienen la mitad de la secuencia.	40,5
3. ¿Todas las células de un organismo expresan los mismos genes?	
a) Sí, porque todas tienen la misma información genética.	29,7
b) No, depende del tipo de tejido al que pertenecen.	37,8
c) Sí, porque todas pertenecen al mismo organismo.	2,7
d) Las células somáticas sí; los gametos expresarán la mitad de los genes.	27,0
4. ¿Dos gemelos monocigóticos tienen la misma información genética?	
a) No, la información genética de cada individuo es única e irreplicable	10,8
b) No, aunque son gemelos, se parecen lo mismo que dos hermanos	0,0
c) Sí, porque han nacido a la vez de la misma madre.	0,0
d) Sí, porque provienen de la división mitótica de una sola célula, el cigoto	89,2
5. ¿Los gemelos monocigóticos padecen siempre las mismas enfermedades?	
a) Sí, porque comparten la misma genética.	5,4
b) No, si son enfermedades infecciosas. Pero sí, si se trata de una enfermedad genética.	16,2
c) No necesariamente, porque algunas enfermedades dependerán de sus hábitos de vida.	78,4
d) Sí, aunque sea una enfermedad infecciosa, porque tienen la misma predisposición.	0,0
6. Las abejas reinas y las obreras son hembras. Las reinas son más grandes y pasan toda su vida reproduciéndose. Las obreras son estériles y más pequeñas. Obreras y reinas son iguales genéticamente, pero reciben una dieta diferente. Las larvas alimentadas con jalea real, se desarrollan como reinas; las que reciben una alimentación normal, se desarrollan como obreras. ¿Qué explicación puede tener este fenómeno?	
a) Ninguna. Si son genéticamente iguales, como los gemelos monocigóticos, deberían ser idénticos.	5,4
b) Debe haber algo en la jalea real que cambie el genoma de las abejas.	5,4
c) Debe haber algo en la jalea real que cambia el fenotipo de las abejas.	78,4
d) Debe haber algo en la jalea real que provoca mutaciones en las abejas.	10,8

(* no se indican las respuestas nulas o no contestadas, por lo que en algunos casos los porcentajes totales difieren del 100%)

Actividad resumen (n=36)

Tabla 3. Porcentaje de alumnos por nivel de conocimiento.

Nivel	Concepto	%
0	No reconocen el papel de la epigenética en la situación planteada.	50
1	Los factores ambientales pueden modificar el fenotipo.	5,6
2	Existe una expresión diferencial de los genes, que implica cambios en el epigenoma.	22,2
3	Ocurren cambios moleculares como la adición de "marcas" al genoma, metilación o acetilación.	5,6
4	Los cambios epigenéticos son heredables.	16,7
5*	Los cambios epigenéticos implican una alteración de la estructura de la cromatina, manteniendo la secuencia del ADN inalterada.	0,0

* Un estudiante ubicado en un cierto nivel domina los niveles anteriores.

EPIGENETIKARI BURUZKO ESKU-HARTZEAREN TXOSTENA

Aurreko ideien testa: 1. Galdera

Taula 1: Erantzun zuzena edo konbinazio okerrak eman zituzten ikasleen ehunekoa

DBH (15)	Herentziako informazioa + kromosoma + gen	Herentziako informazioa	Geneak edota kromosomak
Odol zelula	13,3	66,7	20,0
Obulua	46,7	0,0	53,3
Giharra	0,0	26,7	73,3
Hezurra	0,0	60,0	33,3
Aldaka protesia.	20,0	33,3	33,3
Lore petaloak	26,7	40,0	13,3
Bakterioa	0,0	53,3	26,7

Batxillergoa (11)	Herentziako informazioa + kromosoma + gen	Herentziako informazioa	Geneak edota kromosomak
Odol zelula	18,2	27,3	36,4
Obulua	54,5	45,5	0,0
Giharra	9,1	18,2	36,4
Hezurra	27,3	45,5	18,2
Aldaka protesia.	72,7	9,1	18,2
Lore petaloak	36,4	9,1	18,2
Bakterioa	27,3	9,1	27,3

Aurreko ideien testa: 2. - 6.galderak

Taula 2. Aukera bakoitza markatu zuten ikasleen ehunekoa, maila eta galderaka. Erantzun zuzena gorritz adierazten da.

