

Potencial didáctico de la filatelia para estudiar Genética Mendeliana

Educational potential of phylately to study Mendelian Genetics

DOI: 10.7203/DCES.40.19291

Rafael Navajas-Pérez

Universidad de Granada, rnavajas@ugr.es

ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-6147-3640>

RESUMEN: Los sellos son el reflejo fidedigno de la historia y la cultura de la humanidad con un potencial didáctico aún por explorar. Aquí presento una experiencia docente que usa todos los sellos postales emitidos en honor a Gregor Mendel y los pertenecientes a series postales en las que este aparece (un total de 56 piezas de 13 países). Se elaboró un cuestionario con el que estudiantes de una asignatura de Genética básica de 2º curso del Grado en Biología trabajaron de forma autónoma la unidad temática de Análisis Genético Mendeliano. A continuación, se llevó a cabo una sesión de refuerzo para solventar las carencias detectadas tras la corrección de dicha actividad. Finalmente, se evaluó la experiencia usando una prueba tipo test de respuesta múltiple. Cuando las calificaciones obtenidas se compararon con las obtenidas por estudiantes de los cuatro cursos académicos anteriores que no habían utilizado este recurso, se obtuvo un incremento medio del 2,8% en las calificaciones (82,8% de respuestas correctas).

PALABRAS CLAVE: Mendel, genética, herencia, ciencias biológicas, aprendizaje por descubrimiento

ABSTRACT: Stamps are a reliable reflection of human history and culture with a didactic potential yet to be explored. Here I present a teaching experience that uses all postage stamps issued to this date to honor the figure of Gregor Mendel and those belonging to postal series in which he is included (56 pieces from 13 countries). A questionnaire was developed with which students of the subject of Basic Genetics from the 2nd year of the Biology Degree worked autonomously on the thematic unit of Mendelian Genetic Analysis. Afterwards, a reinforcement session was performed to clarify the misconceptions or errors identified after the correction of this activity. Subsequently, the experience was evaluated by means of a multiple-choice test. When marks from this study were compared with those obtained by students from the four previous academic courses (who did the same test but did not use the philatelic material to prepare the unit), an average increase of 2.8% was detected in the marks (82.8% of correct answers).

KEYWORDS: Mendel, genetics, heredity, biological science, discovery learning

Fecha de recepción: diciembre de 2020

Fecha de aceptación: mayo de 2021

Gracias a mis estudiantes por colaborar en este trabajo y a los revisores anónimos que contribuyeron a la mejora del mismo.

1. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA

El sistema educativo español actual trata la herencia genética en la asignatura *Biología y Geología* de 4º de la ESO y, dos cursos después, en la asignatura *Biología* de 2º de Bachillerato. Los libros de texto consultados para este trabajo incluyen capítulos dedicados a los experimentos de Mendel (que implícitamente contienen las llamadas Leyes de Mendel), a las consecuencias de los mismos y las extensiones (o excepciones) descritas con posterioridad. Todos ellos enlazan los principios de la Genética Mendeliana con los conocimientos actuales en Genética Molecular y Biotecnología.

Sin embargo, a pesar de tratarse de un tema de gran actualidad y con el que el estudiante se encuentra familiarizado, diversos estudios apoyan la idea de que los aprendizajes sobre la herencia biológica son menos significativos de lo que cabría esperar y que el método tradicional de enseñanza dificulta el aprendizaje significativo (Banet y Ayuso, 1995; Íñiguez Porras y Puigcerver Oliván, 2013). En vista de la literatura existente, los problemas fundamentales que los estudiantes afrontan podrían englobarse en seis categorías: (1) ideas y conocimientos previos erróneos (Caballero Armenta, 2008), (2) problemas para diferenciar términos básicos (como por ejemplo cromosoma, gen o alelo; Albaladejo y Lucas, 1988; Collins y Stewart, 1989), (3) problemas conceptuales que impiden la completa comprensión del significado de las Leyes de Mendel (Hackling y Treagust, 1984; García Cruz 1990), la distinción entre dominancia y recesividad (Heim, 1991) o la posición de los alelos para un carácter en los cromosomas (Moll y Allen, 1987), (4) carencias en la comprensión de procesos biológicos importantes, como la reproducción vegetal (Caballero Armenta, 2008) o, más concretamente, la meiosis (Stewart, 1982; Brown, 1990), (5) dificultad en la comprensión de la base estadística de los experimentos de Mendel (Banet y Ayuso, 1995), y (6) el uso de algunos materiales o libros de texto, que reforzarían dichos errores (Cho et al., 1985).

Están surgiendo múltiples iniciativas innovadoras que pretenden acercar la genética mendeliana al alumnado desde diferentes prismas; la gamificación (Navajas-Pérez y Aznarte-Mellado, 2019), experiencias basadas en simulaciones (Garófalo et al., 2016) o mediante el desarrollo de modelos tridimensionales (Abreu de Andrade et al., 2011). El presente trabajo pretende aportar una nueva herramienta para la enseñanza de las Leyes de Mendel. Se basa en mi colección personal que incluye los 15 sellos de 13 países de África, Europa y Oceanía emitidos hasta la actualidad en honor al monje austriaco. Algunos pertenecen a series filatélicas de varias piezas, ascendiendo el número total de unidades presentadas a 56 (**Tabla 1** y **Figura 1**). Para una descripción detallada del material ver **Anexo I**.

Con el avance de las nuevas tecnologías, los sellos postales han quedado relegados a un uso testimonial. Han perdurado en el tiempo gracias al interés de millones de coleccionistas y a su digitalización, lo que permite una mayor visibilidad y accesibilidad (Hirwade y Nawlakhe, 2012). Los sellos son un reflejo fidedigno histórico y cultural, de la humanidad, en general, y de las singularidades de los distintos países, en particular. *Son pequeñas ventanas a la historia del mundo. [...] una celebración de los hitos de la humanidad y de los increíbles inventos que han cambiado la forma en la que vivimos en la actualidad* (Stamps in Schools). Su estudio cronológico permite trazar los hitos y las personalidades importantes en todos los ámbitos del conocimiento. La ciencia no es ajena a ello y tanto científicos relevantes como logros científicos de importancia son temática recurrente en la emisión de piezas postales (Palmer, 1991; Yardley, 2015).

TABLA 1. Listado de los 13 sellos emitidos legalmente en honor a Gregor Mendel y su código colnect.

