



PARQUE de las CIENCIAS
ANDALUCÍA - GRANADA

INVESTIGACIÓN EN EL AULA

Efecto de las bebidas energéticas sobre la división celular: estudio del índice mitótico en raíces de cebolla



IES MONTES ORIENTALES



ALUMNADO DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA DE 4º ESO CURSO 25/26

ÍNDICE

- 1. RESUMEN**
- 2. INTRODUCCIÓN**
- 3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS**
- 4. MARCO TEÓRICO**
 - 4.1 Efecto de las bebidas energéticas en el organismo.**
 - 4.2. La cafeína y su influencia en la división celular**
 - 4.3. La taurina y otros componentes**
 - 4.4. Consumo de bebidas energéticas en jóvenes**
- 5. APLICACIÓN DEL MÉTODO CIENTÍFICO**
- 6. FACTORES A TENER EN CUENTA**
- 7. MATERIALES Y MÉTODOS**
 - 7.1. Materiales utilizados**
 - 7.2. Diseño experimental**
 - 7.3. Preparación del experimento (cebollas y disoluciones)**
 - 7.4. Procedimiento**
- 8. ELABORACIÓN DEL CUESTIONARIO**
 - 8.1. Diseño de las preguntas**
 - 8.2. Población encuestada**
 - 8.3. Objetivo del cuestionario**
- 9. TOMA DE DATOS Y RESULTADOS**
 - 9.1. Resultados del experimento**
 - 9.2. Resultados del cuestionario**
- 10. ANÁLISIS DE RESULTADOS**
- 11. CONCLUSIONES FINALES**
- 12. AGRADECIMIENTOS**
- 13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y WEBGRAFÍA**

1. RESUMEN

El consumo de bebidas energéticas ha aumentado considerablemente en los últimos años, especialmente entre la población joven. Estas bebidas contienen sustancias como la cafeína y la taurina, cuyos efectos sobre el organismo han sido ampliamente estudiados, aunque aún existen dudas sobre su posible influencia en procesos celulares fundamentales como la división celular. Este hecho ha despertado el interés por analizar sus posibles efectos a nivel biológico.

Durante el desarrollo de este proyecto se ha utilizado el método científico para investigar cómo las bebidas energéticas pueden afectar al crecimiento celular. Para ello, se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica sobre estudios relacionados con la acción de sus componentes principales y se ha diseñado un cuestionario dirigido al alumnado para conocer sus hábitos de consumo. Además, se ha realizado un experimento utilizando cebollas expuestas a distintas concentraciones de bebida energética, con el fin de observar su crecimiento a lo largo del tiempo y analizar posibles efectos en la división celular.

2. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el consumo de bebidas energéticas se ha incrementado notablemente entre la población joven, especialmente en estudiantes de Educación Secundaria. Diversos estudios indican que un alto porcentaje de adolescentes las ha consumido al menos una vez, principalmente con el objetivo de mejorar el rendimiento académico, deportivo o como forma de ocio. Estas bebidas contienen principalmente cafeína, taurina y azúcares, sustancias que actúan sobre el organismo y pueden provocar efectos secundarios como nerviosismo, insomnio o palpitaciones.

Más allá de sus efectos a nivel general, algunos estudios científicos sugieren que estos compuestos podrían influir en procesos celulares básicos. En concreto, se ha observado que determinadas concentraciones de bebidas energéticas pueden tener un efecto citotóxico, reduciendo el índice mitótico y afectando al crecimiento celular. Este hecho plantea la necesidad de investigar de forma experimental cómo estas sustancias pueden influir en la división celular.

Para estudiar este tipo de procesos, es habitual utilizar modelos biológicos sencillos, como las raíces de cebolla, ya que permiten observar de forma clara el crecimiento celular y la división de las células. Este tipo de ensayos facilita el análisis de cómo diferentes sustancias pueden afectar al desarrollo celular en condiciones controladas, lo que los convierte en una herramienta muy útil en estudios de carácter educativo y científico.

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

- 1. Analizar el efecto de las bebidas energéticas sobre la división celular.**
Objetivo: Estudiar cómo distintas concentraciones de bebidas energéticas pueden influir en el crecimiento celular utilizando un modelo experimental sencillo.
- 2. Comprender la acción de los principales componentes de las bebidas energéticas.**

Objetivo: Investigar, a través de la revisión bibliográfica, cómo la cafeína, la taurina y el azúcar pueden afectar a procesos celulares como la mitosis.