	4 DBH*	BATX
2. Organismo baten zelula guztiak ADN sekuentzia berdin-berdina daukate?		
a) Bai, baina soilik ugalketa asexuala daukaten organismoen zelulak.	26,7	45,5
b) Ez, dagokion ehunaren arabera da.	6,7	18,2
c) Bai, zelula guztiak bakar batetik datoz, zigotoa.	66,7	18,2
d) Ez, gametoak sekuentziaren erdia daukate	0,0	18,2
3. Organismo baten zelula guztiak gene berdinak adierazten dituzte?		
a) Bai, guztiak informazio genetiko berdina daukatelako.	46,7	36,4
b) Ez, dagokion ehunaren arabera da.	33,3	36,4
c) Bai, guztiak organismo berberakoak direlako.	0,0	0,0
d) Zelula somatikoak bai; gametoak ordea, geneen erdiak adieraziko dituzte.	20,0	27,3
4. Bi biki monozigotikoak informazio genetiko berdina daukate?		
a) Ez, banako baten informazio genetiko bakarra eta errepika ezina da.	26,7	9,1
b) Ez, bikiak izan arren, anai-arrebak bezalako antza daukate.	20,0	9,1
c) Bai, aldi berean ama berdinatik jaio direlako.	6,7	0,0
d) Bai, zelula bakarreko mitosi zatiketarik etortzen dira, zigotoa.	46,7	72,7
5. Biki monozigotikoak beti gaixotasun berdinak jasaten dituzte?		
a) Bai, genetika bera daukatelako.	6,7	0,0
b) Gaixotasun infekziozoak badira ez; gaixotasun genetikoak, aldiz, bai.	26,7	72,7
c) Derrigorrean ez, zenbait gaixotasun beraie bizi moduaren arabera izango dira.	53,3	9,1
d) Bai, gaitxotasun infekziozoa izan arren, alde aurretik jasateko joera berdina daukate	13,3	18,2
6. Erle erreginak eta langileak emeak dira. Erreginak handiagoak dira eta ugaltzen ematen dute bizi osoa. Langileak aldiz, antzuak (esterilak) dira eta txikiagoak. Erreginak eta langileak genetikoki berdinak dira baina elikadura desberdina daramate. Erregina-jelerekin elikatutako larbak erreginak garatzen dira; elikadura arrunta eramaten duten larbak, bestalde, langile bezala garatuko dira. Nola azalduko zenuke gertakari hau? Zer azalpena dauka gertakari hau?		
a) Bat ere ez, genetikoki berdinak badira, biki monozigotikoak bezala, berdin-berdinak izan behar ziren.	13,3	0,0
b) Erregina-jelea erleen genomatik eragina dauka	33,3	9,1
c) Erregina-jelea eragina izan behar du erleen fenotipoa aldatzeko.	46,7	90,9
d) Erregina-jelea mutazioak eragin behar ditu erleengan.	0,0	0,0

(* baliogabeko erantzunak eta erantzun gabekoak ez dira erakusten. Hortaz, kasu batzuetan ez da %100ra iristen)

Laburpen jarduera

Taula 3. Ezagutza maila bakoitzean kokatzen diren ikasleen ehunekoa.

Maila	Kontzeptua	DBH 4 n=11	BATX n=11
0	Ez dute antzematen epigenetikaren rola, azaldu beharreko egoeran.	27,3	9,1
1	Ingurune-faktoreek fenotipoa alda dezakete.	45,5	36,4
2	Gene adierazpen bereizgarria gertatzen da; aldaketak epigenoman nahasten ditu.	27,3	27,3
3	Aldaketa molekularrak gertatzen dira. Adibidez, genomara "markak" eranstea; hots, metilazioa edo azetilazioa.	0,0	27,3
4	Aldaketa epigenetikoak heredagarriak dira.	0,0	0,0
5*	Aldaketa epigenetikoek kromatinaren egitura eraldatzen dute, ADNren egitura aldatu gabe.	0,0	0,0

**Eskalaren egituraren ondorioz, maila batean kokatutako ikasle batek maila hau eta aurreko maila guztiekin lotutako ezagutzak menperatzen ditu, nahiz eta bere erantzunean ez aipatu kontzeptu guztiak.*

INFORME INTERVENCIÓN EN EPIGENÉTICA

Test de ideas previas: Pregunta 1 (n=21)

Tabla 1. Porcentaje de estudiantes que mostraron un conocimiento correcto (marcando simultáneamente Información hereditaria, Genes y Cromosomas, para todos los elementos, excepto la prótesis de cadera, donde la respuesta correcta es aquella en la que no se marcan ninguno de los tres) o errónea (solo información hereditaria o solo Genes y/o Cromosomas)

4 ESO	Información hereditaria + Genes + Cromosomas	Información hereditaria	Genes y/o Cromosomas
Células sanguíneas	4,8	23,8	42,9
Óvulo	47,6	23,8	19,0
Músculo	9,5	4,76	66,7
Hueso	9,5	4,76	71,6
Prótesis de cadera	52,4	0,0	42,9
Pétalos de una flor	9,52	4,76	57,1
Bacteria	28,6	14,3	33,3

Test de ideas previas: preguntas 2 a 6

Tabla 2. Porcentaje de respuesta para cada opción y cada pregunta. En negrita se indica la respuesta correcta.