País Emisor	Referencia en Colnect
Alemania	https://colnect.com/en/stamps/list/country/81-Germany_Federal_Republic/description/Mendel
Austria	https://colnect.com/en/stamps/list/country/14-Austria/year/1984/description/Mendel
Checoslovaquia	https://colnect.com/en/stamps/list/country/250-Czechoslovakia/description/Mendel
Ciudad del Vaticano	https://colnect.com/en/stamps/stamp/35900-Portrait_of_GJMendel_and_peas-Centenary_of_the_death_of_abbot_biologist_Gregor_y_JMendel-Vatican_City
Ciudad del Vaticano	https://colnect.com/en/stamps/stamp/35901-Portrait_of_GJMendel_and_peas-Centenary_of_the_death_of_abbot_biologist_Gregor_y_JMendel-Vatican_City
Danzig	https://colnect.com/en/stamps/stamp/212670-Gregor_Johann_Mendel-Portraits_of_Mendel_Koch_and_R%C3%B6ntgen-Free_City_of_Danzig
Islas Marshall	https://colnect.com/en/stamps/stamp/910029-Great_Scientists_of_the_World-Scientists-Marshall_Islands
Maldivas	https://colnect.com/en/stamps/stamp/708681-Gregor_Johann_Mendel_1822-1884_botanist-Scientists-Maldives
Portugal	https://colnect.com/en/stamps/stamp/570488-Gregor_Johann_Mendel_1822-1884-Discovery_of_the_Laws_of_Heredity-Portugal
Portugal	https://colnect.com/en/stamps/stamp/570489-Gregor_Johann_Mendel_1822-1884-Discovery_of_the_Laws_of_Heredity-Portugal
República Checa	https://colnect.com/en/stamps/list/country/57-Czech_Republic/year/2012/description/Mendel
Transkei	https://colnect.com/en/stamps/stamp/415383-Gregor_Mendel-Transkei-South_Africa_Homelands
Uganda	https://colnect.com/en/stamps/stamp/892039-Millennium_1900-2000-Millennium_2000-Uganda

Fuente: elaboración propia

Por sus características (potente estímulo visual, facilidad de manejo y reproducción, amplia gama temática), la filatelia tiene un gran potencial en educación. Existen múltiples ejemplos que ilustran su empleo en la enseñanza de materias concretas en distintos niveles educativos. Tal vez aquéllas con implicaciones más claras sean la geografía (el sello en sí es una representación de un país concreto, lo que permite trabajar aspectos demográficos, geográficos y paisajísticos), la historia (devenir político de los países, sus gobernantes y su importancia histórica en el contexto global), la lengua (nombre de los países, moneda e inscripciones en los distintos idiomas) y el arte (diseños, dibujos y fotografías de múltiples técnicas y temáticas) (Zagkotas y Niaoustas, 2019). No obstante, existen, también, iniciativas para la enseñanza de otras materias tan diversas como la pediatría (Senanayake, 1997), la nutrición (Bandyopadhyay, 2017), la química (García-Martínez y Salas Peregrín, 2007) o la medicina (Zhdanov et al., 2010). El campo de la Genética ha sido protagonista frecuente de la emisión de series postales a nivel mundial (Pearn, 1981; Tan y Brown, 2006; Zhdanov et al., 2010).

FIGURA 1. Sellos a escala 1:1 dedicados a Mendel emitidos por: (A) Danzig, (B) Las Maldivas, (C) Uganda, (D) Islas Marshall, (E) República Checa, (F) Checoslovaquia, (G, H) Portugal, (I) Transkei, (J) Alemania, (K, L) Ciudad del Vaticano y (M) Austria.



Fuente: elaboración propia

En España (Abad Suárez, 2016), Italia (*Filatelia e Scuola*) o Reino Unido (*Stamps in School*), por citar algunos ejemplos, existen iniciativas educativas asociadas al uso de sellos postales. A pesar de lo dicho, aún faltan trabajos relacionados con lo que podríamos llamar *filatelia educativa* y el potencial de los sellos en las aulas es un terreno por explorar. Este artículo pretende contribuir a llenar este hueco.

2. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

En este apartado, propongo una actividad didáctica para trabajar (preferiblemente como introducción al tema, pero también como repaso final del mismo) la Unidad Temática Herencia Genética y Mendelismo. Es un cuestionario que, con las adaptaciones oportunas, puede trabajarse tanto con estudiantes de 4º de la ESO, como de 2º de Bachillerato y en los Grados en cuyos programas figure la Genética Mendeliana. Considero que los sellos aportan un formato novedoso, asequible y sencillo de conseguir y reproducir, pudiéndose distribuir entre los estudiantes en formato digital.

Las preguntas del cuestionario (**Figura 2**) están diseñadas para abordar, usando un enfoque distinto, los principales problemas para la enseñanza de la herencia descritos en el capítulo de Introducción. Estos problemas pueden resumirse en, relacionados con: (1) ideas previas [IP], (2) términos básicos [TB], (3) conceptos básicos [CB], (4) significado biológico [SB], (5) base estadística [BE] y (6) material didáctico [MD]. Delante de cada enunciado, entre corchetes, se indica el problema

principal que trata de abordar cada pregunta. Al final del mismo destaco brevemente qué aspectos conceptuales se pueden trabajar con cada una de las cuestiones.

Las cuestiones 1 y 2 tratan de despertar el interés del estudiante hacia la figura de Gregor Mendel. Es importante que dediquen tiempo a investigar las partes más destacables de su vida, la cronología de acontecimientos más relevantes, la época histórica en que vivió pero, sobre todo, su contexto y la importancia de su figura para la Genética. Así mismo, se presenta el material de estudio y se introduce alguna curiosidad como la alusión al retrato de la fucsia (ver **Anexo I**).

Las cuestiones 3 y 4 permiten trabajar más en detalle el material vegetal usado por Mendel en sus experimentos, esto es, las distintas razas de guisante y sus variantes fenotípicas, así como los conceptos de rasgo o carácter, genotipo, fenotipo, dominancia y recesividad.

Las preguntas 5 y 6 han sido diseñadas para trabajar la realización de cruzamientos monohíbridos y los cruzamientos entre híbridos y la naturaleza particulada de la herencia por medio de la Primera y Segunda Ley de Mendel y la influencia de la reproducción sexual y la meiosis en este hecho. Trabajamos, por tanto, una serie de conceptos como raza pura/homocigoto, híbrido/heterocigoto, alelo, generación parental/filial, gameto, diploide (2n)/haploide (n), tejido germinal/somático. Además, esta parte del cuestionario permite aprender las bases de la notación genética.

La pregunta 7 trabaja la independencia de los rasgos contenida en la Tercera Ley de Mendel. El estudiante se familiarizará con los cruzamientos dihíbridos, el uso de los cuadros de Punnett y, sobre todo, comprenderá el concepto de ligamiento genético.

La pregunta 8 evalúa la capacidad para resolver de forma práctica cuestiones relacionadas con las proporciones fenotípicas e introducir el uso de pedigríes para representar la distribución de un rasgo familiar.

La pregunta 9 relaciona a Mendel con el posterior descubrimiento del ADN. Con este sello podemos introducir la estructura en doble hélice de una molécula de ADN y su replicación. Trabajamos los conceptos de doble hélice, hebra (líder y retrasada), cadena de ADN y fragmentos de Okazaki.

La pregunta 10 pone en contexto a Mendel y a otras figuras relevantes en el desarrollo de teorías evolutivas. Trabajamos el significado de la selección natural en contraposición a la mutación adaptativa y la herencia de caracteres adquiridos o el método de clasificación dicotómica y su relevancia para la clasificación de los distintos organismos.

FIGURA 2. Cuestionario diseñado en base a la colección filatélica dedicada a Gregor Mendel.

UNIDAD DIDÁCTICA | HERENCIA GENÉTICA, MENDELISMO
Material de Repaso | Ejercicios de Refuerzo | Material de Introducción al Tema

1.- [IP], [TB], [MD] Observa los siguientes sellos dedicados a la figura de Gregor Mendel. Haz una búsqueda bibliográfica sobre su vida y sus logros más significativos en relación al campo de la Genética.



