



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación  
Convocatoria 2023/2024

Nº de Proyecto 270

Se acabaron los atracones de Genética: recursos digitales para llevar la asignatura al día

Responsable del Proyecto:

M<sup>a</sup> Ángeles Pérez Cabal

Facultad de Veterinaria

Departamento de Producción Animal

## **1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto**

Las asignaturas de materias básicas presentan un hándicap en la enseñanza, ya que el estudiantado no las considera a priori interesantes ni fundamentales en sus estudios. Con este proyecto quisimos revisar las actividades ya planteadas anteriormente, actualizarlas y mejorarlas, así como incorporar otros nuevos recursos que pudieran captar el interés por la asignatura Genética, impartida en el segundo semestre del primer curso del Grado en Veterinaria. Los objetivos generales pretendían despertar el interés por la asignatura haciéndola más atractiva de estudiar; reforzar algunas debilidades y mejorar puntos fuertes en la docencia de la asignatura Genética del Grado en Veterinaria; y fomentar el aprendizaje autónomo del estudiantado. Los objetivos específicos y las actividades proyectadas concretamente se indican a continuación.

**Objetivo 1.** Potenciar el aprendizaje autónomo del estudiantado y el pensamiento científico, permitiendo un ritmo de aprendizaje personal, incrementando el número de herramientas a su disposición.

Se propuso actualizar los tutoriales existentes y desarrollar nuevos que les ayude a marcar su ritmo individual de aprendizaje como complemento a las clases magistrales de teoría. Por otro lado, los estudiantes disponen de un cuadernillo de problemas propuestos, de los diferentes contenidos de la asignatura. Se proyectó configurar más cuestionarios (y actualizar los ya existentes) para que pudieran comprobar si sus soluciones son correctas. Otra acción planteada fue incorporar herramientas de gamificación durante las clases para iniciar debates, repasar contenidos de cada tema, averiguar conocimientos a priori de la materia y conocer la evolución del aprendizaje a lo largo del semestre.

**Objetivo 2.** Optimizar el tiempo y los recursos de las actividades prácticas.

Se proyectó desarrollar una herramienta de simulación de los diferentes cruces que permitiera proporcionar a cada estudiante unos datos diferentes para resolver un caso de genes ligados, de manera que se pudiera reducir el tiempo de esa práctica en beneficio de otras, el uso del laboratorio y que así resultara económicamente más eficiente.

**Objetivo 3.** Optimizar el sistema de evaluación continua de las prácticas de la asignatura.

Con la incorporación de nuevas prácticas o los cambios en cuanto al desarrollo de las existentes, se proyectó adaptar la evaluación continua en el campus virtual añadiendo nuevas actividades.

## 2. Objetivos alcanzados

Para evaluar si se han cumplido los objetivos planteados se han utilizado los indicadores de impacto reflejados en la memoria de solicitud. El total de estudiantes matriculados fue de 204, de los cuales 153 fueron de nuevo ingreso y 51 repetidores. En general, los estudiantes de nuevo ingreso hicieron un mayor uso de las herramientas de autoaprendizaje y autoevaluación que los repetidores. El porcentaje de utilización de las diferentes herramientas varió entre el 6% y el 92% para los estudiantes de primera matrícula y entre el 4% y el 45% para los de segunda matrícula y posteriores (Tabla 1). Puede observarse que algunos contenidos de la asignatura resultan más complicados e, independientemente del tipo de matrícula de los estudiantes, utilizan mayoritariamente las ayudas que se les proporciona en esa materia.

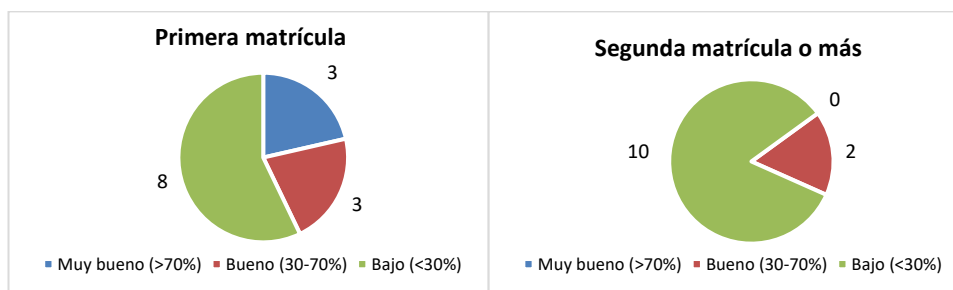
**Tabla 1.** Grado de utilización de cada herramienta implementada con el proyecto.

