## Curiosity

Junio 2022 - N.º 1 Revista de Ciencia y Tecnología



### CIENCIA ESCOLAR

Espectrofotometría, bacterias, volcanes, robots, microplásticos y sonidos

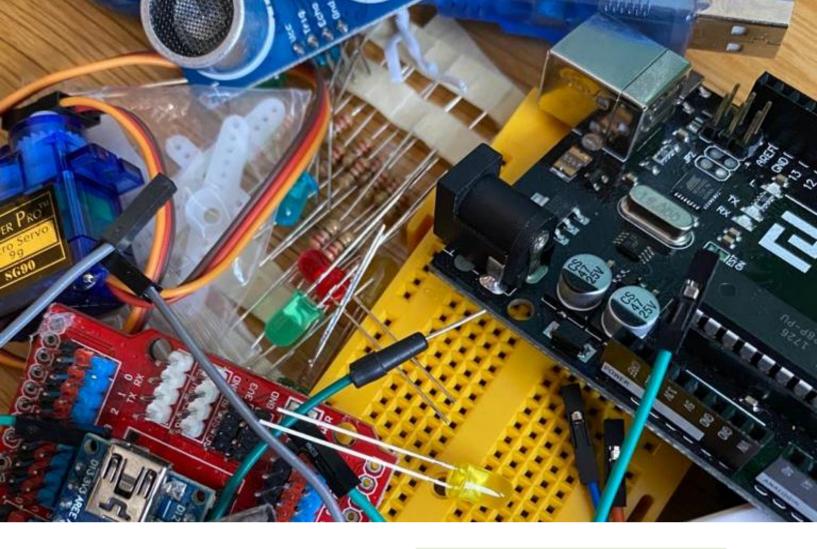


### ROBÓTICA E INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS 2021-2022

- Bacterias, ¿compañeras de piso?
- El sonido, ¿aliado frente a los microplásticos?
- Versátil y compacto prototipo de un espectrofotómetro de LEGO EV3.
- Desarrollo de un robot para la exploración de volcanes y superficies de difícil acceso.







### **ARTÍCULOS**

MICROBIOLOGÍA

3 Bacterias, ¿compañeras de piso? Por Víctor Baigorrotegui Gil, Juan Yue Guijarro Wang e Irene San Martín Gil.

ECOLOGÍA Y QUÍMICA

El sonido, ¿aliado frente a los microplásticos? Por Jorge Bosque Ezcurdia, Lucía Royo Asa y Ainara San Miguel Rodríguez.

FÍSICA, QUÍMICA Y ROBÓTICA

17 Versátil y compacto prototipo de un espectrofotómetro de LEGO EV3. Por Juan Ascunce Urroz, Juan Azparren Vázquez y Bogdan Cosciug.

ROBÓTICA Y GEOLOGÍA

27 Desarrollo de un robot para la exploración de volcanes y superficies de difícil acceso. Por Lucas Ollacarizqueta Blanco.



Primera edición: junio de 2022

© de los autores

Colegio Luis Amigó

Carretera Tajonar Km.2 - 31192 - Mutilva

Editor: Luis Amigó Curiosity

Web: https://luisamigocuriosity.weebly.com/

Twitter: @LA\_Curiosity Instagram: @la\_curiosity

YouTube: https://bit.ly/3ADkcNj

Flickr: https://bit.ly/307zOMz

Play Store: https://bit.ly/30yYomD

----| EN PORTADA |-----

© Davide Bonazzi - Ilustración para la cubierta de la revista Science del 31 de agosto de 2018, ejemplar especial sobre el uso y la relación entre la tecnología en biología.

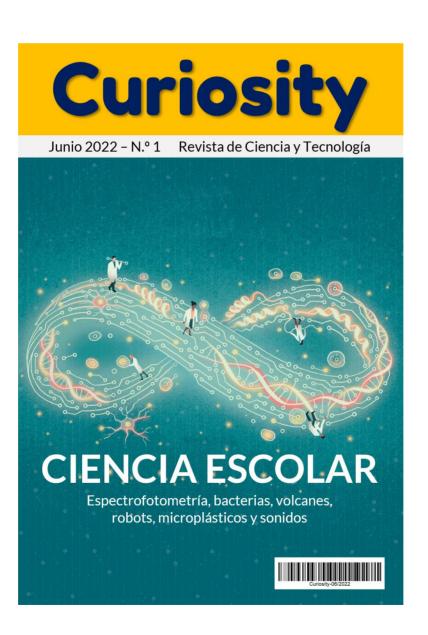
### **EDITORIAL**

Aunque el Equipo de Ciencias del Colegio Luis Amigó, Curiosity, lleva ya 13 años participando en distintos retos, concursos y ferias, este curso 2021-2022 será recordado como el primero en el que apareció una nueva iniciativa, la extraescolar Robótica e Investigaciones Científicas.

La extraescolar ha llegado para poder ser una herramienta más en el Colegio y que el alumnado interesado en la ciencia y la tecnología aprenda a desarrollar una actitud crítica frente a ellas, realizando todas las fases del proceso del método científico, mientras aprende a diseñar y programar usando todo tipo de herramientas tecnológicas. Además, también se ha pretendido que sean capaces de comunicar su trabajo con presentaciones orales, escritas y vídeos, potenciando el trabajo en equipo durante todo el proceso.