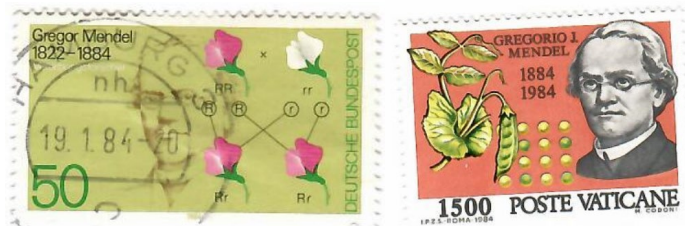
2.- [IP], [TB], [MD] Una curiosidad: en algunos de sus retratos, Mendel aparece inspeccionando un ramillete de flores. Es por eso que algunas reproducciones como las que se muestran a continuación imitan esta costumbre.



Investiga y responde:

- ¿Qué material vegetal empleó Mendel para sus estudios?
- ¿Qué incongruencia detectas en los sellos propuestos?

3.- [IP], [TB], [CB], [MD] Observa los siguientes sellos e indica:



- ¿Qué rasgos o características puedes distinguir?
- Para cada rasgo, indica los diferentes fenotipos observados.

4.- [IP], [TB], [CB], [MD] Utiliza la lista que acabas de hacer para los caracteres que estudió Mendel e indica qué variantes fenotípicas son dominantes y cuáles son recesivas.

5.- [TB], [CB], [SB], [BE], [MD] En la siguiente ilustración se muestran dos cruzamientos para guisantes con distinto fenotipo (verde y amarillo). Obsévala detenidamente y contesta a las siguientes preguntas:



- ¿Cómo se denomina el primer cruzamiento? ¿En qué consiste? ¿Con qué Ley de Mendel se relaciona?
- ¿Cómo se denomina el segundo cruzamiento? ¿En qué consiste? ¿Con qué Ley de Mendel se relaciona?
- Describe la nomenclatura empleada para representar cada genotipo.
- Asigna genotipos a cada una de las flores de la siguiente ilustración teniendo en cuenta su fenotipo y el tipo de cruzamiento de que se trate.



- Haz lo mismo para estos cruzamientos entre individuos con distintos color de guisante de la siguiente imagen.



6.- [TB], [CB], [SB], [BE], [MD] La siguiente ilustración muestra un cruzamiento entre dos razas puras que difieren en el color de la flor. Responde a las siguientes preguntas:



- ¿A qué corresponden las letras R y r encerradas en un círculo? ¿Por qué usamos una sola letra? ¿Por qué para los genotipos RR , Rr , rr usamos dos letras? ¿Qué sentido tiene que esto sea así?
- ¿Con qué proceso biológico podrías relacionarlas? ¿Para qué sirve?

7.- [CB], [SB], [BE] Selecciona dos de los rasgos utilizados por Mendel, diseña un experimento en el que se crucen dos dihíbridos (diheterocigotos) y analiza los resultados obtenidos.

- ¿Cómo se denomina el cruzamiento que da lugar a una descendencia 100% dihíbrida?
- ¿Qué proporciones fenotípicas observas tras un cruzamiento entre dihíbridos? ¿Con qué Ley de Mendel se relaciona?

8.- [SB], [BE] Descubre el error. Observa las ilustraciones responde a las cuestiones:

- El siguiente sello muestra un grupo de guisantes que se corresponden con la descendencia de un cruzamiento entre individuos heterocigóticos. ¿Es correcta la ilustración? ¿Qué harías para mejorarla?



- El siguiente sello muestra un pedigrí. ¿Es correcto? ¿Qué harías para mejorarlo? ¿Identifica los elementos básicos de un pedigrí?

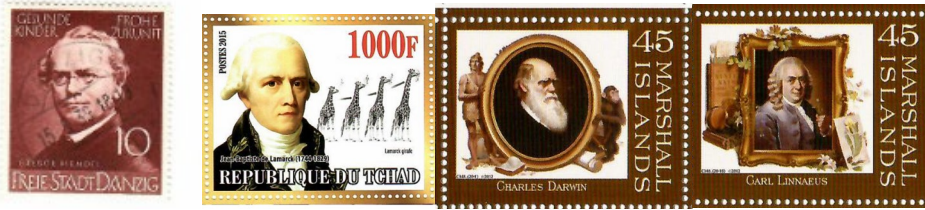


9.- [CB], [SB] Antes de que un núcleo entre en división, la cromatina ha de dividirse. Observa el diseño de la siguiente figura y responde:



- ¿Qué representa doble hélice que aparece en este sello? ¿Es correcto el modelo que propone? ¿Podrías introducir alguna información adicional?
- ¿Qué relación existe entre Mendel y el ADN?

10.- [SB], [MD] Relaciona cada uno de los personajes que aparecen en los sellos indicados con uno de los conceptos de la lista y razona brevemente tu respuesta:



- I. Leyes de la herencia.
- II. Selección natural
- III. Clasificación dicotómica de las especies
- IV. Herencia de rasgos adquiridos

Fuente: elaboración propia

3. APLICACIÓN EN EL AULA Y RESULTADO DE UNA EXPERIENCIA PILOTO

Una experiencia piloto fue llevada a cabo en estudiantes de la asignatura *Genética I: de los genes a las poblaciones* del 2º curso del Grado en Biología de la Universidad de Granada. El total de participantes ascendió a 56. El cuestionario de la **Figura 2** fue utilizado como herramienta introductoria de la unidad didáctica de Análisis Genético Mendeliano. Los estudiantes trabajaron el tema de forma autónoma utilizando dicho cuestionario como referencia. Se les permitió una semana para su elaboración. La entrega se realizó a través de la plataforma virtual de apoyo a la docencia. Tras la corrección de la actividad por parte del profesor, tuvo lugar una sesión para matizar y reforzar los aspectos para los que se detectaron problemas. Por último, se llevó a cabo una evaluación final de la experiencia usando una prueba tipo test de respuesta múltiple.

La **Tabla 2** muestra los resultados obtenidos de la evaluación de la actividad usando una rúbrica diseñada a tal efecto (**Anexo II**). En general, las respuestas aportadas por los estudiantes obtuvieron la calificación de mejorable (8 preguntas de 10), obteniendo las dos preguntas restantes la calificación de insuficiente y excelente, respectivamente. Esta primera evaluación fue la base para detectar las carencias del estudiantado y el posterior diseño de la sesión de refuerzo. En concreto, las carencias detectadas pueden resumirse de la siguiente manera:

- *Ideas previas y material didáctico:* en líneas generales, el estudiante conoce la figura de Gregor Mendel y su importancia. Asume, imprecisamente, que el guisante fue su único material de estudio pero no aporta detalles y particularidades de las variedades usadas. Además, no identifica correctamente todos los rasgos estudiados por Mendel y se limita a identificar los que de forma más evidente aparecen en el diseño de los sellos. Raramente, menciona otros materiales de estudio. Tiene dificultades para contextualizar históricamente sus investigaciones. Muestra fuerte tendencia a mantener ciertas ideas previas [IP] que son imprecisas. Así, por ejemplo, la totalidad de los estudiantes, o no menciona, o explicita que Mendel enunció y redactó sus leyes (cuando, en realidad, fueron enunciadas por T.H. Morgan en 1916). Otro error frecuente, es el de considerar el color de la flor como uno de los rasgos que Mendel analizó. Éste, probablemente, procede de la consulta de material didáctico [MD] (que, en la mayor parte de los casos, incluye esta imprecisión) sin contrastar con la fuente original (Mendel, 1866). Por norma general, conoce el nombre de otras figuras importantes en el campo de la evolución.
- *Términos y conceptos:* en relación a aspectos terminológicos y conceptuales, el estudiante suele utilizar correctamente los términos básicos [TB] (homocigoto, heterocigoto, dominante, recesivo, gameto,...), si bien se detectan algunos problemas en la comprensión de conceptos básicos [CB] relacionados. Así, es frecuente la confusión entre los términos gen y alelo (por ejemplo, son comunes expresiones del tipo *gen dominante*, *gen recesivo*) o rasgo/carácter y

fenotipo (otro ejemplo erróneo recurrente en los informes entregados es la mención a la *ley de la segregación de caracteres*).