3. **Relacionar el consumo de bebidas energéticas con la población juvenil.**

Objetivo: Conocer los hábitos de consumo, motivaciones y posibles efectos secundarios en estudiantes mediante la elaboración y análisis de un cuestionario.

4. **Aplicar el método científico en un contexto experimental.**

Objetivo: Desarrollar habilidades como la formulación de hipótesis, el diseño experimental, la recogida de datos y el análisis de resultados.

5. **Fomentar el pensamiento crítico sobre el consumo de estas bebidas.**

Objetivo: Reflexionar sobre los posibles riesgos asociados al consumo de bebidas energéticas y promover hábitos de vida saludables.

Hipótesis:

El tratamiento con bebidas energéticas reducirá el crecimiento de las raíces de cebolla y disminuirá el índice mitótico de sus células, siendo este efecto mayor a medida que aumenta la concentración de la bebida.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Efecto de las bebidas energéticas en el organismo

Las bebidas energéticas son productos diseñados para aumentar el estado de alerta, reducir la fatiga y mejorar el rendimiento físico y mental. Sus principales componentes son la cafeína, la taurina y grandes cantidades de azúcar, aunque también pueden incluir otros compuestos estimulantes.

El consumo de estas bebidas produce efectos sobre el sistema nervioso central, aumentando la concentración y disminuyendo la sensación de cansancio. Sin embargo, su ingesta también puede provocar efectos adversos, especialmente en jóvenes, como nerviosismo, insomnio, palpitaciones o aumento de la presión arterial. Estos efectos dependen tanto de la cantidad consumida como de la sensibilidad de cada individuo.

4.2. La cafeína y su influencia en la división celular

La cafeína es un estimulante del sistema nervioso central que actúa bloqueando los receptores de adenosina, lo que provoca un aumento del estado de alerta. Además de estos efectos, diversos estudios han demostrado que la cafeína puede influir en procesos celulares como la división celular o mitosis.

En determinadas concentraciones, la cafeína puede alterar el ciclo celular, provocando retrasos en la división de las células o incluso inhibiéndola. Esto puede traducirse en una disminución del crecimiento celular. Por este motivo, la cafeína es una sustancia de interés en estudios sobre el control del ciclo celular y sus posibles alteraciones.

4.3. La taurina y otros componentes

La taurina es un aminoácido presente de forma natural en el organismo que participa en diversas funciones biológicas, como la regulación del sistema nervioso y el equilibrio de líquidos en las células. En las bebidas energéticas, se añade en cantidades elevadas, lo que puede potenciar los efectos de la cafeína.

Algunos estudios sugieren que la taurina puede influir en la división celular, pudiendo provocar retrasos en la mitosis o incluso la muerte celular en determinadas condiciones. Además, el alto contenido en azúcares de estas bebidas puede afectar al metabolismo celular, proporcionando energía rápida pero también alterando procesos fisiológicos normales.

4.4. Consumo de bebidas energéticas en jóvenes

El consumo de bebidas energéticas es especialmente elevado entre adolescentes y jóvenes. Diversos estudios indican que un alto porcentaje de estudiantes las consume de forma habitual o esporádica, motivados por mejorar el rendimiento académico, deportivo o simplemente por ocio.

A pesar de su popularidad, muchos jóvenes desconocen la composición real de estas bebidas y sus posibles efectos sobre la salud. Además, se ha observado que una parte significativa de los consumidores experimenta efectos secundarios tras su ingesta. Esto hace necesario promover una mayor educación sobre sus riesgos y fomentar un consumo responsable.

5. APLICACIÓN DEL MÉTODO CIENTÍFICO

El método científico es un proceso sistemático utilizado para investigar fenómenos, adquirir nuevos conocimientos o corregir y ampliar conocimientos previos. Se basa en la observación, la formulación de preguntas, la elaboración de hipótesis, la experimentación y la conclusión. Su objetivo principal es garantizar que los resultados obtenidos sean objetivos, reproducibles y verificables.