Con esta revista, cuyo primer ejemplar tienes entre manos, hemos querido recopilar todo el trabajo realizado por esta primera generación de alumnos y alumnas de la extraescolar. Esperamos que disfrutes leyéndola tanto como nosotros lo hemos hecho preparándola y deseamos que sea la primera de una serie que aparezca todos los años con los trabajos realizados en cada curso.

> Javier Elizalde Razquin y Verónica Pérez Lanes, profesores responsables de la extraescolar Robótica e Investigaciones Científicas.







### **RESUMEN**

En este proyecto de investigación se ha planteado el análisis bacteriano en diversos objetos cotidianos y de gran uso dentro del hogar después del interés y sorpresa ocasionados tras la lectura de un artículo en la prensa local. Para ello se ha diseñado un experimento que permite comprobar si realmente existe o no contaminación por bacterias en esas superficies centrándose en el aislamiento de bacilos Gram negativos fermentadores o no de la lactosa. Se ha preparado un medio de cultivo selectivo a base de agar MacConkey para tal fin y se ha realizado la toma de muestras para la posterior siembra y crecimiento de las mismas. Tras varias semanas de incubación se ha observado el crecimiento de colonias bacterianas de diferentes tipos y se ha realizado el análisis de dichas colonias.

### INTRODUCCIÓN

Las bacterias son microorganismos procariotas, es decir, que tienen su ADN libre en el citoplasma. Son formas unicelulares, formadas por una única célula. Es probable que al decir bacteria nos venga a la cabeza una idea negativa relacionada a las enfermedades, lo cual no es del todo cierto ya que otras son muy importantes y beneficiosas para los ecosistemas y los seres vivos que los habitan. Pero sí, hay bacterias que producen enfermedades, las llamadas patógenas, que pueden causar desde un catarro leve hasta el Tifus (Vyas, 2020).

Las bacterias viven en casi todas las partes del planeta ya que pueden sobrevivir en condiciones extremas de presión y temperatura; en el agua, en la corteza terrestre y hasta en lugares radiactivos. También son capaces de vivir en la superficie, e incluso en el interior, de otros seres vivos.

Al descubrir que las bacterias pueden vivir en cualquier lugar, lo que nos ha motiva-do a realizar este estudio es el interés en co-nocer realmente qué partes de la casa están más contaminadas por ellas.

### **ANTECEDENTES**

En el artículo publicado por Diario de Navarra el 16 de febrero de 2020 se citan los objetos de los hogares con más crecimiento bacteriano. Estos son: el váter, el calzado, las llaves, las toallas, los cepillos de dientes, etc. Aunque pensamos que la taza del váter es donde más bacterias se acumulan, en realidad, el artículo menciona que el teclado del ordenador o el estropajo son lugares donde podemos encontrar más bacterias, virus, hongos y otros organismos patógenos (Vázquez, 2020).

Esto ha quedado confirmado con un artículo científico sobre el tema titulado ¿Cuáles son las zonas más contaminadas del hogar?" de la marca de limpieza Sanytol (anon, s.f.). Según este estudio, los 3 lugares del hogar con más bacterias son el inodoro, la zona de la casa como más carga de bacterias si no se limpia bien; el estropajo, que puede acumular tantos microorganismos como la taza del váter y solo se limpia correctamente en el 20% de las casas; y el fregadero, con 100.000 veces más gérmenes que otros lavabos dado que está en contacto continuo con los alimentos.

### HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

En este trabajo de investigación se plantea la siguiente hipótesis: las zonas que se consideran más sucias del hogar, ¿son las que más bacterias tienen? Para responderla, los objetivos de este trabajo son:

- 1. Realizar un medio cultivo de un entorno previamente esterilizado que nos sirva como control negativo.
- 2. Comprobar la presencia o ausencia de bacterias en ciertos lugares de la casa: teclado, móvil, taza del váter, almohada y estropajo.
- 3. Analizar si la taza del váter (limpia) y el estropajo son los lugares donde más bacterias crecen y/o más rápido lo
- 4. Aislar bacilos GRAM negativos fermentadores o no de la lactosa para detectar enterobacterias.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para realizar este trabajo, se han recogido 2 o 3 muestras de los siguientes objetos del hogar: taza del váter previamente limpiada, teléfono móvil, teclado de un ordenador, almohada y estropajo de cocina, tal y como están en casa de cada integrante del grupo de investigación. Además, han utilizado 36 placas de Petri, 36 hisopos estériles, 3 contadores de colonias, 40 g de Agar MacConkey, 1000 ml de agua destilada, un mechero Bunsen, cinta aislante, lejía, suero fisiológico y papel de film.

En este proceso de experimentación, primero se han esterilizado las placas de Petri con lejía. Se ha calculado que en cada placa se necesitan 28 ml de agua destilada. Seguidamente, se ha calentado el agua destilada junto con el agar en el microondas hasta que se ha disuelto completamente. A continuación, se ha dejado enfriar y, con mucho cuidado, se ha vertido el agar sobre la mitad inferior de la placa hasta cubrir la base para, finalmente, muy rápido, colocar la parte superior para que la muestra no se contamine. Todo esto se hace junto a un mechero Bunsen para mantener las condiciones de esterilidad.