PREGUNTAS	%*
2. ¿Todas las células de un organismo tienen idéntica secuencia de ADN?	
a) Sí, porque todas pertenecen al mismo organismo.	4,5
b) No, porque depende del tipo de tejido al que pertenece.	36,4
c) Sí, porque toda las células provienen de una sola, el cigoto.	31,8
d) No, los gametos tienen la mitad de la secuencia.	27,3
3. ¿Todas las células de un organismo expresan los mismos genes?	
a) Sí, porque todas tienen la misma información genética.	31,8
b) No, depende del tipo de tejido al que pertenecen.	36,4
c) Sí, porque todas pertenecen al mismo organismo.	9,1
d) Las células somáticas sí; los gametos expresarán la mitad de los genes.	22,7
4. ¿Dos gemelos monocigóticos tienen la misma información genética?	
a) No, la información genética de cada individuo es única e irreplicable	40,9
b) No, aunque son gemelos, se parecen lo mismo que dos hermanos	9,1
c) Sí, porque han nacido a la vez de la misma madre.	4,5
d) Sí, porque provienen de la división mitótica de una sola célula, el cigoto	45,5
5. ¿Los gemelos monocigóticos padecen siempre las mismas enfermedades?	
a) Sí, porque comparten la misma genética.	4,5
b) No, si son enfermedades infecciosas. Pero sí, si se trata de una enfermedad genética.	31,8
c) No necesariamente, porque algunas enfermedades dependerán de sus hábitos de vida.	63,6
d) Sí, aunque sea una enfermedad infecciosa, porque tienen la misma predisposición.	0,0
6. Las abejas reinas y las obreras son hembras. Las reinas son más grandes y pasan toda su vida reproduciéndose. Las obreras son estériles y más pequeñas. Obreras y reinas son iguales genéticamente, pero reciben una dieta diferente. Las larvas alimentadas con jalea real, se desarrollan como reinas; las que reciben una alimentación normal, se desarrollan como obreras. ¿Qué explicación puede tener este fenómeno?	
a) Ninguna. Si son genéticamente iguales, como los gemelos monocigóticos, deberían ser idénticos.	9,1
b) Debe haber algo en la jalea real que cambie el genoma de las abejas.	27,3
c) Debe haber algo en la jalea real que cambia el fenotipo de las abejas.	54,5
d) Debe haber algo en la jalea real que provoca mutaciones en las abejas.	9,1

(* No se indican las respuestas nulas o no contestadas, por lo que en algunos casos los porcentajes totales difieren del 100%)

Actividad resumen (n=24)

Tabla 3. Porcentaje de alumnos por nivel de conocimiento.

Nivel	Concepto	%
0	No reconocen el papel de la epigenética en la situación planteada.	54,2
1	Los factores ambientales pueden modificar el fenotipo.	4,2
2	Existe una expresión diferencial de los genes, que implica cambios en el epigenoma.	25,0
3	Ocurren cambios moleculares como la adición de "marcas" al genoma, metilación o acetilación.	0,0
4	Los cambios epigenéticos son heredables.	16,7
5*	Los cambios epigenéticos implican una alteración de la estructura de la cromatina, manteniendo la secuencia del ADN inalterada.	0,0

* Un estudiante ubicado en un cierto nivel domina los niveles anteriores.

EPIGENETIKARI BURUZKO ESKU-HARTZEAREN TXOSTENA

Aurreko ideien testa: 1. Galdera

Taula 1: Erantzun zuzena edo konbinazio okerrak eman zituzten ikasleen ehunekoa

Batxillergoa	Herentziako informazioa + kromosoma + gen	Herentziako informazioa	Geneak edota kromosomak
Odol zelula	57,1	7,14	21,4
Obulua	85,7	7,14	7,1
Giharra	50,0	0,0	42,9
Hezurra	50,0	0,0	42,9
Aldaka protesia.	85,7	0,0	7,14
Lore petaloak	42,9	0,0	50,0
Bakterioa	7,1	0,0	28,6

Aurreko ideien testa: 2. - 6.galderak

Taula 2. Aukera bakoitza markatu zuten ikasleen ehunekoa, maila eta galderaka. Erantzun zuzena gorritz adierazten da.

	%*
2. Organismo baten zelula guztiak ADN sekuentzia berdina daukate?	
a) Bai, baina soilik ugalketa asexuala daukaten organismoen zelulak.	0,0
b) Ez, dagokion ehunaren arabera da.	21,4
c) Bai, zelula guztiak bakar batetik datoz, zigotoa.	57,1
d) Ez, gametoak sekuentziaren erdia daukate	21,4
3. Organismo baten zelula guztiak gene berdinak adierazten dituzte?	
a) Bai, guztiak informazio genetiko berdina daukatelako.	7,1
b) Ez, dagokion ehunaren arabera da.	71,4
c) Bai, guztiak organismo berberakoak direlako.	0,0
d) Zelula somatikoak bai; gametoak ordea, geneen erdia adieraziko dituzte.	21,4
4. Bi biki monozigotikoak informazio genetiko berdina daukate?	
a) Ez, banako baten informazio genetikoa bakarra eta errepika ezina da.	14,3
b) Ez, bikiak izan arren, anai-arrebak bezalako antza daukate.	7,1
c) Bai, aldi berean ama berdinatik jaio direlako.	7,1
d) Bai, zelula bakarreko mitosi zatiketatik etortzen dira, zigotoa.	71,4
5. Biki monozigotikoak beti gaixotasun berdinak jasaten dituzte?	
a) Bai, genetika bera daukatelako.	0,0
b) Gaixotasun infekziozkoak badira ez; gaixotasun genetikokoak, aldiz, bai.	21,4
c) Derrigorrean ez, zenbait gaixotasun beraien bizi moduaren arabera izango dira.	78,6
d) Bai, gaixotasun infekziozkoa izan arren, alde aurretik jasateko joera berdina daukate	0,0
6. Erle erreginak eta langileak emeak dira. Erreginak handiagoak dira eta ugaltzen ematen dute bizi osoa. Langileak aldiz, antzuak (esterilak) dira eta txikiagoak. Erreginak eta langileak genetikoki berdinak dira baina elikadura desberdina daramate. Erregina-jelerekin elikatutako larbak erreginak garatzen dira; elikadura arrunta eramaten duten larbak, bestalde, langile bezala garatuko dira. Nola azalduko zenuke gertakari hau? Zer azalpena dauka gertakari hau?	
a) Bat ere ez, genetikoki berdinak badira, biki monozigotikoak bezala, berdin-berdinak izan behar ziren.	0,0
b) Erregina-jelea erleen genomaren eragina dauka	28,6
c) Erregina-jelea eragina izan behar du erleen fenotipoa aldatzeko.	35,7
d) Erregina-jelea mutazioak eragin behar ditu erleengan.	21,4

(* baliogabeko erantzunak eta erantzun gabekoak ez dira erakusten. Hortaz, kasu batzuetan ez da %100a iristen)

Laburpen jarduera

Taula 3. Ezagutza maila bakoitzean kokatzen diren ikasleen ehunekoa.