A) Observación: Se identifica un fenómeno o problema a investigar. En nuestro caso, observamos que el consumo de bebidas energéticas es muy frecuente entre los jóvenes y que, según diversos estudios, sus componentes podrían afectar a procesos celulares como la división celular. Además, en prácticas de laboratorio se ha visto que el crecimiento de raíces de cebolla puede variar en función de las sustancias a las que se expongan.

B) Planteamiento del problema: Se formula una pregunta clara y específica sobre el fenómeno observado.

¿Cómo afectan las bebidas energéticas, en distintas concentraciones, al crecimiento celular?

C) Hipótesis: Se propone una posible explicación o solución al problema planteado.

Las bebidas energéticas reducirán el crecimiento de las raíces de cebolla y disminuirán el índice mitótico de sus células, siendo este efecto mayor cuanto mayor sea la concentración.

D) Experimentación: Se diseñan y realizan pruebas controladas para comprobar la hipótesis.

Para ello, se colocaron cebollas en diferentes medios: agua y etanol (como control) y en distintas concentraciones de bebida energética (25%, 50%, 75% y 100%). Se realizaron tres repeticiones por cada condición experimental. A lo largo de 11 días se observó y midió el crecimiento de las raíces, registrando los datos obtenidos para su

posterior análisis. Además, se elaboró un cuestionario dirigido al alumnado para conocer los hábitos de consumo de bebidas energéticas.

E) Análisis de resultados: Se interpretan los datos obtenidos para determinar si apoyan o refutan la hipótesis. Analizamos los datos obtenidos de las medidas de longitud de las raíces en los distintos medios y los índices mitóticos de cada una de las muestras. Se discuten contrastándolo con lo esperado y el marco teórico referido.

F) Conclusión: Se establece si la hipótesis es válida o no y se formulan posibles líneas de investigación futura.

6. FACTORES A TENER EN CUENTA

En nuestro estudio, uno de los factores condicionantes es la correcta preparación de las disoluciones de bebida energética. Es importante que las concentraciones (25%, 50%, 75% y 100%) sean precisas, ya que cualquier error podría afectar a los resultados obtenidos en el crecimiento de las raíces.

Otro factor a tener en cuenta es la influencia de las condiciones ambientales, como la temperatura, la luz o la humedad. Estas variables pueden afectar al crecimiento de las cebollas, por lo que es necesario mantenerlas lo más constantes posible durante todo el experimento.

También se debe considerar la variabilidad biológica de las muestras utilizadas. No todas las cebollas crecen al mismo ritmo, por lo que se han realizado varias repeticiones en cada condición experimental para obtener resultados más fiables.

Por último, en relación con el cuestionario, es importante tener en cuenta la sinceridad de las respuestas y el tamaño de la muestra, ya que pueden influir en la representatividad de los resultados sobre el consumo de bebidas energéticas en jóvenes.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Materiales utilizados

Para la realización del experimento se han utilizado los siguientes materiales:

- 16 cebollas
- 4 latas de bebida energética (500 mL cada una)
- Bote de palillos pequeños
- 16 vasos de precipitados (250 mL)
- Etanol (750 mL)
- Probeta
- Agua
- 12 papeles de filtro
- Bolígrafo
- Folios de papel
- Regla de medir
- Rotulador negro



- Orceína A
- Orceína B
- Portaobjetos y cubreobjetos (para la observación microscópica)
- Microscopio óptico

7.2. Diseño experimental

El experimento se ha diseñado para analizar el efecto de distintas concentraciones de bebida energética sobre el crecimiento de raíces de cebolla y sobre la actividad celular en división. Para ello, se establecieron varios grupos experimentales con diferentes tratamientos: agua y etanol como controles, y disoluciones de bebida energética al 25%, 50%, 75% y 100%.

Cada condición experimental se realizó por triplicado, con el fin de aumentar la fiabilidad de los resultados y reducir posibles errores debidos a la variaciones individuales entre las muestras.

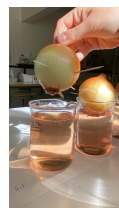
7.3. Preparación del experimento (cebollas y disoluciones)

En primer lugar, se prepararon las cebollas retirando cuidadosamente las capas externas secas, procurando no dañar la zona basal donde se desarrollan las raíces. Posteriormente, se colocaron palillos en los laterales de cada cebolla para poder suspenderlas sobre los vasos de precipitados sin que estuvieran completamente sumergidas.