Para la toma de muestras, primero se han decidido los lugares u objetos de los cuales se han tomado. El día de antes de la siembra se han preparado unas gradillas con tubos de ensayo previamente esterilizados con lejía para poder tomar las muestras correctamente y se han cerrado con papel de film para mantenerlos en esas condiciones. Una vez en casa, se ha abierto con cuidado el hisopo agarrándolo por el extremo de la madera para evitar la contaminación y comenzado con el muestreo tocando la parte del objeto o lugar escogido con el algodón del hisopo y, rápidamente, se ha metido el hisopo en el tubo de ensayo que anteriormente se ha llenado con suero fisiológico para que los posibles organismos de las muestras no se murieran y se ha vuelto a tapar con el papel film.

En el momento de la siembra, ya en el laboratorio y con las muestras listas, nuevamente junto a un mechero Bunsen para manla zona esterilizada y evitar la contaminación, primero de todo se ha procedido a hacer un control negativo sin siembra que se ha sellado con cinta aislante. Después se ha abierto la placa con el agar va sólido v con el extremo del hisopo con la muestra se ha frotado suavemente en la superficie de manera adecuada para cada una de las 36 muestras: se ha retirado el hisopo, se ha vuelto a colocar la tapa de la placa y se ha escrito en la parte inferior de la placa el lugar de muestreo y la fecha correspondiente. Rápidamente se ha desechado el hisopo y desinfectado el área de trabajo y se han sellado con cinta aislante las placas sembradas. Se han volteado las placas y colocado en un lugar cercano a una fuente de calor para que las bacterias crezcan.

Durante los siguientes días, se ha analizado el crecimiento diario de colonias bacterianas en cada placa de Petri y se ha utilizado un contador manual para contarlas con exactitud.

### **RESULTADOS**

Se ha comprobado que, en el control negativo, a la semana, a las dos semanas y a las tres semanas no aparece crecimiento bacteriano (imagen 1).

Después de una semana desde la siembra, en varias placas de estropajo se puede comprobar que han crecido bacterias (imagen 2). Tras dos semanas se puede ver que han crecido bacterias en las placas de estropajo, váter, teclado, móvil v almohada (imagen 3) v. finalmente, a las tres semanas, ha habido crecimiento de bacterias en algunas de las placas que quedaban de las muestras de teclado y váter (imagen 4).

Tras el conteo de las u.f.c (unidades formadoras de colonias), se ha visto que el estropajo tiene una media de 121,16 u.f.c por placa. la taza del váter con una media de 12 u.f.c. el teclado del ordenador tiene una media de 6,66 u.f.c, la almohada con un 1,66 u.f.c de media y el teléfono con una media de 0,83 u.f.c. (tabla 1).

Las placas de color amarillo muestran bacterias no fermentadoras de lactosa, mientras que las que no han variado de color muestran bacterias que sí la fermentan. Los resultados se recogen en la tabla 2. La mayoría de las placas dan resultado positivo a la fermentación de la lactosa y no se observa ningún patrón de fermentación según lugares.

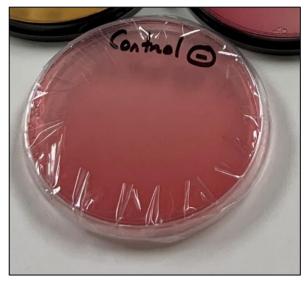


Imagen 1. Tomada el 18 de febrero de 2022, a las 3 semanas de sembrar, se ve la ausencia de crecimiento bacteriano en la muestra del control negativo. Fuente: elaboración propia.

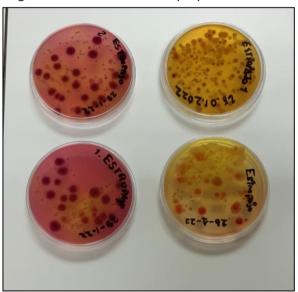


Imagen 2. Tomada el 4 de febrero de 2022, a la semana de sembrar, se ve la comparación entre 4 placas con siembra de estropajos y su crecimiento. Fuente: elaboración propia.

Nº Placa	1	2	3	4	5	6	Media (u.f.c.)
Estro- pajo	142	61	244	112	65	103	121,16
W.C. limpio	56	3	1	3	9	0	12
Tecla- do	4	3	5	28	0	0	6,66
Almo- hada	7	2	1	0	0	0	1,66
Telé- fono	2	3	0	0	0	0	0,83

Tabla 1. Resultados del conteo de unidades formadoras de colonia (u.f.c.) de bacterias el 18 de febrero de 2022 tras 3 semanas desde la siembra, por lugar de muestreo y placa de siembra. Fuente: elaboración propia.

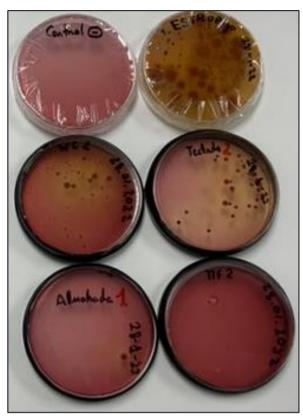


Imagen 3. Tomada el 11 de febrero de 2022, a las 2 semanas de sembrar, se ve el crecimiento bacteriano en todas las muestras. Fuente: elaboración propia.