- *Significado biológico*: en cuanto al significado biológico [SB] de los procesos asociados al mendelismo, el estudiante identifica la meiosis como un mecanismo crucial para la generación de variabilidad y el mantenimiento del nivel de ploidía a lo largo de las generaciones. Asimismo, identifica el modelo semiconservativo de la replicación del ADN, aunque no menciona aspectos más específicos procedentes de estudios moleculares.
- *Aplicación práctica*: el estudiante muestra cierta destreza en la aplicación práctica de los conceptos teóricos. Sabe interpretar la simbología elemental de un pedigrí y usa correctamente la forma de notación genética más básica. Además, posee base estadística suficiente [BE] para la resolución de problemas Genética Mendeliana, reflejando correctamente las proporciones más comunes obtenidas a partir de cruzamientos monohíbridos y sucesivos (1:2:1, 3:1) y a partir de cruzamientos dihíbridos y sucesivos (9:3:3:1). Además, suele emplear correctamente los cuadros de Punnett.

TABLA 2. Resultados obtenidos tras la evaluación del recurso propuesto utilizando la rúbrica. Se indica el número de la pregunta, la media de las puntuaciones, la mediana y la desviación estándar. Además, se muestra el porcentaje de plagio observado tras someter los trabajos a una prueba de verificación con Turnitin. Nota: 1: Insuficiente, 2: Mejorable, 3: Satisfactorio, 4: Excelente.

# Pregunta	Media	Mediana	Desviación Estándar
1	1,82	2	0,74
2	1,52	1	0,67
3	2,1	2	0,45
4	2,15	2	0,45
5	2,42	2	0,67
6	2,06	2	0,54
7	1,9	2	0,57
8	1,98	2	0,78
9	1,67	2	0,76
10	2,77	3	0,92
% Plagio	14,6	10,5	11,39

Fuente: elaboración propia

Con objeto de comprobar si las medidas correctoras habían tenido efecto y para aportar robustez a la validación, se realizó una prueba tipo test a través de la aplicación web *Kahoot* (kahoot.com) (**Anexo III**). En ella los estudiantes obtuvieron un 82,23% de respuestas correctas. En detalle, cuando fueron preguntados sobre cuestiones terminológicas o conceptuales (6 preguntas), se obtuvo un 85,42% de respuestas correctas. Cuando las cuestiones estaban encaminadas a explorar la capacidad del estudiante para aplicar en la práctica los conocimientos teóricos adquiridos (6 preguntas) el 85,12% de las respuestas fueron correctas. El 75,92% de las preguntas relacionadas directamente con la base estadística de la Genética Mendeliana (6 preguntas) fueron correctas. Por último, se observó un 79,46% de respuestas correctas cuando se cuestionaba al estudiante sobre aspectos básicos en relación a conocimientos previos (2 preguntas).

Los resultados obtenidos a partir de este estudio fueron comparados con los datos recogidos para cuatro muestras semejantes en tamaño (63, 52, 56 y 50 sujetos), correspondientes a estudiantes de la misma asignatura, pertenecientes a los cuatro cursos académicos anteriores (del 2016-2017 al 2019-2020) y que fueron sometidos a la misma batería de preguntas. La única diferencia estribó en

que los estudiantes de los cursos anteriores no utilizaron el recurso aquí presentado para preparar el tema de forma autónoma. El porcentaje de respuestas correctas obtenidas por los estudiantes de cada curso se muestra en la **Tabla 3**. Es destacable que aquéllos que utilizaron el recurso filatélico obtuvieron las calificaciones más altas. Para testar si el material objeto de estudio ha tenido una influencia estadísticamente significativa en las calificaciones, se llevó a cabo un análisis de varianza factorial ANOVA. Para ello se dividió a los estudiantes por curso académico y se compararon las notas medias obtenidas en cada caso. El valor de F experimental obtenido (1,52) fue menor que el valor de F teórico (2,40), para un nivel de significancia del 0,05, por lo que puede concluirse que no existen diferencias significativas entre las calificaciones obtenidas por los estudiantes en los distintos cursos.

TABLA 3. Porcentaje de respuestas correctas obtenidas tras la prueba tipo test por estudiantes durante el curso académico 2020-2021, que usaron el material filatélico para trabajar autónomamente el tema, y comparación con estudiantes de los cuatro cursos académicos precedentes, que no lo usaron (TEST 1) y porcentaje de respuestas correctas obtenido en otras tres pruebas tipo test (TEST 2, TEST 3 y TEST 4) llevadas a cabo en condiciones similares por todos los grupos. Nota: cada pregunta tenía un límite de tiempo similar para ser contestada y el informe final obtenido de la aplicación web contempló únicamente dos categorías: la de preguntas correctas y la de preguntas incorrectas. Éstas últimas incluyen fallos y preguntas no contestadas.

Curso	TEST 1	TEST 2	TEST 3	TEST 4
2020-2021	82,2% (este estudio)	77,87%	91,67%	74,35%
2019-2020	77,8%	75,30%	72,45%	77,20%
2018-2019	82,1%	77,32%	72,68%	75,69%
2017-2018	78,8%	78,46%	71,86%	72,81%
2016-2017	78,8%	79,47%	78,45%	77,20%

Fuente: elaboración propia

Para descartar que las características intrínsecas de cada curso estuvieran distorsionando las diferencias observadas en las calificaciones obtenidas, se compararon las puntuaciones obtenidas en otras tres pruebas tipo test realizadas en condiciones similares por la totalidad de la muestra y que versaban, también, sobre temas de Genética General: Teoría Cromosómica de la Herencia, Extensiones del Mendelismo y Bases Moleculares de la Herencia (**Tabla 3**). Tras un análisis de ANOVA, no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas ni entre las notas medias de los distintos cursos ($F_{\text{exp}} 1,01$ vs $F_{\text{teór}} 3,84$), ni entre las notas medias obtenidas cuando se comparaban las distintas pruebas ($F_{\text{exp}} 0,29$ vs $F_{\text{teór}} 4,46$) para un valor de significación de 0,05, por lo que se puede concluir que tanto los grupos como las pruebas constituían muestras homogéneas y comparables entre sí.

En resumen y, de acuerdo con lo aquí expuesto, la actividad basada en un material filatélico temático tendría un potencial didáctico prometedor. Es destacable que los estudiantes sometidos a la experiencia obtuvieron calificaciones altas (con únicamente 17,8% de media de preguntas no contestadas o erróneas). Aunque no de forma estadísticamente significativa, fueron las más altas en comparación con los estudiantes de cuatro cursos anteriores (incremento medio del 2,8%), cuyas características eran comparables. Además, a diferencia de la muestra control, los estudiantes objeto de estudio trabajaron el tema de forma completamente autónoma y usando un material innovador, cuyo uso en las aulas es aún muy limitado. Todo esto supone una oportunidad excelente de seguir introduciendo en este material modificaciones y mejoras que contribuyan a acrecentar el rendimiento del estudiantado en la adquisición de conceptos relacionados con la Genética Mendeliana, así como un aprendizaje más ameno y significativo. Este hecho será fruto de próximas investigaciones.