A continuación, se prepararon las diferentes disoluciones de bebida energética utilizando una probeta para medir con precisión las proporciones necesarias. Se elaboraron disoluciones (vol:250 mL) al 25%, 50% y 75% mezclando bebida energética con agua, además de utilizar bebida energética pura (100%). También se prepararon los controles con agua y etanol como control negativo y positivo, respectivamente.

7.4. Procedimiento

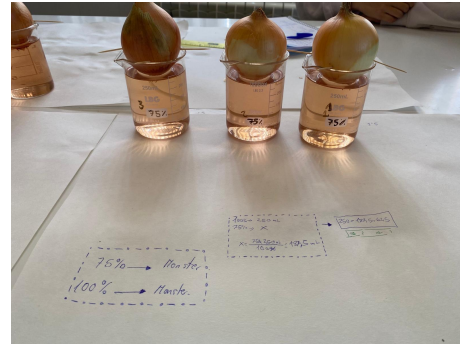
Cada cebolla se colocó sobre un vaso de precipitados que contenía uno de los tratamientos preparados, asegurando que la base de la cebolla estuviera en contacto con el líquido. A lo largo de 11 días, se observó el crecimiento de las raíces.



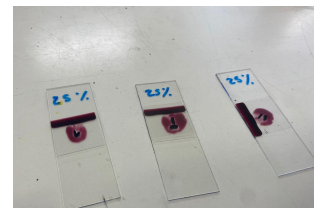
Se realizaron mediciones periódicas de la longitud de las raíces utilizando una regla, registrando los datos en papel para su posterior análisis. Durante todo el experimento, se intentó mantener constantes las condiciones ambientales. Los datos recogidos se utilizaron para comparar el crecimiento de las raíces en función del tratamiento aplicado y analizar el efecto de las bebidas energéticas sobre la división celular.

Una vez finalizada la fase de crecimiento, se procedió a la preparación de muestras para la observación microscópica con el objetivo de analizar la división celular. Para ello, se

tomaron ápices de raíces de las cebollas y se tiñeron utilizando Orceína A y Orceína B, lo que permite visualizar los cromosomas y las distintas fases de la mitosis.



Las muestras se colocaron en portaobjetos y se cubrieron con cubreobjetos para su observación en el microscopio óptico. Se analizó el porcentaje de células en división (índice mitótico) en las diferentes condiciones experimentales, comparando los resultados entre los distintos tratamientos.



8. ELABORACIÓN DEL CUESTIONARIO

8.1. Diseño de las preguntas

El cuestionario ha sido diseñado con el objetivo de recoger información sobre los hábitos de consumo de bebidas energéticas en la población joven, así como sus conocimientos sobre sus componentes y posibles efectos en la salud.

Está formado por 21 preguntas de tipo cerrado y abierto, con opciones múltiples en la mayoría de los casos, lo que facilita su análisis posterior. Las preguntas se han organizado en diferentes bloques temáticos:

- Datos personales (sexo y edad)
- Hábitos de consumo (frecuencia, edad de inicio y marcas consumidas)
- Motivos de consumo (sabor, ocio, rendimiento, etc.)
- Conocimientos sobre composición y efectos
- Percepción de riesgo y efectos en la salud
- Contexto de consumo (lugar, momento y compañía)

Este diseño permite obtener una visión global del comportamiento del alumnado respecto al consumo de bebidas energéticas.