MUESTRAS	LACTOSA +/-
Teléfono Irene 1	
	Lactosa +
Teléfono Víctor 1	Lactosa +
Almohada Víctor 1	Lactosa +
Almohada Irene 1	Lactosa +/-
Almohada Irene 2	Lactosa +
Almohada Irene 3	Lactosa -
Teclado Víctor 1	Lactosa +/- y hongos
Teclado Víctor 2	Lactosa +
Teclado Víctor 3	Lactosa +
Teclado Irene 1	Lactosa +
Váter Irene 1	Lactosa +
Váter Irene 1	Lactosa +
Váter Víctor 1	Lactosa +/- y hongos
Estropajo Víctor 1	Lactosa -
Estropajo Víctor 2	Lactosa -
Estropajo Víctor 3	Latosa +
Estropajo Juan Yue 1	Lactosa -
Estropajo Juan Yue 2	Lactosa +
Estropajo Irene 1	Lactosa -

Tabla 2. Resultados de la fermentación de la lactosa según placa a las 3 semanas de la siembra, el 18 de febrero de 2022. Fuente: elaboración propia.

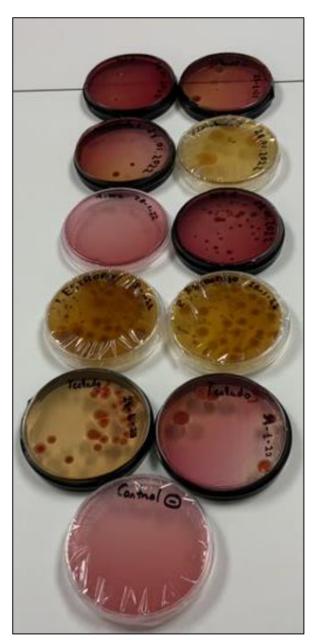


Imagen 4. Tomada el 18 de febrero de 2022, a las 3 semanas de sembrar, se ve el crecimiento bacteriano en todas las muestras. Fuente: elaboración propia.



### CONCLUSIONES

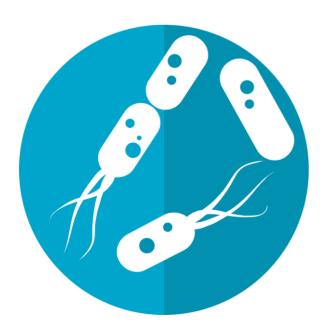
Después del análisis y cultivo de las diferentes zonas donde se ha hecho el estudio se puede observar crecimiento bacteriano tal y como se esperaba en las muestras de estropajo, almohada, teclado y váter. En las muestras tomadas del móvil no se ha observado apenas crecimiento. Donde más co-Ionias han aparecido ha sido, como se esperaba en el estropajo, seguido por el váter. Además, se han observado más colonias fermentadoras de la lactosa.

Solo se han podido aislar bacilos Gram negativos debido al agar utilizado. Por otro lado, al no haber una estufa en el laboratorio del Colegio. las bacterias han tardado más tiempo en crecer y ese es el motivo por el que se han analizado los resultados del crecimiento en las placas a las dos y tres semanas.

Una posible mejora de la técnica, consistiría en el uso de una estufa para acortar los tiempos de crecimiento y la toma de muestras in situ.

### **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer a todas las personas e instituciones que han aportado y ayudado a nuestro proyecto. A nuestros tutores Javier Elizalde y Verónica Pérez por su asesoramiento científico y ayuda durante el desarrollo de la investigación. A nuestros compañe-



ros del resto de equipos de la extraescolar Robótica e Investigaciones Científicas: Lucas Ollacarizqueta, Juan Azparren, Juan Ascunce, Bogdan Cosciug, Jorge Bosque, Lucía Royo y Ainara San Miguel. Y al Colegio Luis Amigó por el uso de sus instalaciones, laboratorio y materiales.

Al Planetario de Pamplona y a la Fundación Elhuyar por organizar el encuentro entre pares, donde pudimos exponer nuestros provectos a investigadores. También agradecer a estos, entre ellos: Mikel Sagües y Sonia Elizondo (Investigadores en la Universidad Pública de Navarra), Maite Martínez (Investigadora instituto IS-Food de la Universidad Pública de Navarra), Rafael Aldabe (CIMA/ Universidad de Navarra), Iker Aranjuelo (Doctor en Biología y científico del IDAB-CSIC), Adrián Calver (investigador de la Universidad Pública de Navarra-CSIC) y Silvia Arazuri (Ingeniera Agroforestal en la Universidad Pública de Navarra).

Agradecer también a Sandra Gil Alonso, microbióloga de la Universidad del País Vasco (UPV) por haberse ofrecido para hacer una videollamada con nosotros, por las aportaciones a nuestro proyecto y por las críticas constructivas, las cuales nos han servido para mejorar el trabajo.

### **BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA**

Anónimo. (2022) Sanytol [Online]. Disponible en: <a href="https://sanytol.es/cuales-">https://sanytol.es/cuales-</a> son-las-zonas-mas-contaminadas-delhogar/ (Consultado el 11 de febrero de 2022).