Recursos	% Utilización por estudiantes 1ª matrícula	% Utilización por estudiantes 2ª matrícula o más
1. Problemas propuestos de mendelismo	77	67
2. Cuestionario de autoevaluación de problemas de mendelismo	92	18
3. Evaluación de la práctica de epistasia	98	*
4. Elabora tu propio problema de genes ligados	6	6
5. Ejercicios resueltos paso a paso de genes ligados	52	45
6. Simulación cruces Drosophila: práctica genes ligados	100	*
7. Test de evaluación para resolución del caso práctico de genes ligados	95	*
8. Cuestionario de autoevaluación de problemas de genética de poblaciones	12	4
9. Actualización del tutorial problemas de rutas metabólicas	30	24
10. Actualización de la Autoevaluación de comprobación para problemas de rutas metabólicas	24	14
11. Actualización del tutorial problemas de código genético	22	12
12. Actualización del cuestionario de autoevaluación de problemas de código genético	25	16
13. Actualización del cuestionario de autoevaluación de problemas de mutaciones	15	10
14. Actualización del cuestionario de autoevaluación de problemas de mutaciones	16	8
15. Tutorial recuerdo teórico del operón lactosa	35	27
16. Cuestionario de autoevaluación del operón lactosa	24-29	8-16
17. Actualización de la evaluación de la práctica de mapas de restricción	97	*
18. Uso de aplicaciones de gamificación en la docencia	48-77	6-12

\*Los estudiantes repetidores no tienen que repetir las prácticas, si las han aprobado en cursos anteriores.

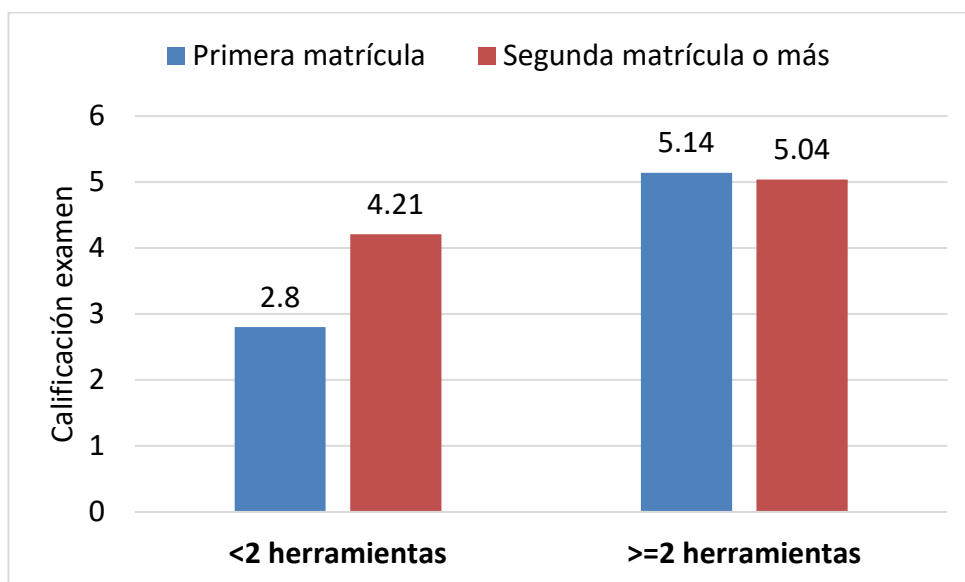
Interpretando los indicadores mencionados en la memoria aplicados a los porcentajes de utilización mostrados en la Tabla 1, de las 14 actividades relacionadas con el objetivo 1 (todas excepto las relacionadas con las prácticas: 3, 6, 7 y 17), la mitad de los recursos los aprovechó un mínimo del 30% de los estudiantes de primera matrícula, mientras que entre el 30-70% de los repetidores sólo utilizaron 2 herramientas (Figura 1).

**Figura 1.** Indicadores del grado de utilización de los recursos por estudiantes de primera matrícula y segunda o posteriores.