Para finalizar, me gustaría destacar que la colección aquí presentada incluye sellos dedicados a una treintena de investigadores junto con una serie de hitos alcanzados por la ciencia. Tiene, por tanto, potencial para utilizarse como base de distintas actividades de carácter multidisciplinar relacionadas con los distintos campos de las ciencias experimentales. Esto, sin duda, contribuiría a poner en valor el efecto de la ciencia en nuestras vidas y a las personas que la han hecho posible (ver **Anexo I**).

Referencias

- Abad Suárez, M. E. (2016). Uniendo pasiones: Filatelia, TIC y Educación. En J.J. Jacinto Escola, M. Raposo-Rivas, A. P. Florêncio Aires y M. E. Martínez-Figueira (coord.), *Experiencias de investigación e intervención educativa con las TIC*. Procompal Publicaciones.
- Abreu de Andrade, V., Castello Branco da Cunha, K. M. y Vianna Barbosa, J. (2011). “Pajitex”: una propuesta de modelo didáctico para la enseñanza de ácidos nucleicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias Experimentales*, 8(1), 115-124. DOI: [10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.i1.11](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.i1.11)
- Albadalejo, C. y Lucas, A. M. (1988). Pupils meanings for mutation. *J. Biological Education*, 22(3), 215-219. DOI: [10.1080/00219266.1988.9654986](https://doi.org/10.1080/00219266.1988.9654986)
- Banet, E., y Ayuso, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 13(2), 137-153.
- Bandyopadhyay, M. (2017). Food and Nutritional Education through the World of Philately. *Journal of Agricultural Engineering and Food Technology*, 4(1), 71-74.
- Brown, C. R. (1990). Some misconceptions in meiosis shown by students responding to an advanced level practical examination question in biology. *J. Biological Education*, 24(3), 182-186. DOI: [10.1080/00219266.1990.9655138](https://doi.org/10.1080/00219266.1990.9655138)
- Caballero Armenta, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de Secundaria sobre conceptos básicos de Genética. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* 26(2), 227-244.
- Cho, H., Kahle, J. B., & Nordland, F.H. (1985). An investigation of high school Biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Education*, 69(5), 707-719. DOI: [10.1002/sce.3730690512](https://doi.org/10.1002/sce.3730690512)
- Collins, A., & Stewart, J. H. (1989). The knowledge structure of Mendelian Genetics. *The American Biology Teacher*, 51(3), 143-149. DOI: [10.2307/4448880](https://doi.org/10.2307/4448880)
- Filatelia e Scuola. Recuperado el 14 de septiembre 2020. <http://www.fsfi.it/filatelia-scuola/index.htm>
- García Cruz, C. M. (1990). Algunos errores conceptuales sobre genética derivados de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 8(2), 197-198.

- García-Martínez, J., y Salas Peregrín, J. M. (2007). La Química a través de sus sellos. Una revisión comparativa de la filatelia dedicada a Mendeléiev. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 1, 50-57.
- Garófalo, S. J., Chemes, L. B., y Alonso, M. (2016). Propuesta didáctica de enseñanza con simulaciones para estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 359-372. DOI: [10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.09](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.09)
- Hackling, M. W. y Treagust, D. (1984). Research data necessary for meaningful review of grade ten high school genetics curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(2), 197-209. DOI: [10.1002/tea.3660210210](https://doi.org/10.1002/tea.3660210210)
- Heim, W. G. (1991). What is a recessive allele? *The American Biology Teacher*, 53(2), 94-97.
- Hirwade, M. A. y Nawlakhe, U. A. (2012). Postage stamps and digital philately: Worldwide and Indian scenario. *The International Information & Library Review*, 44(1), 28-39. DOI: [10.1080/10572317.2012.10762912](https://doi.org/10.1080/10572317.2012.10762912)
- Iltis, H. (1932). *Life of Mendel*. Allen & Unwin.
- Íñiguez Porras, F. J. y Puigcerver Oliván, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 307-327. DOI: [10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2013.v10.i3.02](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2013.v10.i3.02)
- Margelony, R. T. (2016). Gregor Mendel and his fuchsias. Recuperado el 14 de septiembre de 2020. <https://www.fuchsiasinthecity.com/blog/files/mendel-and-his-fuchsias.php>
- Mendel, G. (1866). Versuche über Pflanzenhybriden. *Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn* IV, 3-47. DOI: [10.5962/bhl.title.61004](https://doi.org/10.5962/bhl.title.61004)
- Moll, M. B., & Allen, R. D. (1987). Student difficulties with Mendelian Genetics problems. *The American Biology Teacher*, 49(4), 229-233. DOI: [10.2307/4448497](https://doi.org/10.2307/4448497)
- Morgan, T. H. (1916). *A critique of the theory of evolution*. Princeton University Press. DOI: [10.5962/bhl.title.1259](https://doi.org/10.5962/bhl.title.1259)
- Navajas-Pérez, R. y Aznarte-Mellado, C. (2019). Mendelius: el juego de naipes para aprender las leyes de la herencia. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 96, 80-81.
- Palmer, W. P. (1991). Philately, Science Teaching and the History of Science. *Lab Talk*, 35(1), 30-31.
- Pearn, J. (1981). Philatelia genetica. *Pathology*, 13(1), 181. DOI: [10.1016/S0031-3025\(16\)38497-5](https://doi.org/10.1016/S0031-3025(16)38497-5)
- Senanayake, M. P. (1997). Paediatric philately. *Archives of Disease in Childhood*, 76, 287-288. DOI: [10.1136/adc.76.3.287](https://doi.org/10.1136/adc.76.3.287)
- Stamps in Schools. Recuperado el 14 de septiembre de 2020. <https://www.stampactive.co.uk/stamps-in-schools/>
- Stewart, J. H. (1982). Difficulties Experienced by High School Students when learning basic Mendelian Genetics. *The American Biology Teacher*, 44(2), 80-89. DOI: [10.2307/4447413](https://doi.org/10.2307/4447413)
- Tan, S. Y. y Brown, J. (2006). Medicine in Stamps Gregor Mendel (1822-1884): man of God and science. *Singapore Med J*, 47(1), 922.
- Yardley, C. B. (2015). Scientists on stamps. En *The representation of science and scientists on postage stamps. A science communication study* (pp. 175-224).
- Zhdanov, R. I., Cetinkaya, I. y Zhdanova, S. I. (2010). Stamping through scientific advances in medicine and genetics. *Journal of Medicine and Medical Sciences*, 1(3), 045-054.
- Zagkotas, V. y Niaoustas, G. (2019). Philately as a teaching aid through the implementation of a small-scale project in a Greek primary school. *Education*, 48(1), 12-21. DOI: [10.1080/03004279.2019.1566267](https://doi.org/10.1080/03004279.2019.1566267)

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Navajas-Pérez, R. (2021). Potencial didáctico de la filatelia para estudiar Genética Mendeliana. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 40, 97-120. DOI: [10.7203/DCES.40.19291](https://doi.org/10.7203/DCES.40.19291)