Vázquez, S. (2020) "¡Estamos rodeados!", Diario de Navarra: artículo de La Semana, pp. 6,7.

Vyas, J. M. (2020) MedlinePlus [Online]. Disponible en:

https://medlineplus.gov/spanish/ency/art icle/001363.htm (Consultado el 29 de octubre de 2021).





### **RESUMEN**

La presencia de pequeñas partículas de plástico, o también llamadas microplásticos, en el agua dulce es un hecho actual que supone un gran problema para el medioambiente y detectarlos de manera eficaz sería un paso importante de cara a buscar una solución. Hasta el momento se han empleado diversos métodos para detectarlos, como la espectrofotometría, agentes quelantes, etc., pero nadie lo ha intentado por medio del sonido. Con agua de río recogida de diferentes puntos de Pamplona: en Olloki (antes de la llegada a la ciudad y sin pasar por la potabilizadora), en el Club Natación Pamplona (por su paso por el centro de la ciudad) y en Ororbia (después de la ciudad y tras pasar por la depuradora), un altavoz, un afinador y algunos instrumentos de laboratorio se ha creado un procedimiento sencillo y útil para hallar microplásticos en el agua; no sin antes realizar varios controles para garantizar que realmente se está midiendo plástico y que la investigación no se ve influida por otros agentes como el lodo, las piedras o la biodiversidad del mismo río.

### INTRODUCCIÓN

Desde que el término "microplástico" fue introducido en 2004 por el biólogo marino Richard Thompson, estos se han hallado en infinidad de lugares: desde el agua en mares y polos hasta en alimentos cotidianos. Entre el 60 y el 80 % de residuos marinos son plásticos, en especial microplásticos, pequeños fragmentos de plástico con un diámetro menor de 5 mm. Estos, al igual que un plástico común, tardan más de 500 años en descomponerse (Greenpeace, s.f).

Aunque la mayoría de los estudios se han hecho sobre agua salada, también existe contaminación de microplásticos en agua dulce. Es importante recordar que tanto en el agua dulce como salada existen ecosistemas con miles de especies marinas que, en su mayoría, se comunican a través de ondas de sonido. El sonido en el agua se transmite con mayor rapidez que en el aire y distintos animales,

como los delfines, emiten para comunicarse silbidos y gorieos que viajan a una frecuencia de 300 KHz (Bazúa Durán, 2010).

Por todo esto, nuestra implicación con el medio ambiente y la contaminación, combinados con nuestro gusto v conocimientos musicales, han sido dos factores clave que nos han llevado a la realización de este proyecto, ya que pensamos que unir música y ciencia en un proyecto de investigación puede ser divertido a la vez que útil para comprobar la presencia de microplásticos en el agua.

### **ANTECEDENTES**

Hasta la fecha de hoy, la cantidad de artículos y experimentos relacionados con esta investigación no es muy abundante. Casi todos los artículos que se han encontrado, indican el uso de la espectrofotometría como técnica para medir los microplásticos en el agua. Sin embargo, esta opción es inviable en este trabajo dado que los precios de un espectrofotómetro oscilan entre los 3.000 y 9.000 € (Labotienda, 2022).

Otra opción encontrada es el uso de un agente quelante que atrape los microplásticos para posteriormente cuantificarlos (Da Costa et al., 2021), pero es totalmente inaccesible económicamente (Biovea, 2022).

Usando estas técnicas, científicos españoles han concluido que los microplásticos encontrados en agua dulce del ártico provienen de la industria textil, aunque también están presentes pequeñas partículas de uso doméstico como pasta de dientes y exfoliantes (Edo Cuesta, 2020). Sin embargo, no se ha encontrado ninguna referencia de que, hasta ahora, algún proyecto de investigación haya analizado la presencia de microplásticos en el agua a través del sonido.

### HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Tras este análisis inicial, se plantea la siguiente hipótesis: ¿Se podría comprobar la presencia de microplásticos en el agua dulce analizando la transmisión del sonido?

Este trabajo de investigación cumplir los siguientes objetivos:

- 1. Comprobar cómo se transmite el sonido en agua sin microplásticos, control negativo.
- 2. Comprobar cómo se transmite el sonido en agua con microplásticos, lodos y piedras, controles positivos.
- 3. Analizar la presencia de microplásticos en agua de río antes, durante y después de su paso por una ciudad.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Primero de todo, para realizar el muestreo, se ha recogido agua del río Arga a su paso por la ciudad de Pamplona en tres puntos distintos. Antes su llegada a la ciudad, en Olloki (42° 50' 00.1" N - 1° 35' 12.0" W), donde el río es estrecho y la corriente fuerte. El segundo punto es a su paso por la ciudad de Pamplona, en las pasarelas junto al Club Natación Pamplona (42° 49' 05.8" N - 1° 38' 10.4" W), donde el río es más ancho y la corriente está ya más calmada. Y, por último, a la salida de la ciudad, después de la depuradora, en Ororbia (42° 48' 51.5" N - 1° 44' 55.2" W), donde el río es un poco más estrecho y la corriente tranquila. Para recoger el agua, esta se ha almacenado en botellas de 1,5 L de capacidad (hasta un total de 6 L por lugar de muestreo) y llevado al laboratorio del Colegio para proceder con el experimen-

Los instrumentos y materiales utilizados en el experimento son: una probeta, un cristalizador, una placa calefactora, un termómetro sumergible en agua, un altavoz (mínimo ipx7 o ip67, que soporte salpicaduras de agua), un afinador, un vaso de precipitados, 750 ml de agua destilada, 280 ml de agua de río por muestra, trozos de plástico de botella, piedras y lodo del río.