Nº	Pregunta	Opciones de respuesta
1	Sexo	Hombre / Mujer / No binario
2	Edad	11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18
3	¿Consumes bebidas energéticas?	Sí / No
4	¿Cuándo comenzaste a consumir bebidas energéticas?	Menor de 5 / 5-10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18 / 19
5	Indica 3 componentes de las bebidas energéticas	Respuesta abierta
6	¿Con qué frecuencia consumes bebidas energéticas?	2 o 3 al mes / 2 o 3 a la semana / A diario / Varias veces al día
7	¿Por qué empezaste a consumirlas?	Sabor / Rendimiento deportivo / Estudio / Presión social / Ocio / Cansancio / Otros
8	¿Por qué las consumes actualmente?	Sabor / Rendimiento deportivo / Estudio / Presión social / Ocio / Cansancio / Otros
9	¿Sientes dependencia de estas bebidas?	Sí / No
10	¿Qué marcas consumes?	Monster / Red Bull / Rockstar / Fresh Yeti / EnerYeti / Chameleon / Burn / Otra
11	¿Conoces la edad mínima de consumo en España?	Sí / No
12	¿Dónde las sueles comprar?	Supermercado / Estanco / Tienda de alimentación / Me la compra un amigo o adulto
13	¿Dónde sueles consumirlas?	En casa con mis padres / En casa sin mis padres / De fiesta / Con amigos / En la calle
14	¿En qué momento las consumes?	Entre semana / Fin de semana
15	¿A qué hora las consumes?	Mañana / Tarde / Noche
16	Nombra algún efecto negativo que creas que producen	Respuesta abierta
17	¿Te importan estos efectos a la hora de consumirlas?	Sí / No
18	¿Crees que son perjudiciales para la salud?	Sí / No / No lo sé
19	Desde que empezaste a consumirlas, ¿has tenido alguno de estos efectos?	Taquicardia / Insomnio / Ansiedad / Dependencia / Bradicardia / Nerviosismo / Insuficiencia renal

20	¿Pertenece a alguno de estos grupos?	Diabetes / Enfermedad cardiovascular / Enfermedad renal / TDAH / TCA / Ninguno
21	Si consumías y has dejado de hacerlo, ¿por qué?	Respuesta abierta

8.2. Población encuestada

El cuestionario ha sido realizado al alumnado del centro educativo, principalmente a estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y Formación profesional. Además, también se ha pasado a alumnado que se incorporará al centro en el próximo curso, aprovechando las jornadas de tránsito.

La muestra incluye jóvenes de diferentes edades dentro del rango de 11 a 18 años, lo que permite comparar hábitos de consumo en distintas etapas de la adolescencia.

8.3. Objetivo del cuestionario

El principal objetivo del cuestionario es analizar los hábitos de consumo de bebidas energéticas entre los jóvenes y su nivel de conocimiento sobre sus componentes y efectos en la salud.

Además, se pretende identificar las motivaciones que llevan al consumo de estas bebidas, así como la percepción que tienen los estudiantes sobre sus posibles riesgos. Esta información permitirá relacionar los datos obtenidos con los resultados del experimento sobre división celular, aportando una visión más completa del estudio.

9. TOMA DE DATOS Y RESULTADOS

9.1. Resultados del experimento

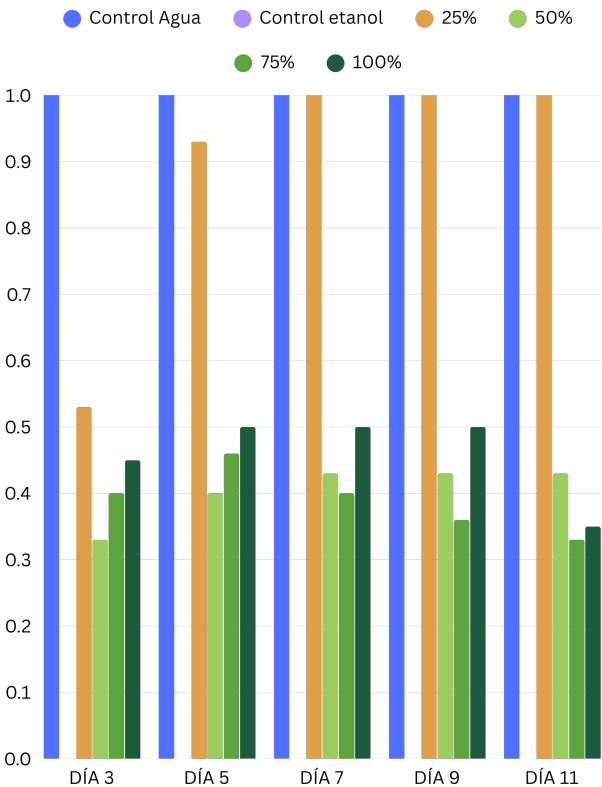
Se observaron diferencias claras en el crecimiento de las raíces de cebolla según el tratamiento aplicado. En los controles, el comportamiento fue distinto entre sí: mientras que el etanol impidió por completo cualquier tipo de crecimiento durante todo el experimento, el agua sí permitió el desarrollo de las raíces, aunque con cierta variabilidad en las primeras muestras, en las que inicialmente no se observó crecimiento. Tras repetir estas muestras, se comprobó un crecimiento rápido y notable en pocos días, alcanzando valores mucho más elevados que en el resto de condiciones.