Maila	Kontzeptua	4 DBH
0	Ez dute antzematen epigenetikaren rola, azaldu beharreko egoeran.	38,5
1	Ingurune-faktoreek fenotipoa alda dezakete.	15,4
2	Gene adierazpen bereizgarria gertatzen da; aldaketak epigenoman nahasten ditu.	30,8
3	Aldaketa molekularrak gertatzen dira. Adibidez, genomara "markak" eranstea; hots, metilazioa edo azetilazioa.	7,7
4	Aldaketa epigenetikoak heredagarriak dira.	7,7
5*	Aldaketa epigenetikoek kromatinaren egitura eraldatzen dute, ADNren egitura aldatu gabe.	0,0

**Eskalaren egituraren ondorioz, maila batean kokatutako ikasle batek maila hau eta aurreko maila guztiakin lotutako ezagutzak menperatzen ditu, nahiz eta bere erantzunean ez aipatu kontzeptu guztiak.*

EPIGENETIKARI BURUZKO ESKU-HARTZEAREN TXOSTENA

Aurreko ideien testa: 1. Galdera

Taula 1: Erantzun zuzena edo konbinazio okerrak eman zituzten ikasleen ehunekoa

DBH (15)	Herentziako informazioa + kromosoma + gen	Herentziako informazioa	Geneak edota kromosomak
Odol zelula	13,3	53,3	0
Obulua	40	0,0	46,7
Giharra	13,3	13,3	40
Hezurra	0,0	13,3	46,7
Aldaka protesia.	100,0	0,0	0,0
Lore petaloak	46,7	6,7	20,0
Bakterioa	13,3	6,7	26,7

Aurreko ideien testa: 2. - 6.galderak

Taula 2. Aukera bakoitza markatu zuten ikasleen ehunekoa, maila eta galderaka. Erantzun zuzena gorritz adierazten da.

	%*
2. Organismo baten zelula guztiak ADN sekuentzia berdina daukate?	
a) Bai, baina soilik ugalketa asexuala daukaten organismoen zelulak.	20,0
b) Ez, dagokion ehunaren arabera da.	20,0
c) Bai, zelula guztiak bakar batetik datoz, zigotoa.	40,0
d) Ez, gametoak sekuentziaren erdia daukate	20,0
3. Organismo baten zelula guztiak gene berdinak adierazten dituzte?	
a) Bai, guztiak informazio genetiko berdina daukatelako.	20,0
b) Ez, dagokion ehunaren arabera da.	33,3
c) Bai, guztiak organismo berberakoak direlako.	13,3
d) Zelula somatikoak bai; gametoak ordea, geneen erdia adieraziko dituzte.	33,3
4. Bi biki monozigotikoak informazio genetiko berdina daukate?	
a) Ez, banako baten informazio genetikoa bakarra eta errepika ezina da.	13,3
b) Ez, bikiak izan arren, anai-arrebak bezalako antza daukate.	0,0
c) Bai, aldi berean ama berdinatik jaio direlako.	13,3
d) Bai, zelula bakarreko mitosi zatiketatik etortzen dira, zigotoa.	73,3
5. Biki monozigotikoak beti gaixotasun berdinak jasaten dituzte?	
a) Bai, genetika bera daukatelako.	0,0
b) Gaixotasun infekziozkoak badira ez; gaixotasun genetikoak, aldez, bai.	33,3
c) Derrigorrean ez, zenbait gaixotasun beraien bizi moduaren arabera izango dira.	66,7
d) Bai, gaixotasun infekziozkoak izan arren, alde aurretik jasateko joera berdina daukate	0,0
6. Erle erreginak eta langileak emeak dira. Erreginak handiagoak dira eta ugaltzen ematen dute bizi osoa. Langileak aldiz, antzuak (esterilak) dira eta txikiagoak. Erreginak eta langileak genetikoki berdinak dira baina elikadura desberdina daramate. Erregina-jelerekin elikatutako larbak erreginak garatzen dira; elikadura arrunta eramaten duten larbak, bestalde, langile bezala garatuko dira. Nola azalduko zenuke gertakari hau? Zer azalpena dauka gertakari hau?	
a) Bat ere ez, genetikoki berdinak badira, biki monozigotikoak bezala, berdin-berdinak izan behar ziren.	6,7
b) Erregina-jelea erleen genomaren eragina dauka	66,7
c) Erregina-jelea eragina izan behar du erleen fenotipoa aldatzeko.	20,0
d) Erregina-jelea mutazioak eragin behar ditu erleengan.	6,7

(* baliogabeko erantzunak eta erantzun gabekoak ez dira erakusten. Hortaz, kasu batzuetan ez da %100a iristen)

Laburpen jarduera

Taula 3. Ezagutza maila bakoitzean kokatzen diren ikasleen ehunekoa.