En cuanto a la relación entre la calificación del examen y el uso de estas herramientas, se presentaron al examen el 82% (167) de los estudiantes matriculados, siendo el 92% de nuevo ingreso. Las calificaciones se encontraron en un rango de 0,8 a 8,8. Se encontraron diferencias significativas entre los que utilizaron recursos de autoaprendizaje proporcionados y los que no, en conjunto. Así, la nota media estimada fue un punto superior en aquellos estudiantes que utilizaron, al menos, 2 de las herramientas propuestas (5,13 frente a 4,09). Sin embargo, no hubo diferencias entre las calificaciones obtenidas por los estudiantes de nuevo ingreso y los repetidores. En consecuencia, no se observó una interacción significativa entre el tipo de matrícula y el número de herramientas utilizadas, como puede verse en la Figura 2. Sin embargo, puede intuirse una tendencia clara a obtener una mayor calificación si se usan los recursos de autoaprendizaje, sobre todo en los estudiantes de nuevo ingreso.

**Figura 2.** Calificaciones obtenidas por los estudiantes en función del tipo de matrícula y del uso de dos o más herramientas de autoaprendizaje.



El desarrollo de la simulación de cruces para la práctica de genes ligados planteado como Objetivo 2 tuvo un resultado satisfactorio, ya que se pudo reducir el coste de recursos necesarios para el mantenimiento de las moscas de diferentes fenotipos. En este sentido, también se consiguió el Objetivo 3, la optimización del sistema de evaluación continua de prácticas. En la reunión de seguimiento docente con los estudiantes fue muy bien valorada la evaluación de las prácticas con esta metodología. Los estudiantes consideraron muy adecuado el tiempo dedicado a cada práctica y que pudieran evaluarse días después de finalizar cada una de ellas.

A la vista de estos resultados, puede considerarse que los objetivos se han conseguido en su totalidad, aunque sería deseable fomentar más el uso y concienciar a los estudiantes del beneficio que les reporta. Todo apunta a que ayuda a los repetidores a sacar una media de un punto más en la nota del examen, mientras que los de primera matrícula podrían duplicar su calificación.

### **3. Metodología empleada en el proyecto**

La asignatura se imparte en el segundo semestre del primer curso del Grado en Veterinaria, por lo que al principio del curso 2023-2024 cada docente preparó el material necesario para generar los recursos planteados.

Para los cuestionarios de autoevaluación y comprobación de las soluciones de los problemas del cuadernillo se elaboró un banco de preguntas en Moodle que permiten identificar cada problema y el apartado al que se refieren. Para facilitar que la numeración de los problemas en los recursos de autoevaluación sea compatible con la actualización del cuadernillo de problemas (por incorporación o eliminación) se diseñó un sistema más práctico de numeración de problemas. En los tutoriales se utilizó la lección de Moodle y se planteó un diagrama de flujo para estructurar los itinerarios y las diferentes alternativas. La simulación de los diferentes cruces de moscas se programó íntegramente en utilizando las funciones de Excel.

Cuando esta fase inicial estaba completa en cada recurso o actividad, se fue configurando en el campus Virtual para poder ir comprobando su funcionamiento y que estuvieran finalizadas antes del comienzo de las clases de la asignatura en el segundo cuatrimestre. Durante el desarrollo del cuatrimestre, no hubo necesidad de subsanar errores ya que no se detectaron. Se anotaron los comentarios relacionados con la asignatura en la reunión de seguimiento docente celebrada en mayo.

Los tutoriales y cuestionarios relacionados con los problemas del cuadernillo se mantuvieron disponibles hasta la fecha del examen de teoría y de problemas de la convocatoria ordinaria y la extraordinaria. Una vez realizado el examen de la convocatoria ordinaria, se descargó la información del campus virtual y se procedió a analizar los resultados académicos con la utilización de las herramientas proporcionadas en el campus virtual.