ANEXOS

ANEXO I

Los sellos presentados en este artículo pueden clasificarse en tres categorías fundamentales: (1) grandes científicos y miscelánea, (2) sellos conmemorativos del 100 y 150 aniversario de la publicación del artículo de Mendel y (3) sellos conmemorativos del centenario de su muerte. Además, he incluido una cuarta sección de sellos falsos, probablemente incompleta, que han ido apareciendo en el mercado. Todos los sellos han sido fotografiados con una cámara Canon 70D y los niveles de color y brillo y contraste ajustados con el software Photoshop (**Figuras 1, S1 y S2**). En ellos se reproducen, principalmente, tres retratos del monje agustino que, de acuerdo con el biógrafo oficial de Mendel (Iltis, 1932), serían: (1) la fotografía VI, probablemente la reproducción más icónica del busto de Mendel, también denominada la del *Mendel apuesto (handsome Mendel)*, (2) la fotografía V o el retrato de la fucsia (*fuchsia portrait*), detalle de Mendel examinando una flor de fucsia procedente de dos fotografías grupales de los monjes del convento de Santo Tomás de Brno (probablemente tomadas entre 1861 y 1864), en las que Mendel aparece en dicha actitud. Esta fotografía es foco de confusión frecuente, ya que en varias ocasiones, al reproducirla, se ha sustituido la flor de la fucsia por plantas de guisante (Margelony, 2016) y (3) el retrato IX o el retrato del alto prelado (*Great Prelate portrait*), pintura al óleo de Mendel sentado en una silla siendo ya abad de la Abadía de Santo Tomás de Brno.

- Grandes científicos y miscelánea:

La mayor parte de los sellos incluidos en esta categoría pertenecen a series que incluyen varias piezas y que rinden homenaje a un conjunto de científicos relevantes. Es el caso de los sellos emitidos por la Ciudad Libre de Danzig, la República de las Maldivas, Uganda y la República de las Islas Marshall. La categoría miscelánea queda para un sello emitido por la República Checa.

En 1939, la Ciudad Libre de Danzig produjo el primer sello emitido dedicado a la figura de Gregor Mendel (**Figura 1-A**). Tiene un valor facial de 10 peniques (unidad fraccionaria del florín de Danzig) y es una reproducción de la clásica fotografía VI sobre fondo ocre, acompañado de la inscripción (parte superior) *Gesunde kinder, frohe zukunft* (Niños sanos, futuro feliz, en alemán). Forma parte de un set de tres sellos que, a la postre, serían los últimos emitidos por este estado antes de la invasión de las tropas alemanas de Hitler (**Figura S1-A**).

En 1988, en Las Maldivas se emitió otro sello dedicado a Mendel. Se trata de una pieza multicolor, reproducción del retrato IX. En la pieza postal, se añade a la mano de Mendel un ramillete de flores cerradas de especie indeterminada que no está presente en el original (**Figura 1-B**). El sello tiene un valor facial de 4 rupias (esquina inferior izquierda), el nombre del país (franja superior) y las inscripciones Mendel (arriba a la derecha) y *genetic evolution* (evolución genética) (franja izquierda). Este sello pertenece a una serie dedicada a otros tres eminentes científicos pertenecientes a los campos de la Física, la Geometría y la Astronomía (**Figura 1-B**).

En 2000, Uganda emitió una pieza multicolor que reproduce libremente el retrato IX (**Figura 1-C**). Pueden leerse las inscripciones Gregor Mendel states the law of heredity 1866 (Gregor Mendel enuncia la ley de la herencia 1866), Millenium 2000 (nombre de la serie postal, abajo a la izquierda), así como el nombre del país y valor facial de 300 chelines (franja inferior). El fondo del sello representa un pedigrí. Éstos son representaciones familiares de la distribución de un rasgo. Es destacable el incorrecto uso que se observa en esta pieza de los distintos símbolos y la conexión entre los mismos, lo que puede ser utilizado en clase para reforzar el aprendizaje de esta herramienta genética. En breve, un pedigrí correcto utiliza círculos y cuadrados para representar individuos de sexo femenino y masculino, respectivamente, formas sólidas o vacías para representar presencia o ausencia del rasgo, respectivamente. Además, líneas horizontales que conectan dos individuos indican existencia de un cruzamiento, mientras que líneas verticales conectan una generación con la siguiente. Este sello pertenece a una serie conmemorativa titulada *2000 New Millennium - People and Events of Nineteenth Century (1850-1900)* en honor a cinco científicos y 12 eventos relevantes del siglo XIX (**Figura S1-C**).

FIGURA S1. Sellos dedicados a otros científicos que forman parte de series temáticas en las que, también, aparece Mendel. Todos a escala 1:2 (salvo (C) obtenido de <http://www.worldstampcatalogue.org>): Sellos emitidos por: (A) Danzig, (B) Las Maldivas, (C) Uganda, (D) Islas Marshall y (E) Transkei.



Fuente: elaboración propia

En 2012 la República de las Islas Marshall emitió un sello conmemorativo de la figura de Mendel, que aparece en una representación poco común, pintado al óleo con un marco rodeado de plantas de guisante, que aparecen como los elementos figurativos más representativos de su hito científico. Puede leerse, su nombre (franja inferior), junto con el nombre del país y el valor facial de 45 centavos (unidad fraccionaria del dólar americano, moneda oficial del país) (franja vertical derecha) (**Figura 1-D**). Este sello pertenece a un set de 20 sellos dedicados a los grandes científicos del mundo, titulada Great Scientists of the World (**Figura S1-D**).

Finalmente, también en 2012, aparece un sello de Mendel emitido por la República Checa con un valor facial de 20 coronas. Sobre un fondo blanco, esta pieza a tres tintas (verde, rojo y azul) muestra un grabado que reproduce la fotografía VI (centro derecha), pueden leerse las inscripciones Johann Gregor Mendel 1822-1884 (esquina superior izquierda), el nombre del país, Česká Republika (abajo) y el valor facial (centro). Sobre unas plantas de guisante, pueden apreciarse tanto un cruzamiento monohíbrido como un cruzamiento entre híbridos para el color del guisante (centro izquierda) (**Figura 1-F**).

- Conmemorando el aniversario de la publicación de sus artículos sobre herencia:

En 1965, 100 años después de la publicación de la obra fundacional de Mendel, Checoslovaquia emitió un sello conmemorativo (**Figura 1-E**). Su valor facial es de 60 hellers (centésima unidad de la corona checoslovaca). El sello es un grabado a dos tintas (azul y roja) de la fotografía VI sobre fondo blanco, así como con la presencia de una flor de fucsia y de una molécula de ADN replicándose. Tal y como se muestra, la replicación es semiconservativa, esto es, una hebra sirve de molde para la nueva hebra en formación, de tal forma que la nueva doble hélice cuenta con una hebra antigua y otra de nueva formación. Aspectos más específicos del proceso como la cadena líder y retrasada con los fragmentos de Okazaki no se encuentran presentes en el sello por ser éste anterior a la fecha de descubrimiento de las mismas. Además, pueden leerse las siguientes ilustraciones: Ceskoslovensko (Checoslovaquia) (parte superior), UNESCO (franja superior izquierda), G.J. Mendel, 1865-1965, Brno (esquina inferior derecha).