En el resto de tratamientos con bebida energética se apreciaron patrones de crecimiento distintos en función de la concentración. En general, las concentraciones más bajas mostraron un crecimiento más evidente y sostenido a lo largo de los días, mientras que a medida que aumentaba la concentración, el crecimiento fue más reducido y menos progresivo. En las concentraciones más altas, el crecimiento fue muy limitado y tendió a estabilizarse pronto, mostrando poca variación entre los distintos días de observación.

En comparación con el control de agua, los tratamientos con bebida energética mostraron un crecimiento generalmente más reducido y variable en función de la concentración. Las concentraciones más bajas presentaron un crecimiento más cercano al observado en el agua, aunque sin alcanzar sus valores finales. En las concentraciones más altas, el crecimiento fue muy limitado y tendió a estabilizarse pronto, mostrando

poca variación entre los distintos días de observación. En conjunto, las muestras tratadas con bebida energética mostraron un desarrollo menos favorable que las muestras en agua.

longitud (cm)	DÍA 3	DÍA 5	DÍA 7	DÍA 9	DÍA 11
Control agua	2'15	2'73	4	5'26	6'25
Control etanol	0	0	0	0	0
25%	0'53	0'93	1'03	1'03	1'03
50%	0'33	0'4	0'43	0'43	0'43
75% *	0'4	0'46	0'4	0'36	0'33
100% *	0'45	0'5	0'5	0'5	0'35

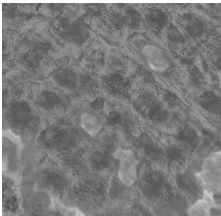


En cuanto al análisis del índice mitótico en las muestras tomadas el día 1:

Se observó un mayor número de células en división en las muestras de raíz tomadas del control de agua.

Se encontraron algunos células, aunque en menor medida, en las muestras procedentes del 25% de concentración.

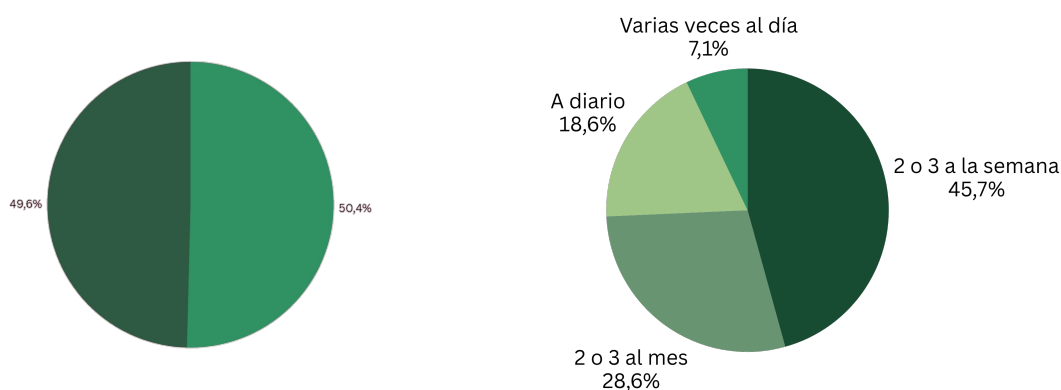
En el resto de muestras no se observó nada. Probablemente debido a la degradación de las raíces tras la detención de su crecimiento en días anteriores.



9.2. Resultados del cuestionario

El cuestionario ha sido respondido por un total de 139 estudiantes. La distribución por sexo es bastante equilibrada, con una ligera mayoría de hombres. En cuanto a la edad, la muestra abarca alumnado entre 12 y 18 años principalmente, con un porcentaje equitativo de las distintas edades.

En relación con el consumo de bebidas energéticas, aproximadamente la mitad del alumnado afirma consumirlas, mientras que la otra mitad no las consume. Entre quienes sí las consumen, la edad de inicio más frecuente se sitúa entre los 11 y 14 años. En la frecuencia de consumo, el 45,7% del alumnado que las consume lo realiza 2 o 3 veces mensualmente, aunque destaca un porcentaje significativo que las consume semanalmente (28,6%) o incluso a diario (18,6%).