Se han realizado 10 mediciones por cada uno de los puntos en los que se ha recogido agua (Olloki, Pamplona y Ororbia). Primero se miden 280 ml de agua con una probeta y se vierten sobre un cristalizador. Éste se coloca sobre una placa calefactora y, con la ayuda de un termómetro, se mide la temperatura hasta alcanzar los 25°C. Una vez que el agua se calienta, se vuelve a verter sobre un vaso de precipitados, en el que previamente se habrá colocado el altavoz. Después, este se conecta

por Bluetooth a un móvil con una aplicación de piano digital v se emiten una serie concreta de notas musicales en el orden indicado: Do grave, Do agudo, Re grave, Re agudo, Mi grave, Mi agudo, Sol grave y Sol agudo. Las oscilaciones de frecuencia de las notas emitidas se miden con un afinador y se graban para posteriormente analizar los resultados.

Para los controles positivos, se utilizan 280 ml de agua destilada en cada uno de ellos. Se vierten en un cristalizador donde después se añadirán trocitos de plástico de distintos tamaños. las piedras O el lodo. respectivamente. Previamente se habrá colocado el altavoz en el recipiente y se habrá conectado a un móvil. Una vez listo, se podrán comenzar a emitir las notas mencionadas con anterioridad.

Finalmente, para el control negativo se necesitan también 280 ml de agua destilada. Se coloca el altavoz en el interior de un cristalizador, se conecta a un dispositivo móvil y se vierte el agua destilada a 25°C. Después, se emiten las notas para medir su frecuencia.

### **RESULTADOS**

Tras realizar un control negativo empleando agua destilada para hacer la medición se puede ver que el afinador marca la frecuencia de la nota de manera totalmente correcta y sin mostrar desafinación, tal y como se observa en la imagen 1.

En el control positivo, con agua destilada y con trozos de plástico, el afinador marca la frecuencia de la nota desafinada en el Re grave y en Do agudo, como se puede ver en la imagen 2. Sin embargo, no hay ningún cambio en la frecuencia de las muestras con piedras y lodo.

Tal y como se ve en el gráfico de la figura 3, que representa los resultados obtenidos en el experimento, hay cuatro notas que muestran desafinación en los tres sitios en los que se ha muestreado. Son el Do grave, el Re grave, el Do agudo y el Mi agudo. Aunque la nota que más veces se ha desafinado a la largo del experimento ha sido el Mi agudo, que muestra variaciones en siete de las muestras de Olloki, cinco de Pamplona y cuatro de Ororbia. Por otro lado, las notas en las que menos



Imagen 1. Afinador mostrando el valor de frecuencia, y su no variación, en la medición del control negativo. Fuente: elaboración propia.



Imagen 2. Afinador mostrando el valor de frecuencia, y su no variación, en la medición del control positivo con plástico. Fuente: elaboración propia.

se manifiestan desafinaciones son en el Mi grave, presente en una muestra de Pamplona y el Sol grave que se manifiesta en tan solo dos muestras en Olloki. Todos los resultados del experimento están registrados en la tabla

### **CONCLUSIONES**

Tras analizar los resultados, se pueden concluir distintas ideas. Para empezar, gracias al control positivo de lodo y piedras, podemos concluir que no estamos midiendo ninguna de ambas opciones, ya que no hubo variaciones en las frecuencias. En cambio, los plásticos sí producen variaciones en el control positivo con ellos y en el agua destilada, sin nada disuelto en ella, no hay tampoco ningún tipo de cambio.

### Muestras con cambios en la frecuencia de transmisión del sonido

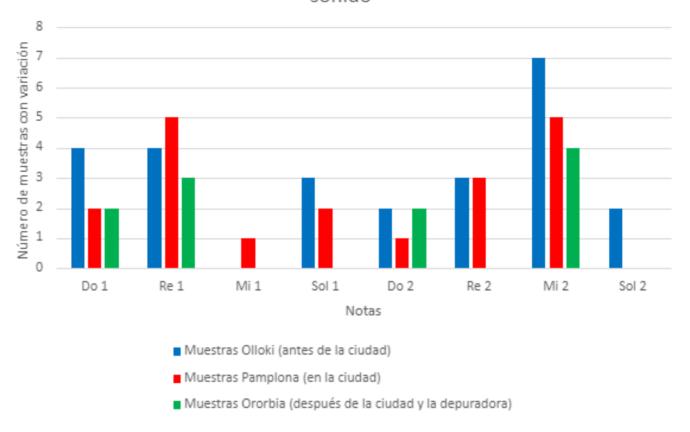


Imagen 3. Gráfica con el número de muestras en las que cada nota varía su frecuencia, según lugar de recogida. Fuente: elaboración propia.