En 2015, Portugal emitió dos sellos conmemorativos del 150 aniversario de esta efeméride. Ambos presentan una estructura común: el valor facial 0,45€ y 1€ (arriba a la izquierda), la entidad emisora, Portugal Correios (arriba a la izquierda), *Leis da Hereditariedade, 150 Anos* (Leyes de la Herencia, 150 Años) (esquina inferior izquierda), la ilustración de una planta de guisante con flores y una vaina (esquina inferior derecha) y un dibujo de Mendel examinando una planta de guisante basado en la fotografía V (esquina inferior izquierda). La pieza de 0,45€ muestra sobre fondo ocre la fotografía VI. Por su parte, el sello de 1€ muestra un cruzamiento monohíbrido y un sucesivo cruce entre los híbridos resultantes para el color del guisante (**Figuras 1-G y 1-H**).

- Conmemorando el centenario de la muerte de Mendel:

En torno al año 1984, fecha del centenario de la muerte de Gregor Mendel, una considerable cantidad de sellos fue emitida para conmemorar la fecha. Se trata del grupo más extenso de sellos de la colección que aquí se presenta.

Así, en 1983, un año antes del centenario de la muerte de Mendel, la República de Transkei emitió un sello para conmemorar dicho acontecimiento. Tiene un valor facial de 20 céntimos (unidad fraccionaria del rand sudafricano) y contiene la siguiente información: un texto en la parte superior con el nombre del científico, años de nacimiento y muerte y principal contribución (en este caso, *principles of heredity*, principios de la herencia), un busto del mismo reproducción de la fotografía VI y como elemento figurativo representativo dos manos superpuestas de distinto color y tamaño (centro) (**Figura 1-I**). Este sello pertenece a una serie de cuatro sellos en los que se destaca a cuatro científicos relevantes que desarrollaron su actividad entre finales del siglo XIX y principios del XX (**Figura S1-E**).

En 1984, antes de la caída del Muro de Berlín en 1989, el servicio postal alemán (Deutsche Bundespost) de la, entonces, República Federal de Alemania emitió un sello conmemorativo de los 100 años de la muerte de Mendel. Se trata de un sello multicolor con valor facial de 50 peniques (unidad fraccionaria del marco alemán). En él, sobre un fondo verde intenso, se observa una reproducción de la fotografía VI en marca de agua (centro derecha) y una representación de un cruzamiento monohíbrido usando como carácter el color de la flor del guisante (**Figura 1-J**).

La Ciudad del Vaticano es el único país, junto con Portugal, con dos sellos emitidos en honor a Gregor Mendel. En el caso de la ciudad vaticana, ambos sellos presentan una estructura idéntica, con las inscripciones Gregorio J. Mendel y las fechas de la muerte y de la conmemoración, 1884-1984, así como el valor facial y la entidad emisora, Poste Vaticane (franja inferior). Asimismo, el sello presenta la ilustración en blanco y negro reproducción de la fotografía VI y la de una planta de guisante con una vaina bajo la cual se intuye la progenie resultante de un cruzamiento entre híbridos para el carácter color del guisante, en proporción fenotípica 3:1 (centro izquierda). La única diferencia existente es el color de fondo (verde versus rojo) y el valor facial de las piezas (450 versus 1500 liras) (**Figuras 1-K y 1-L**).

Este mismo año, Austria emitió un sello de 4 chelines con el monje agustino como protagonista. Sobre fondo ocre, se observan las inscripciones Mendel 1822-1884 (parte superior izquierda), Johann Gregor (franja izquierda) *entdecker der vererbungsgesetze* (descubridor de las leyes de la herencia, en alemán) (franja derecha) y el nombre del país, Republik Österreich (franja inferior). Una ilustración muestra dos cruzamientos en relación al color de la flor de guisante: el primero, un cruzamiento monohíbrido y el segundo, un cruzamiento entre los heterocigotos producidos por el primero (arriba a la izquierda). Completa la composición una ilustración en blanco y negro que muestra a Mendel examinando dos flores de guisante inspirada en la fotografía V (centro) (**Figura 1-M**).

- Algunos sellos ilegales:

Durante la preparación de este trabajo, he detectado la existencia de dos sellos ilegales relacionados con Gregor Mendel. Se trata de sellos con el nombre de países o territorios que no han autorizado ni su impresión ni su emisión. En concreto, existe un sello de Mendel producido en nombre de Yibuti (2006), con un valor facial de 300 francos perteneciente a una supuesta serie dedicada a los grandes científicos del siglo XIX, *Les grands scientifiques du 19ème siècle* (Figura S2-A).

FIGURA S2. Series de sellos ilegales a escala 1:2 que incluyen a Mendel atribuidos a: (A) Yibuti, que incluye, aparte de a Mendel, a Michael Faraday, Louis Pasteur y Dimitri Mendeleiev y (B) El Chad, en la que aparecen, junto a Mendel: Huxley, Lamarck y Wallace. Nótese la alternancia en el uso del inglés y el francés en las leyendas de estos sellos.



Fuente: elaboración propia

El otro sello ilegal relacionado con Mendel está producido en nombre de la República de Chad (2015), con un valor facial de 500 francos, perteneciente a una supuesta serie dedicada a naturalistas, *Les célébrités de monde, naturalistes* (Figura S-2B).