#### 4. Recursos humanos

El equipo de trabajo que solicitó la propuesta estaba formado por un total de 5 profesores de la Facultad de Veterinaria, que forman parte de los docentes que imparten la asignatura Genética en primer curso. A continuación, se indican las acciones en las que han participado:

<b>Docente</b>	<b>Actividades abordadas</b>
Isabel Cervantes Navarro	4. Elabora tu propio problema de genes ligados 5. Ejercicios resueltos paso a paso de genes ligados 6. Simulación cruces Drosophila: práctica genes ligados 7. Test de evaluación para resolución del caso práctico de genes ligados
Óscar Cortés Gardyn	15. Tutorial recuerdo teórico del operón lactosa 16. Cuestionario de autoevaluación del operón lactosa
Candela Ojeda Marin	6. Simulación cruces Drosophila: práctica genes ligados 7. Test de evaluación para resolución del caso práctico de genes ligados
M <sup>a</sup> Ángeles Pérez Cabal	8. Cuestionario de autoevaluación de problemas de genética de poblaciones 9. Actualización del tutorial problemas de rutas metabólicas 10. Actualización de la Autoevaluación de comprobación para problemas de rutas metabólicas 11. Actualización del tutorial problemas de código genético 12. Actualización del cuestionario de autoevaluación de problemas de código genético 13. Actualización del cuestionario de autoevaluación de problemas de mutaciones 14. Actualización del cuestionario de autoevaluación de problemas de mutaciones 18. Uso de aplicaciones de gamificación en la docencia
Natalia Sevane Fernández	1. Problemas propuestos de mendelismo 2. Cuestionario de autoevaluación de problemas de mendelismo 3. Evaluación de la práctica de epistasia 17. Actualización de la evaluación de la práctica de mapas de restricción 18. Uso de aplicaciones de gamificación en la docencia

## 5. Desarrollo de las actividades

Se describe brevemente cada una de las herramientas o actividades realizadas en el marco de este proyecto:

### 1. Problemas propuestos de mendelismo

Se han actualizado los problemas de mendelismo incluidos en el cuadernillo, ampliando el número de ejercicios que incluyen conceptos complicados sobre los que han manifestado dificultades tanto en clase como con la solicitud de tutorías. Los han consultado un 75% de los matriculados.

### 2. Cuestionario de autoevaluación de problemas de mendelismo

La resolución de cuatro problemas del tema de mendelismo, que puntuaron como nota de participación activa, se habilitó entre las dos últimas clases del tema, dejando al menos un día para la resolución autónoma de los ejercicios en casa. El 74% del alumnado matriculado ha realizado estos problemas en Moodle, con un promedio de acierto en el primer intento del 77%. El que hayan tenido tiempo para trabajar con ellos, agiliza su resolución en clase, lo que permite ver más ejemplos prácticos.

### 3. Evaluación de la práctica de epistasia

Se desarrolló un cuestionario que consistió en tres preguntas con las que se afianzan los conocimientos sobre la herencia del color de la capa en caballos y para el que precisan consultar la información recogida en el guion de prácticas.

### 4. Elabora tu propio problema de genes ligados

Con esta actividad los estudiantes tuvieron la oportunidad de crear el enunciado de un problema concerniente al tema de genes ligados. Se valoró que estuviera correctamente resuelto y que fuera original. Se animaron a intentarlo el 6% de los matriculados.

### 5. Ejercicios resueltos paso a paso de genes ligados

Se subieron al campus virtual ejercicios resueltos de forma detallada, ya que no se pudo finalizar a tiempo el tutorial específico para genes ligados. El 50% de los matriculados en el curso consultó este material.

### 6. Simulación cruces *Drosophila*: práctica de genes ligados

Se utilizó el software Microsoft Excel para simular la descendencia obtenida de 8 cruces diferentes y sus cruces recíprocos a partir de parentales (macho y hembra) de *Drosophila melanogaster*. En total se diseñaron 16 casos. En cada caso se proporciona la siguiente información: fenotipos de los parentales homocigotos para dos caracteres controlados, cada uno, por un gen (un carácter relacionado con los ojos y el otro con el color del cuerpo); fenotipos de la generación F<sub>1</sub> obtenida a partir del cruce de esos parentales; y el número de individuos machos y hembras observados en la generación F<sub>2</sub> (fruto del cruce de hembra y macho de la F<sub>1</sub>). Todos los fenotipos se identifican mediante imágenes. En la primera hoja de la herramienta Excel se genera un número aleatorio entre 1 y 16, que corresponde al caso que se le asigna a cada estudiante. Cada caso está en una hoja distinta y para que cada estudiante tenga unos números personalizados, cada vez que el estudiante pulsa F9 se genera de forma aleatoria un número de descendientes de cada fenotipo en la F<sub>2</sub>, pero dentro de un rango que es compatible con un experimento real para ese cruce en concreto. Con la información de las tres generaciones el estudiante debe resolver el caso indicando si los genes están ligados o son independientes, si están en genes autosómicos o están ligados al sexo. Siempre deben apoyarse en pruebas estadísticas que utilizan los datos generados (Ver Ejemplo en Anexo 6.6).