Maila	Kontzeptua	%
0	Ez dute antzematen epigenetikaren rola, azaldu beharreko egoeran.	53,3
1	Ingurune-faktoreek fenotipoa alda dezakete.	26,7
2	Gene adierazpen bereizgarria gertatzen da; aldaketak epigenoman nahasten ditu.	0,0
3	Aldaketa molekularrak gertatzen dira. Adibidez, genomara "markak" eranstea; hots, metilazioa edo azetilazioa.	0,0
4	Aldaketa epigenetikoak heredagarriak dira.	20,0
5*	Aldaketa epigenetikoek kromatinaren egitura eraldatzen dute, ADNren egitura aldatu gabe.	0,0

**Eskalaren egituraren ondorioz, maila batean kokatutako ikasle batek maila hau eta aurreko maila guztiekin lotutako ezagutzak menperatzen ditu, nahiz eta bere erantzunean ez aipatu kontzeptu guztiak.*

EPIGENETIKARI BURUZKO ESKU-HARTZEAREN TXOSTENA

Aurreko ideien testa: 1. Galdera

Taula 1: Erantzun zuzena edo konbinazio okerrak eman zituzten ikasleen ehunekoa

DBH (20)	Herentziako informazioa + kromosoma + gen	Herentziako informazioa	Geneak edota kromosomak
Odol zelula	15	25	15
Obulua	25	20	40
Giharra	0	20	40
Hezurra	5	15	40
Aldaka protesia.	35	10	40
Lore petaloak	5	10	60
Bakterioa	15	0	55

Batxillergoa (5)	Herentziako informazioa + kromosoma + gen	Herentziako informazioa	Geneak edota kromosomak
Odol zelula	60	20	20
Obulua	80	0	20
Giharra	0	0	60
Hezurra	0	0	80
Aldaka protesia.	100	0	0
Lore petaloak	20	0	60
Bakterioa	40	0	20

Aurreko ideien testa: 2. - 6.galderak

Taula 2. Aukera bakoitza markatu zuten ikasleen ehunekoa, maila eta galderaka. Erantzun zuzena gorritz adierazten da.

	4 DBH*	BATX
2. Organismo baten zelula guztiak ADN sekuentzia berdina daukate?		
a) Bai, baina soilik ugalketa asexuala daukaten organismoen zelulak.	15,8	60,0
b) Ez, dagokion ehunaren arabera da.	42,1	0,0
c) Bai, zelula guztiak bakar batetik datoz, zigotoa.	15,8	0,0
d) Ez, gametoak sekuentziaren erdia daukate	26,3	40,0
3. Organismo baten zelula guztiak gene berdina adierazten dituzte?		
a) Bai, guztiak informazio genetiko berdina daukatelako.	21,1	20,0
b) Ez, dagokion ehunaren arabera da.	10,5	0,0
c) Bai, guztiak organismo berberakoak direlako.	21,1	20,0
d) Zelula somatikoak bai; gametoak ordea, geneen erdia adieraziko dituzte.	47,4	60,0
4. Bi biki monozigotikoak informazio genetiko berdina daukate?		
a) Ez, banako baten informazio genetiko bakarra eta errepika ezina da.	26,3	0,0
b) Ez, bikiak izan arren, anai-arrebak bezalako antza daukate.	26,3	0,0
c) Bai, aldi berean ama berdinatik jaio direlako.	21,1	0,0
d) Bai, zelula bakarrek mitosi zatiketarik etortzen dira, zigotoa.	26,3	100,0
5. Biki monozigotikoak beti gaixotasun berdina jasaten dituzte?		
a) Bai, genetika bera daukatelako.	26,3	0,0
b) Gaixotasun infekziozoak badira ez; gaixotasun genetikoak, aldiz, bai.	15,8	0,0
c) Derrigorrean ez, zenbait gaixotasun beraien bizi moduaren arabera izango dira.	26,3	100,0
d) Bai, gaitxotasun infekziozoa izan arren, alde aurretik jasateko joera berdina daukate	26,3	0,0
6. Erle erreginak eta langileak emeak dira. Erreginak handiagoak dira eta ugaltzen ematen dute bizi osoa. Langileak aldiz, antzuak (esterilak) dira eta txikiagoak. Erreginak eta langileak genetikoki berdina dira baina elikadura desberdina daramate. Erregina-jelerekin elikatutako larbak erreginak garatzen dira; elikadura arrunta eramaten duten larbak, bestalde, langile bezala garatuko dira. Nola azalduko zenuke gertakari hau? Zer azalpena dauka gertakari hau?		
a) Bat ere ez, genetikoki berdina badira, biki monozigotikoak bezala, berdina berdina izan behar ziren.	5,3	0,0
b) Erregina-jelea erleen genomatik eragina dauka	47,4	0,0
c) Erregina-jelea eragina izan behar du erleen fenotipoa aldatzeko.	31,6	100,0
d) Erregina-jelea mutazioak eragin behar ditu erleengan.	10,5	0,0

(* baliogabeko erantzunak eta erantzun gabekoak ez dira erakusten. Hortaz, kasu batzuetan ez da %100ra iristen)

Laburpen jarduera

Taula 3. Ezagutza maila bakoitzean kokatzen diren ikasleen ehunekoa.