Si se observan los resultados obtenidos en las distintas áreas de recogida, se ve como tras el paso de la depuradora el número de variaciones en las notas es más escaso. Esto es así porque, gracias al proceso de depuración, los microplásticos se filtran y su presencia es menor.

En general, podemos constatar que este sistema puede ayudar con la medición de microplásticos, aunque no es un método muy fiable porque las variaciones son muy pequeñas.

Esto último está relacionado con el problema que se ha tenido con los altavoces. dado que al ser ipx7 pueden resistir salpicaduras, pero no estar sumergidos mucho tiempo. Por ello, sería mejor si en un futuro, se realizará el experimento con un altavoz ipx8, resistente a ser sumergido en el agua.

### **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer a las siguientes personas e instituciones por ayudarnos en nuestro proyecto. A nuestros tutores; Javier Elizalde, Verónica Pérez y Raquel Urrutia (profesora de prácticas) por guiarnos y enseñarnos el proceso de un proyecto de investigación durante todo el trabajo realizado y por habernos llevado a todos los sitios de muestreo en sus coches. A los compañeros de la extraescolar Robótica e Investigaciones Científicas: Irene San Martín, Juan Yue Guijarro, Víctor Baigorrotegui, Lucas Ollacarizqueta, Bogdan Cosciug, Juan Azparren y Juan Ascunce, por su apoyo durante todas las horas en las que hemos compartido laboratorio y aula de informática. Y al Colegio Luis Amigó, por proporcionarnos las instalaciones y el laboratorio en el que realizar los experimentos.

Agradecer también a Planeta STEM y Elhuvar, por la organización de la iornada del encuentro entre pares del día 25 de febrero de 2022 y por ponernos en contacto con Sebastián Coba (Doctorando en Química Aplicada y Materiales Poliméricos en la UPV), Rafael Aldabe (investigador de CIMA/Universidad de Navarra). Jokin Fernández (investigador de Proteómica de Navarra Bio-Med) y Sonia Elizondo (investigadora de la Universidad Pública de Navarra), quienes nos han asesorado para poder mejorar y ampliar este proyecto de investigación.





### BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

Bazúa-Durán, C. (2010) Sonidos en el mar: el delfín y el camarón tronador [Online]. Disponible en:

https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/i mages/revista/61\_1/PDF/07-RuidoAmbiental 61 1.pdf (Consultado el 8 de abril de 2022).

Biovea. (2022) EDTA (Calcio Disódico) Agente Quelante 600mg 100 Cápsulas de Arizona Natural [Online]. Disponible en: https://www.biovea.com/es/product/det ail/12683/edta-calcio-disodico-agentequelante-600mg-100-capsulas (Consultado el 8 de abril de 2022).

Da Costa, P. et al. (2021) Detection and characterization of small-sized microplastics (≥ 5 µm) in milk products [Online]. Disponible en:

https://www.nature.com/articles/s41598 -021-03458-7 (Consultado el 8 de abril de 2022).

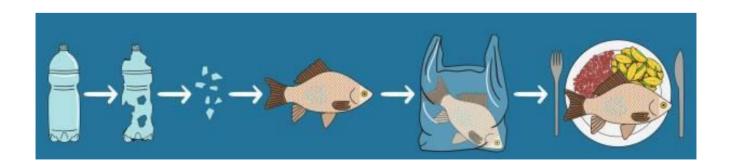
Greenpeace. (s.f.) Plásticos en los océanos. Datos, comparativas e impactos [Online]. Disponible en: https://archivoes.greenpeace.org/espana/Global/espana /2016/report/plasticos/plasticos\_en\_los\_ oceanos LR.pdf (Consultado el 8 de abril de 2022).

Lim, X. Z. (2021) "Los riesgos de los microplásticos", Investigación y ciencia, (540), pp. 50-57.

Wikipieda. (2022) Frecuencias de afinación del piano [Online]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencias \_de\_afinaci%C3%B3n\_del\_piano (Consultado el 8 de abril de 2022).