### 7. Test de evaluación para resolución del caso práctico de genes ligados

Se mejoró esta actividad que forma parte de la evaluación continua de las prácticas, de manera que sirve de tutorial-guía para la resolución del caso práctico al ir orientando sobre las hipótesis

que se han de contrastar. Esta herramienta consiste en una lección de Moodle (ver Anexo 6.7) y lo realizaron el 95% de los estudiantes que tuvieron que cursar las prácticas.

#### 8. Cuestionario de autoevaluación de problemas de genética de poblaciones

El cuestionario constó de dos preguntas elegidas aleatoriamente relacionadas con algún apartado de los problemas del cuadernillo correspondientes al tema de genética de poblaciones. Los estudiantes tienen que haber intentado resolver todos los problemas propuestos para comprobar si sus soluciones son correctas, ya que cada pregunta tiene una retroalimentación justificando la respuesta y cómo se ha procedido para resolverlo. El 10% de los matriculados lo utilizó.

#### 9, 10 y 11. Actualización de tutoriales de problemas de rutas metabólicas, código genético y mutaciones

Estos tutoriales ya existían y se modificaron por los cambios en los problemas añadidos o eliminados del cuadernillo. El 28%, 21% y 20% accedieron al de rutas metabólicas, código genético y mutaciones, respectivamente, para utilizarlos en su preparación de la asignatura.

#### 12, 13 y 14. Actualización de cuestionarios de problemas de rutas metabólicas, código genético y mutaciones

Al igual que con los correspondientes tutoriales, estos cuestionarios existentes se actualizaron para incorporar los problemas añadidos o eliminar los que descartados este curso del cuadernillo. Entre el 14% y el 23% de los matriculados comprobaron sus resultados mediante esta herramienta.

#### 15. Tutorial recuerdo teórico de operón lactosa

Se preparó una lección para hacer un repaso teórico del funcionamiento del operón lactosa como paso previo y necesario para poder resolver los problemas correspondientes. El 33% de los estudiantes matriculado lo utilizó. A partir de una ventana de información general, el alumno podía navegar a tres contenidos diferentes: Elementos del operón lactosa, funcionamiento del operón lactosa y mutaciones de los elementos del operón lactosa (Anexo 6.15).

#### 16. Cuestionario de autoevaluación de problemas del operón lactosa

Se puso a disposición de los alumnos cuatro enunciados de problemas del operón lactosa. En cada problema se hicieron dos preguntas que se corregían en el momento y tenían una breve explicación tanto si la respuesta era correcta como incorrecta. Los alumnos podían acceder a esta herramienta sin límite de intentos. Entre el 21% y el 25% de los matriculados probaron estos cuestionarios. Además, se les proporcionó instrucciones para utilizar el cuestionario y ejemplos de resolución de este tipo de problemas.

#### 17. Actualización de la evaluación de la práctica de mapas de restricción

Las tres preguntas de desarrollo que consistían anteriormente en la evaluación de esta práctica se convirtieron a formato cuestionario con preguntas tipo test, aleatorizando la asignación de tres casos de diagnóstico. Se ha obtenido una valoración positiva por parte del alumnado de las mejoras introducidas en la evaluación continua de las prácticas.









#### 18. Uso de aplicaciones de gamificación en la docencia

En el bloque de mendelismo se han aplicado herramientas de gamificación desde el curso 2020-21, lo que ha permitido ir ajustando su duración y contenido para adaptarlo mejor a los estudiantes y la duración de las clases. Ahora se circunscribe al uso de Quizziz para la resolución de un ejercicio con múltiples apartados que permite repasar toda la materia vista hasta ese momento y cuyos resultados forman parte de la nota de participación activa. El 62% del alumnado matriculado asistió a esta clase y participó, alcanzando un promedio de precisión del 73% (superior al obtenido en cursos anteriores). También se utilizó Quizziz en la parte de genética de poblaciones. Se usó en dos ocasiones con dos fines: la primera, para comprobar las soluciones de cuatro problemas que se propusieron al comienzo de ese bloque para que los estudiantes los trabajaran por su cuenta y los llevaran resueltos el día que se desarrollarían en

clase. De todos los matriculados, el 39% los hicieron y puntuaron para la nota de participación activa. La segunda ocasión que se utilizó en genética de poblaciones fue como repaso de conocimientos, de manera que cada estudiante pudo autoevaluarse en ese tema. Esta vez fue anónimo y participó el 46%.