Los principales motivos de consumo son el sabor, seguido a mucha distancia por razones como el rendimiento deportivo o el cansancio. En cuanto al conocimiento de sus componentes, aunque muchos estudiantes mencionan correctamente sustancias como la cafeína, la taurina y el azúcar, también se observan respuestas incorrectas o incompletas, lo que indica un conocimiento parcial de su composición.

Respecto a la percepción de riesgo, la mayoría del alumnado reconoce que estas bebidas pueden ser perjudiciales para la salud, aunque no todos consideran que este hecho influya en su consumo. También se observa que una parte importante del alumnado ha experimentado efectos como nerviosismo, insomnio o taquicardia tras su consumo.

En cuanto a los hábitos de consumo, las bebidas energéticas se consumen principalmente en la calle o en contextos sociales como quedadas con amigos y fiestas, especialmente durante el fin de semana y en horario de tarde. Finalmente, la mayoría de las compras se realizan en supermercados o tiendas de alimentación, y una parte importante del alumnado (57,5%) desconoce la edad mínima recomendada para su consumo.

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el experimento de crecimiento de raíces muestran diferencias claras entre los distintos tratamientos aplicados. En comparación con el control de agua, las concentraciones más bajas de bebida energética presentan un crecimiento moderado, mientras que a medida que aumenta la concentración se observa una disminución progresiva del desarrollo de las raíces.

Así en los primeros días todas crecen a un ritmo similar, pero a partir del día 7 las disoluciones de Monster desaceleran su crecimiento hasta que el día 9 se detienen completamente. La respuesta en los controles se ajusta a lo esperado: en agua sigue creciendo, a un ritmo superior y en etanol no crece.

En el caso del etanol, la ausencia de crecimiento indica un efecto inhibitorio total sobre el desarrollo celular.

En cuanto al índice mitótico observado mediante la tinción con Orceína A y Orceína B, se analizaron las diferencias en el porcentaje de células en división entre los distintos tratamientos. Se detecta un mayor número de células en división en las muestras de raíz tomadas del control de agua.

También pudieron observarse algunas células, aunque en menor medida, en las muestras procedentes del 25% de concentración. En el resto de muestras no se observó nada. Lo cual concuerda con lo esperado por la inhibición del crecimiento de la raíz acompañado de su disgregación en las disoluciones con Monster.

Por otro lado, los resultados del cuestionario muestran que el consumo de bebidas energéticas está bastante extendido entre la población estudiada, especialmente entre adolescentes. La tasa de consumo es algo menor a la que esperada, los encuestados conocen algo mejor su composición y los efectos secundarios de su consumo que lo encontrado en la bibliografía; y la principal causa de consumo es el sabor en vez de la reducción de la somnolencia o aumentar la concentración, como suponíamos.

La motivación principal es el sabor, aunque también se mencionan otros factores como el ocio o el cansancio. A pesar de que una parte importante del alumnado reconoce posibles efectos negativos sobre la salud, esto no siempre influye en su decisión de consumo.

11. CONCLUSIONES FINALES

Con base en la revisión de los estudios analizados, se concluye que la exposición a bebidas energéticas y sus componentes principales (como la cafeína, taurina, glucuronolactona y otros aditivos) produce una disminución significativa del crecimiento en sistemas biológicos vegetales como el ensayo de *Allium cepa*. Este efecto se manifiesta como una reducción progresiva del crecimiento radicular, llegando en algunos casos a la inhibición completa del desarrollo celular.

Dicha inhibición es más evidente a medida que aumenta la concentración de estas sustancias, lo que sugiere una relación dosis-dependiente. Este fenómeno se asocia principalmente a una alteración en la actividad mitótica, donde se observa una disminución de la tasa de división celular y posibles anomalías en las fases del ciclo celular. Estos resultados coinciden con lo descrito en estudios de citotoxicidad y genotoxicidad, donde se evidencia daño en la formación, replicación y estabilidad del material genético.

Asimismo, investigaciones en modelos animales y humanos indican que los efectos no se limitan únicamente a sistemas vegetales. Estudios como los de *Seifert et al.* (2011) señalan que el consumo de bebidas energéticas puede asociarse a alteraciones cardiovasculares, neurológicas y metabólicas, especialmente en poblaciones vulnerables como niños, adolescentes y adultos jóvenes. Esto sugiere que los compuestos presentes

en estas bebidas podrían interferir con procesos celulares fundamentales también en organismos superiores.