Maila	Kontzeptua	DBH 4	BATX
0	Ez dute antzematen epigenetikaren rola, azaldu beharreko egoeran.	64,7	33,3
1	Ingurune-faktoreek fenotipoa alda dezakete.	11,8	33,3
2	Gene adierazpen bereizgarria gertatzen da; aldaketak epigenoman nahasten ditu.	23,5	16,7
3	Aldaketa molekularrak gertatzen dira. Adibidez, genomara "markak" eranstea; hots, metilazioa edo azetilazioa.	0,0	16,7
4	Aldaketa epigenetikoak heredagarriak dira.	0,0	0,0
5	Aldaketa epigenetikoek kromatinaren egitura eraldatzen dute, ADNren egitura aldatu gabe.	0,0	0,0

Eskalaren egituraren ondorioz, maila batean kokatutako ikasle batek maila hau eta aurreko maila guztiekin lotutako ezagutzak menperatzen ditu, nahiz eta bere erantzunean ez aipatu kontzeptu guztiak.

EPIGENETIKARI BURUZKO ESKU-HARTZEAREN TXOSTENA

Aurreko ideien testa: 1. Galdera

Taula 1: Erantzun zuzena edo konbinazio okerrak eman zituzten ikasleen ehunekoa

DBH (17)	Herentziako informazioa + kromosoma + gen	Herentziako informazioa	Geneak edota kromosomak
Odol zelula	0	0	24
Obulua	100	0	0
Giharra	100	0	0
Hezurra	100	0	0
Aldaka protesia.	94	0	5.9
Lore petaloak	94	0	0
Bakterioa	94	0	0

Aurreko ideien testa: 2. - 6.galderak

1. **Taula.** Aukera bakoitza markatu zuten ikasleen ehunekoa, maila eta galderaka. Erantzun zuzena gorritz adierazten da.

	%*
2. Organismo baten zelula guztiak ADN sekuentzia berdina daukate?	
a) Bai, baina soilik ugalketa asexuala daukaten organismoen zelulak.	29.41
b) Ez, dagokion ehunaren arabera da.	5.88
c) Bai, zelula guztiak bakar batetik datoz, zigotoa.	47.06
d) Ez, gametoak sekuentziaren erdia daukate	17.65
3. Organismo baten zelula guztiak gene berdina adierazten dituzte?	
a) Bai, guztiak informazio genetiko berdina daukatelako.	5.88
b) Ez, dagokion ehunaren arabera da.	23.53
c) Bai, guztiak organismo berberakoak direlako.	5.88
d) Zelula somatikoak bai; gametoak ordea, geneen erdia adieraziko dituzte.	64.71
4. Bi biki monozigotikoak informazio genetiko berdina daukate?	
a) Ez, banako baten informazio genetiko bakarra eta errepika ezina da.	0
b) Ez, bikiak izan arren, anai-arrebak bezalako antza daukate.	0
c) Bai, aldi berean ama berdinatik jaio direlako.	0
d) Bai, zelula bakarreko mitosi zatiketarik etortzen dira, zigotoa.	100
5. Biki monozigotikoak beti gaixotasun berdina jasaten dituzte?	
a) Bai, genetika bera daukatelako.	0
b) Gaixotasun infekziozoak badira ez; gaixotasun genetikoak, aldiz, bai.	5.88
c) Derrigorrean ez, zenbait gaixotasun beraien bizi moduaren arabera izango dira.	88.24
d) Bai, gaitxotasun infekziozoa izan arren, alde aurretik jasateko joera berdina daukate	5.88
6. Erle erreginak eta langileak emeak dira. Erreginak handiagoak dira eta ugaltzen ematen dute bizi osoa. Langileak aldiz, antzuak (esterilak) dira eta txikiagoak. Erreginak eta langileak genetikoki berdina dira baina elikadura desberdina daramate. Erregina-jelerekin elikatutako larbak erreginak garatzen dira; elikadura arrunta eramaten duten larbak, bestalde, langile bezala garatuko dira. Nola azalduko zenuke gertakari hau? Zer azalpena dauka gertakari hau?	
a) Bat ere ez, genetikoki berdina badira, biki monozigotikoak bezala, berdina berdina izan behar ziren.	11.76
b) Erregina-jelea erleen genomatik eragina dauka	11.76
c) Erregina-jelea eragina izan behar du erleen fenotipoa aldatzeko.	76.47
d) Erregina-jelea mutazioak eragin behar ditu erleengan.	0.0

(* baliogabeko erantzunak eta erantzun gabekoak ez dira erakusten. Hortaz, kasu batzuetan ez da %100a iristen)

Laburpen jarduera

3. Taula. Ezagutza maila bakoitzean kokatzen diren ikasleen ehunekoa.

Maila	Kontzeptua	DBH 4
0	Ez dute antzematen epigenetikaren rola, azaldu beharreko egoeran.	29.4
1	Ingurune-faktoreek fenotipoa alda dezakete.	5.9
2	Gene adierazpen bereizgarria gertatzen da; aldaketak epigenoman nahasten ditu.	64.7
3	Aldaketa molekularrak gertatzen dira. Adibidez, genomara "markak" eranstea; hots, metilazioa edo azetilazioa.	0
4	Aldaketa epigenetikoak heredagarriak dira.	0
5*	Aldaketa epigenetikoek kromatinaren egitura eraldatzen dute, ADNren egitura aldatu gabe.	0