## 6. Anexos

### Anexo 6.6. Caso 1. Hembra ebony x Macho sepia.

GENERACIÓN PARENTAL	HEMBRA:	MACHO:					
	<b>e</b>	<b>se</b>					
							
GENERACIÓN F1	HEMBRA	MACHO					
							
GENERACIÓN F2			MACHOS	HEMBRAS	Total		
			53	45	98	Pulsa F9 para generar individuos de la F2	
			21	27	48		
			29	22	51		
			0	0	0		

## Anexo 6.7. Test genes ligados en *Drosophila melanogaster*

Pantalla inicial de la lección de Moodle que da comienzo al test:

### Resolución teórica del cruce

Este test consta de **8 preguntas** en las que tendrás que ir eligiendo la respuesta que creas correcta según la **RESOLUCIÓN TEÓRICA QUE CORRESPONDE A TU CRUCE**.

**INSTRUCCIONES:**

1) **Selecciona el cruce** que se te ha asignado en las prácticas.

- Recuerda que primero se identifica el fenotipo de la hembra parental (H) y luego el del macho parental (M).
- En cada parental, primero se indica el fenotipo del **cuerpo** y en segundo lugar el de **ojos**.

Por ejemplo: **H<sub>++</sub>M<sub>yw</sub>** representa el cruce de una hembra de cuerpo y ojos *salvajes* con un macho de cuerpo *yellow* y ojos *white*.

2) **No se puede volver hacia atrás**. Una vez contestada cada pregunta solo se avanza.

Una vez finalizado el test, recuerda completar la evaluación entregando el problema resuelto mediante la tarea "**Resultados práctica Drosophila**".

H<sub>++</sub> My<sub>w</sub>   Hy<sub>w</sub> M<sub>++</sub>   H<sub>+lz</sub> My<sub>+</sub>   Hy<sub>+</sub> M<sub>+lz</sub>   Hy<sub>+</sub> M<sub>+w</sub>   H<sub>+w</sub> My<sub>+</sub>   He<sub>-se</sub> M<sub>++</sub>

H<sub>++</sub> Me<sub>-se</sub>   He<sub>+</sub> M<sub>+se</sub>   H<sub>+se</sub> Me<sub>+</sub>   He<sub>+</sub> M<sub>+lz</sub>   H<sub>+lz</sub> Me<sub>+</sub>   Hy<sub>+</sub> M<sub>+se</sub>   H<sub>+se</sub> My<sub>+</sub>

H<sub>+w</sub> Me<sub>+</sub>   He<sub>+</sub> M<sub>+w</sub>

Ejemplo de pregunta común a todos los cruces simulados, cuya respuesta correcta dependerá del cruce asignado:

### ¿Los fenotipos de machos y hembras son diferentes para algún carácter en la F<sub>1</sub> o en la F<sub>2</sub>?

En F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>

Sólo en F<sub>2</sub>

No hay diferencias

Sólo en F<sub>1</sub>

## Anexo 6.15. Tutorial del Operón Lactosa

Visualización de la página inicial de la lección disponible en el campus virtual de la asignatura:

### Breve recuerdo teórico del Operón Lactosa

Es importante que antes de empezar con esta actividad repases el funcionamiento de la regulación de los genes del Operón Lactosa explicado en clase, debes tener claro todos los elementos que intervienen y su función.

En las pestañas:

#### 1.- Elementos del Operón Lactosa

#### 2.- Funcionamiento del Operón Lactosa

tienes un breve resumen con los que poder repasar los principales conceptos antes de empezar a resolver los problemas.

En la pestaña **Mutaciones de los elementos del Operón Lactosa** tienes un listado de las posibles mutaciones que intervienen en los problemas y que por tanto debes conocer.

Una vez que hayas repasado los conceptos puedes pasar a la [Resolución de problemas del Operón Lactosa](#).

Elementos del Operon Lactosa

Funcionamiento del Operón Lactosa

Mutaciones de los Elementos del Operón Lactosa