ANEXO II

PREGUNTA	ASPECTOS EVALUABLES	4 EXCELENTE	3 SATISFACTORIO	2 MEJORABLE	1 INSUFICIENTE
1	Biografía	El estudiante conoce los aspectos más importantes de la biografía de Mendel en relación a la Genética y es capaz de contextualizar su investigación	El estudiante conoce los aspectos más importantes de la biografía de Mendel en relación a la Genética pero no contextualiza su investigación	El estudiante tiene un conocimiento superficial o erróneo de la figura de Mendel en relación a la Genética	No realizado o no evaluable porque el estudiante se centra exclusivamente en aspectos biográficos sin interés especial para la materia
2	Material de estudio y curiosidades	El estudiante menciona la existencia de distintas variedades de guisante y conoce otros materiales de estudio usados por Mendel. Además, detecta la incongruencia entre las fotografías reales y los sellos	El estudiante conoce alguno de los materiales de estudio usados por Mendel y detecta que uno de los sellos muestra una especie de planta diferente	El estudiante sabe que el guisante fue el material principal de estudio para Mendel y propone incongruencias entre las fotografías y los sellos que se centran en aspectos puramente formales	No realizado o no evaluable porque el estudiante o no conoce los materiales de estudio de Mendel o no detecta incongruencias
3	Caracteres estudiados	El estudiante identifica los 7 caracteres estudiados por Mendel	El estudiante identifica entre 3 y 6 de los caracteres estudiados por Mendel	El estudiante identifica sólo los 2 caracteres más evidentes que se representan en los sellos	No realizado o no evaluable porque los caracteres detectados son incorrectos o su número insuficiente
4	Dominancia y recesividad	El estudiante entiende los conceptos de dominancia y recesividad e identifica la lista de caracteres usados por Mendel correctamente	El estudiante entiende los conceptos de dominancia y recesividad pero no identifica la lista completa de caracteres usados por Mendel	El estudiante tiene dificultades para comprender los conceptos de dominancia y recesividad y no identifica la lista completa de caracteres usados por Mendel	No realizado o no evaluable
5	Cruzamientos monohíbridos (1ª y 2ª Ley) y notación genética	El estudiante usa la notación correctamente, conoce los cruzamientos monohíbridos, su relación con la 1ª y 2ª Ley de Mendel y comprende su significado biológico	El estudiante usa la notación correctamente, conoce los cruzamientos monohíbridos, su relación con la 1ª y 2ª Ley de Mendel pero presenta algunos problemas en la comprensión de su significado biológico	El estudiante tiene un conocimiento superficial de la notación genética, los cruzamientos monohíbridos, su relación con la 1ª y 2ª Ley de Mendel y no comprende o explicita su significado biológico	No realizado o no evaluable
6	Cruzamientos monohíbridos (1ª y 2ª Ley) y meiosis	El estudiante comprende la relación entre la 2ª Ley de Mendel y la meiosis, así como el significado biológico de la misma. Domina la terminología	El estudiante comprende la relación entre la 2ª Ley de Mendel y la meiosis, así como el significado biológico de la misma, pero no domina la terminología	El estudiante o no relaciona la 2ª Ley de Mendel con la meiosis o no comprende el significado biológico de la misma	No realizado o no evaluable
7	Cruzamientos dihíbridos (3ª Ley)	El estudiante conoce los cruzamientos dihíbridos, los relaciona con la 3ª Ley de Mendel y comprende la independencia de los caracteres	El estudiante conoce los cruzamientos dihíbridos y su relación con la 3ª Ley de Mendel pero presenta algunos problemas en la comprensión de la independencia de los caracteres	El estudiante tiene un conocimiento superficial de los cruzamientos dihíbridos y la 3ª Ley de Mendel y no comprende la independencia de los caracteres	No realizado o no evaluable
8	Proporciones fenotípicas y elaboración de pedigrís	El estudiante sabe expresar las proporciones fenotípicas y construye correctamente pedigrís	El estudiante sabe expresar las proporciones fenotípicas pero no construye pedigrís correctamente	El estudiante tiene dificultades para expresar proporciones fenotípicas y la construcción de pedigrís	No realizado o no evaluable
9	Papel del ADN como material genético	El estudiante conoce el papel del ADN como material hereditario y conoce cómo éste se replica a nivel molecular	El estudiante conoce el papel del ADN como material hereditario pero no conoce los pormenores de su replicación	El estudiante presenta carencias serias en el conocimiento del ADN como material hereditario y su replicación	No realizado o no evaluable
10	Evolución	El estudiante relaciona correctamente los cuatro ítems, comprende los conceptos que éstos recogen y usa la terminología correctamente	El estudiante relaciona correctamente los cuatro ítems pero, o no comprende los conceptos que éstos recogen o no usa correctamente la terminología	El estudiante o no relaciona correctamente los cuatro ítems o tiene un conocimiento muy superficial sobre los conceptos y la terminología que éstos recogen	No realizado o no evaluable porque el estudiante no relaciona correctamente los cuatro ítems

ANEXO III

Cuestionario sobre Genética Mendeliana (TEST 1)

- 1.- El éxito de los experimentos de Mendel se debió en gran parte a que
 - a.- Usó plantas con crecimiento rápido y muchos descendientes
 - b.- Aplicó un exhaustivo tratamiento matemático
 - c.- Las dos respuestas anteriores son correctas

- 2.- El fenotipo es
 - a.- Un término equivalente a genotipo
 - b.- La manifestación o aparición de una característica
 - c.- Ninguna de las dos anteriores es correcta

- 3.- Un cruzamiento monohíbrido da lugar a una descendencia
 - a.- Uniforme e híbrida
 - b.- Híbrida y monocigótica
 - c.- Híbrida y homocigótica

- 4.- Del cruzamiento de líneas puras guisantes lisos x guisantes rugosos, obtenemos
 - a.- Una progenie con uno solo de esos rasgos
 - b.- Una progenie con ambos rasgos
 - c.- Una progenie con mezcla de ambos, un fenotipo intermedio

- 5.- Del cruzamiento entre dos semillas amarillas obtenemos 75% de plantas con semilla amarilla y 25% de plantas con semilla verde. ¿Qué genotipo tienen los parentales de este cruzamiento?
 - a.- Rr x Rr
 - b.- RR x rr
 - c.- Rr x rr

- 6.- Sabiendo que es un carácter recesivo, descendencia esperada entre plantas con semilla rugosa
 - a.- 100% plantas de semilla rugosa
 - b.- 50% plantas de semilla rugosa y 50% de semilla lisa
 - c.- 100% plantas de semilla amarilla

- 7.- Del cruzamiento entre un individuo de pelaje negro (raza pura) x otro de pelaje rojo, obtenemos el 100% de descendientes rojos. ¿Cómo serán los descendientes?
 - a.- Todos homocigotos
 - b.- Todos heterocigotos
 - c.- Todos razas puras

- 8.- ¿En qué consisten los cruzamientos recíprocos?
 - a.- Se intercambia el sexo de los parentales
 - b.- Son cruzamientos entre plantas hermafroditas
 - c.- Son cruzamientos de prueba

- 9.- ¿El término gen fue acuñado por Mendel?
 - a.- No, lo acuñó Darwin
 - b.- No, Mendel hablaba de factores hereditarios
 - c.- Sí, lo acuñó Mendel

- 10.- Se cruzan dos híbridos de 1ª generación para un carácter. ¿Cuántos genotipos hay en la progenie?
 - a.- 2
 - b.- 3
 - c.- 1

11.- Un cruceamiento entre dos individuos heterocigotos puede producir

- a.- Una proporción genotípica 1:2:1
- b.- Una proporción fenotípica 3:1
- c.- Las dos respuestas anteriores son correctas

12.- Los cruzamientos dihíbridos revelan

- a.- El principio de paridad en los gametos
- b.- El principio de segregación independiente
- c.- El principio de uniformidad

13.- Proporción de descendientes esperada de cruce entre individuos de la F1 de un cruce dihíbrido

- a.- 1:2:1
- b.- 3:1
- c.- 9:3:3:1

14.- Un cruceamiento de prueba nos permite

- a.- Probar la compatibilidad de dos plantas
- b.- Conocer el genotipo del individuo con fenotipo dominante
- c.- Las dos respuestas anteriores son incorrectas

15.- Si en una población la frecuencia de rubios es $1/8$ y la de morenos $1/2$ ¿Cuál es la probabilidad de ser rubio o moreno?

- a.- $1/8$
- b.- $1/16$
- c.- $5/8$

16.- ¿Qué probabilidad tiene una pareja de tener un primer hijo fenotípicamente normal y un segundo albino si ambos son portadores?

- a.- $3/16$
- b.- $1/64$
- c.- $1/2$

17.- Cuando la chi-cuadrado experimental es menor que la teórica, nuestros datos

- a.- Se ajustan a los esperados y se rechaza la hipótesis nula
- b.- Se ajustan a los esperados y no se rechaza la hipótesis nula
- c.- No se ajustan a los esperados y se acepta la hipótesis nula

18.- En un pedigrí familiar ¿cómo se representa una mujer que presenta el rasgo en estudio?

- a.- Un cuadrado coloreado
- b.- Un rombo coloreado
- c.- Un círculo coloreado

19.- En un pedigrí familiar ¿qué características definen un carácter autosómico dominante?

- a.- No suele saltar generaciones
- b.- Un hijo con el carácter tiene siempre un parental afectado
- c.- Ambas respuestas son correctas

20.- Un gen holándrico

- a.- Se encuentra en el cromosoma Y
- b.- Pasa de padres a hijos varones
- c.- Ambas respuestas son correctas