En consecuencia, la citotoxicidad observada podría extrapolarse a otros tipos celulares en el organismo humano, afectando procesos fisiológicos esenciales como la reparación y regeneración de tejidos, la correcta perfusión sanguínea y pulmonar, la neurogénesis y la formación de gametos. Estos posibles efectos adversos refuerzan la preocupación sobre el consumo habitual o elevado de bebidas energéticas, especialmente en poblaciones jóvenes.

Finalmente, es fundamental implementar estrategias de educación y prevención dirigidas a la población joven desde edades tempranas, tanto en el ámbito escolar como familiar. Es recomendable promover programas educativos que informen de manera clara y basada en evidencia científica sobre la composición de las bebidas energéticas y sus posibles efectos adversos sobre la salud. Asimismo, se debe fomentar la concienciación sobre los riesgos asociados a su consumo frecuente, especialmente en relación con el sistema cardiovascular, nervioso y metabólico, así como con posibles alteraciones en el desarrollo físico y cognitivo. Estas acciones preventivas contribuirían a reducir el consumo irresponsable de estos productos y a promover hábitos de vida más saludables entre adolescentes y jóvenes adultos.

12. AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a las profesoras coordinadoras de la investigación y de nuestra asignatura de Biología y Geología por guiarnos con paciencia y entusiasmo en este proyecto, así como al equipo directivo del centro por facilitarnos los recursos necesarios para llevarlo a cabo. También agradecemos la colaboración fundamental al departamento de Física y Química y al Ciclo Formativo de Vinos y Aceites, cuyo apoyo técnico ha sido clave para el desarrollo de nuestro ensayo experimental de laboratorio.

Por último, queremos dar las gracias al Parque de las Ciencias de Granada por organizar este concurso y brindarnos la oportunidad de acercarnos a la investigación científica de una forma real y motivadora. Esta experiencia nos ha permitido no solo aprender sobre citotoxicidad y división celular, sino también valorar el trabajo en equipo y el rigor científico.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y WEBGRAFÍA

Alabi, O. A., Duduyegbe, A. E., & Afolabi, A. T. (s. f.). Cytotoxicity and genotoxicity of three major commercially available energy drinks in Nigeria using the Allium cepa assay. Universal Library of Biological Sciences Research Article.

Fernández Sánchez, H. D. (s. f.). Bioensayo de citotoxicidad y genotoxicidad por efecto de la taurina sintética por medio del test de Allium [Trabajo académico, Universidad Ricardo Palma]. (6)

George, M., & George, A. (2017). Genotoxicity of caffeinated soft drinks on meristematic root cells of *Allium cepa*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 6(11). <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2017.0611037> (7)

González, J. D., Arias-Naranjo, M., & Murillo-Mosquera, G. C. (s. f.). Consumo de bebidas energéticas en estudiantes universitarios y sus posibles efectos adversos en la salud: una revisión sistemática de la literatura. Publicación adelantada. (1)

Khayyat, L. I., Essawy, A. E., Al Rawy, M. M., & Sorour, J. M. (2014). Comparative study on the effect of energy drinks on haematopoietic system in Wistar albino rats. Journal of Environmental Biology, 35, 883–891. (2)

Ortega Alorda, J. (2017). ¿Cómo afecta la cafeína y el azúcar que contienen las bebidas energéticas al rendimiento deportivo? [Trabajo de fin de grado]. (3)

Romera Sánchez, J. L. (2019). Bebidas energéticas: ¿Mejoran el rendimiento? [Trabajo de fin de máster].

Seifert, S. M., Schaechter, J. L., Hershorin, E. R., & Lipshultz, S. E. (2011). Health effects of energy drinks on children, adolescents, and young adults. Pediatrics, 127(3), 511–528. <https://doi.org/10.1542/peds.2009-3592> (5)

Universidad de Valladolid, Facultad de Enfermería de Soria. (s. f.). Componentes y efectos atribuidos a las bebidas energéticas. Estudio en una muestra de jóvenes universitarios [Trabajo de fin de grado]. (4)

Troxel, W. M., Tucker, J. S., Ewing, B., Miles, J. N. V., & D'Amico, E. J. (s. f.). Sleepy teens and energy drink use: Results from an ethnically diverse sample of youth.