**Eskalaren egituraren ondorioz, maila batean kokatutako ikasle batek maila hau eta aurreko maila guztiekin lotutako ezagutzak menperatzen ditu, nahiz eta bere erantzunean ez aipatu kontzeptu guztiak.*

EPIGENETIKARI BURUZKO ESKU-HARTZEAREN TXOSTENA

Aurreko ideien testa: 1. Galdera

Taula 1: Erantzun zuzena edo konbinazio okerrak eman zituzten ikasleen ehunekoa

DBH (15)	Herentziako informazioa + kromosoma + gen	Herentziako informazioa	Geneak edota kromosomak
Odol zelula	63,6	9,1	18,2
Obulua	68,2	0,0	18,2
Giharra	54,5	0,0	36,4
Hezurra	45,5	9,1	31,8
Aldaka protesia.	68,2	9,1	18,2
Lore petaloak	59,1	13,6	13,6
Bakterioa	31,8	0,0	31,8

Aurreko ideien testa: 2. - 6.galderak

Taula 2. Aukera bakoitza markatu zuten ikasleen ehunekoa, maila eta galderaka. Erantzun zuzena gorritz adierazten da.

	%*
2. Organismo baten zelula guztiak ADN sekuentzia berdina daukate?	
a) Bai, baina soilik ugalketa asexuala daukaten organismoen zelulak.	9,1
b) Ez, dagokion ehunaren arabera da.	13,6
c) Bai, zelula guztiak bakar batetik datoz, zigotoa.	31,8
d) Ez, gametoak sekuentziaren erdia daukate	45,5
3. Organismo baten zelula guztiak gene berdinak adierazten dituzte?	
a) Bai, guztiak informazio genetiko berdina daukatelako.	13,6
b) Ez, dagokion ehunaren arabera da.	63,6
c) Bai, guztiak organismo berberakoak direlako.	0,0
d) Zelula somatikoak bai; gametoak ordea, geneen erdia adieraziko dituzte.	22,7
4. Bi biki monozigotikoak informazio genetiko berdina daukate?	
a) Ez, banako baten informazio genetikoa bakarra eta errepika ezina da.	27,3
b) Ez, bikiak izan arren, anai-arrebak bezalako antza daukate.	18,2
c) Bai, aldi berean ama berdinatik jaio direlako.	0,0
d) Bai, zelula bakarreko mitosi zatiketarik etortzen dira, zigotoa.	54,5
5. Biki monozigotikoak beti gaixotasun berdinak jasaten dituzte?	
a) Bai, genetika bera daukatelako.	0,0
b) Gaixotasun infekziozkoak badira ez; gaixotasun genetikokoak, aldiz, bai.	18,2
c) Derrigorrean ez, zenbait gaixotasun beraien bizi moduaren arabera izango dira.	77,3
d) Bai, gaitxotasun infekziozkoa izan arren, alde aurretik jasateko joera berdina daukate	4,5
6. Erle erreginak eta langileak emeak dira. Erreginak handiagoak dira eta ugaltzen ematen dute bizi osoa. Langileak aldiz, antzuak (esterilak) dira eta txikiagoak. Erreginak eta langileak genetikoki berdinak dira baina elikadura desberdina daramate. Erregina-jelerekin elikatutako larbak erreginak garatzen dira; elikadura arrunta eramaten duten larbak, bestalde, langile bezala garatuko dira. Nola azalduko zenuke gertakari hau? Zer azalpena dauka gertakari hau?	
a) Bat ere ez, genetikoki berdinak badira, biki monozigotikoak bezala, berdin-berdinak izan behar ziren.	18,2
b) Erregina-jelea erleen genomaren eragina dauka	27,3
c) Erregina-jelea eragina izan behar du erleen fenotipoa aldatzeko.	27,3
d) Erregina-jelea mutazioak eragin behar ditu erleengan.	27,3

(* baliogabeko erantzunak eta erantzun gabekoak ez dira erakusten. Hortaz, kasu batzuetan ez da %100a iristen)

Laburpen jarduera

Taula 3. Ezagutza maila bakoitzean kokatzen diren ikasleen ehunekoa.

Maila	Kontzeptua	%
0	Ez dute antzematen epigenetikaren rola, azaldu beharreko egoeran.	63,6
1	Ingurune-faktoreek fenotipoa alda dezakete.	9,1
2	Gene adierazpen bereizgarria gertatzen da; aldaketak epigenoman nahasten ditu.	18,2
3	Aldaketa molekularrak gertatzen dira. Adibidez, genomara "markak" eranstea; hots, metilazioa edo azetilazioa.	0,0
4	Aldaketa epigenetikoak heredagarriak dira.	9,1
5*	Aldaketa epigenetikoek kromatinaren egitura eraldatzen dute, ADNren egitura aldatu gabe.	0,0

**Eskalaren egituraren ondorioz, maila batean kokatutako ikasle batek maila hau eta aurreko maila guztiekin lotutako ezagutzak menperatzen ditu, nahiz eta bere erantzunean ez aipatu kontzeptu guztiak.*

EPIGENETIKARI BURUZKO ESKU-HARTZEAREN TXOSTENA

Aurreko ideien testa: 1. Galdera

Taula 1: Erantzun zuzena edo konbinazio okerrak eman zituzten ikasleen ehunekoa

DBH (15)	Herentziako informazioa + kromosoma + gen	Herentziako informazioa	Geneak edota kromosomak
Odol zelula	0,0	27,7	48,9
Obulua	14,9	36,2	40,4
Giharra	0,0	12,8	80,9
Hezurra	0,0	17,0	70,2
Aldaka protesia.	21,3	14,9	59,6
Lore petaloak	4,26	42,6	48,9
Bakterioa	8,5	12,8	68,1

Batxillergoa	Herentziako informazioa + kromosoma + gen	Herentziako informazioa	Geneak edota kromosomak
Odol zelula	90	0	0
Obulua	100	0	0
Giharra	100	0	0
Hezurra	100	0	0
Aldaka protesia.	100	0	0
Lore petaloak	100	0	0
Bakterioa	50	0	0

Aurreko ideien testa: 2. - 6.galderak

Taula 2. Aukera bakoitza markatu zuten ikasleen ehunekoa, maila eta galderaka. Erantzun zuzena gorritz adierazten da.

	4 DBH*	BATX
2. Organismo baten zelula guztiak ADN sekuentzia berdina daukate?		
a) Bai, baina soilik ugalketa asexuala daukaten organismoen zelulak.	21,3	10,0
b) Ez, dagokion ehunaren araberakoa da.	25,5	0,0
c) Bai, zelula guztiak bakar batetik datoz, zigotoa.	29,8	90,0
d) Ez, gametoak sekuentziaren erdia daukate	23,4	0,0
3. Organismo baten zelula guztiak gene berdinak adierazten dituzte?		
a) Bai, guztiak informazio genetiko berdina daukatelako.	23,4	10,0
b) Ez, dagokion ehunaren araberakoa da.	27,7	70,0
c) Bai, guztiak organismo berberakoak direlako.	12,8	0,0
d) Zelula somatikoak bai; gametoak ordea, geneen erdiak adieraziko dituzte.	36,2	20,0
4. Bi biki monozigotikoak informazio genetiko berdina daukate?		
a) Ez, banako baten informazio genetiko bakarra eta errepika ezina da.	29,8	30,0
b) Ez, bikiak izan arren, anai-arrebak bezalako antza daukate.	0,0	20,0
c) Bai, aldi berean ama berdinatik jaio direlako.	25,5	0,0
d) Bai, zelula bakarreko mitosi zatiketatik etortzen dira, zigotoa.	42,6	50,0
5. Biki monozigotikoak beti gaixotasun berdinak jasaten dituzte?		
a) Bai, genetika bera daukatelako.	10,6	0,0
b) Gaixotasun infekziozkoak badira ez; gaixotasun genetikoak, aldiz, bai.	42,6	50,0
c) Derrigorrean ez, zenbait gaixotasun beraien bizi moduaren araberakoak izango dira.	44,7	50,0
d) Bai, gaitxotasun infekziozkoa izan arren, aldeztatik jasateko joera berdina daukate	2,1	0,0
6. Erle erreginak eta langileak emeak dira. Erreginak handiagoak dira eta ugaltzen ematen dute bizi osoa. Langileak aldiz, antzuak (esterilak) dira eta txikiagoak. Erreginak eta langileak genetikoki berdinak dira baina elikadura desberdina daramate. Erregina-jelerekin elikatutako larbak erreginak garatzen dira; elikadura arrunta eramaten duten larbak, bestalde, langile bezala garatuko dira. Nola azalduko zenuke gertakari hau? Zer azalpena dauka gertakari hau?		
a) Bat ere ez, genetikoki berdinak badira, biki monozigotikoak bezala, berdina berdina izan behar ziren.	8,5	10,0
b) Erregina-jelea erleen genomaren eragina dauka	38,3	10,0
c) Erregina-jelea eragina izan behar du erleen fenotipoa aldatzeko.	42,6	50,0
d) Erregina-jelea mutazioak eragin behar ditu erleengan.	10,6	0,0

(* baliogabeko erantzunak eta erantzun gabekoak ez dira erakusten. Hortaz, kasu batzuetan ez da %100ra iristen)

Laburpen jarduera

Taula 3. Ezagutza maila bakoitzean kokatzen diren ikasleen ehunekoa.

Maila	Kontzeptua	DBH 4	BATX
0	Ez dute antzematen epigenetikaren rola, azaldu beharreko egoeran.	51,5	10
1	Ingurune-faktoreek fenotipoa alda dezakete.	24,2	30
2	Gene adierazpen bereizgarria gertatzen da; aldaketak epigenoman nahasten ditu.	18,2	45
3	Aldaketa molekularrak gertatzen dira. Adibidez, genomara "markak" eranstea; hots, metilazioa edo azetilazioa.	6,1	5
4	Aldaketa epigenetikoak heredagarriak dira.	0,0	10
5*	Aldaketa epigenetikoek kromatinaren egitura eraldatzen dute, ADNren egitura aldatu gabe.	0,0	0

**Eskalaren egituraren ondorioz, maila batean kokatutako ikasle batek maila hau eta aurreko maila guztiakin lotutako ezagutzak menperatzen ditu, nahiz eta bere erantzunean ez aipatu kontzeptu guztiak.*