Nota	Do 1	Re 1	Mi 1	Sol 1	Do 2	Re 2	Mi 2	Sol 2
Frecuencia estándar								
(Hz) (Wikipedia, 2022)	32,7032	36,7081	41,2035	48,9995	65,4064	73,4162	82,4069	97,9989
Variación control	0	0	0	0	0	0	0	0
negativo	U	0	U	U	0	U	0	0
Variación control	0	-10	0	0	20	0	0	0
positivo con plástico	0	-10	0	0	20		0	0
Variación control	0	0	0	0	0	0	0	0
positivo con lodo				, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,				
Variación control	0	0	0	0	0	0	0	0
positivo con piedras								
Olloki 1	0	0	0	0	0	0	10	0
Olloki 2	0	0	0	0	0	10	10	0
Olloki 3	10	-10	0	10	0	-10	0	-10
Olloki 4	0	-10	0	0	10	0	0	0
Olloki 5	-10	-10	0	-10	0	10	10	-10
Olloki 6	0	0	0	0	15	0	10	0
Olloki 7	10	0	0	0	0	0	10	0
Olloki 8	-10	-20	0	-10	0	0	0	0
Olloki 9	0	0	0	0	0	0	-15	0
Olloki 10	0	0	0	0	0	0	10	0
Pamplona 1	20	0	0	0	0	0	0	0
Pamplona 2	0	-10	0	0	-10	0	-10	0
Pamplona 3	0	-10	0	0	0	-15	15	0
Pamplona 4	0	0	10	0	0	0	10	0
Pamplona 5	0	10	0	-10	0	0	10	0
Pamplona 6	0	0	0	0	0	0	0	0
Pamplona 7	0	0	0	0	0	0	0	0
Pamplona 8	10	-10	0	0	0	0	15	0
Pamplona 9	0	0	0	0	0	10	0	0
Pamplona 10	0	-10	0	-10	0	-15	0	0
Ororbia 1	0	-10	0	0	0	0	10	0
Ororbia 2	0	0	0	0	0	0	0	0
Ororbia 3	0	0	0	0	10	0	10	0
Ororbia 4	10	0	0	0	0	0	0	0
Ororbia 5	0	0	0	0	0	0	0	0
Ororbia 6	0	-10	0	0	0	0	0	0
Ororbia 7	0	0	0	0	0	0	10	0
Ororbia 8	0	0	0	0	0	0	0	0
Ororbia 9	0	-10	0	0	0	0	-10	0
Ororbia 10	10	0	0	0	0	0	0	0

**Tabla 1.** Frecuencias de las notas que se han tocado en el experimento, y variación en cents, de los controles negativo y positivos y las muestras de Olloki, Pamplona y Ororbia. Fuente: elaboración propia.











JORNADA ENTRE PARES
PLANETARIO DE PAMPLONA
25 DE FEBRERO DE 2022





### **RESUMEN**

A través de la realización de este proyecto investigador se quiere comprobar si es posible realizar la construcción de un espectrofotómetro con piezas de LEGO, aplicando la filosofía DIY ("Do It Yourself", hazlo tú mismo), y experimentar varias muestras con diferentes concentraciones. Tras la lectura y análisis de varios artículos relacionados con el tema, se lleva a cabo un prototipo de espectrofotómetro. El espectrofotómetro es un instrumento de laboratorio que mide la concentración de una disolución (por ejemplo: en una disolución de sal y agua, el espectrofotómetro mediría la concentración de sal), gracias al concepto de longitud de onda. En cuanto al funcionamiento, cabe destacar sus dos sensores EV3 enfrentados entre sí y separados por la cubeta, de los cuáles uno proyecta una luz blanca, que atraviesa la muestra; mientras que el otro la recibe. Además, mencionar sus dos programas que permiten calibrar los sensores y medir las muestras que se encuentran dentro de este. Además, se llevará a cabo una práctica del funcionamiento del espectrofotómetro utilizando diferentes concentraciones de permanganato potásico (KMnO<sub>4</sub>): 0,0005 M (concentración molar); 0,0002 M; 0,0001 M y 0,00005 M.

### INTRODUCCIÓN

El espectrofotómetro es un instrumento que tiene la capacidad de proyectar una luz monocromática a través de una muestra y medir la cantidad de luz que es absorbida por dicha muestra. Una vez medida la cantidad la luz que pasa a través de la muestra, se puede hallar la cantidad de sustancia que se quiere analizar, comparándola con otras muestras

de dilución conocida (Equipos y Laboratorio, s.f.).

Hay dos tipos de espectrofotómetros:

Los de matriz, array, en los que la muestra está iluminada por un haz de luz UV/VIS (ultravioleta/visible), que contiene todo el espectro. De esta forma, la muestra absorbe simultáneamente las diferentes longitudes de onda de luz. La luz transmitida es difractada por una rejilla de reflexión, situada después de la cubeta.

Y los de UV/VIS de haz simple o doble: en los de haz simple, el haz de luz originado en la lámpara se guía directamente a través de la cubeta de muestra hasta el detector. En cambio, en la configuración de los de doble haz, el haz de luz de la lámpara se divide en dos de intensidades iguales, uno de referencia y otro de muestra. Cada haz pasa por una cubeta diferente, la de referencia (con el solvente) y la de muestra, de forma simultánea (Laboratorios Eyco, 2021).

Para entender bien cómo funciona un espectrofotómetro, hav que explicar qué es el concepto de longitud de onda. Una onda consiste en una perturbación no física que implica un transporte de energía, de ahí que no se pueda ver (Mundo Microscopio, s.f.). Pero la longitud de onda no es solo eso, la longitud de onda es la distancia que hay entre estas dos perturbaciones. Este parámetro es aplicable a una onda periódica, es decir, para cualquier onda que se repita con la misma forma a lo largo de un determinado tiempo.

La longitud de la onda periódica es la distancia que hay entre dos ondas. Dado que es una distancia física, se usan unidades del sistema internacional como metros, milímetros,

nanómetros, etc., para medirla. Como puede observarse en la figura 1, el símbolo utilizado para medir toda clase de ondas es lambda (λ) y se calcula con la relación entre la velocidad a la que viaja la onda y la frecuencia a la que lo hace. Por ejemplo, si una onda tiene una fre-cuencia de 5 veces por segundo, significa que esta onda se repite 5 veces por cada segundo. Esto se puede expresar con una frecuencia de 5 hercios o 5 Hz.

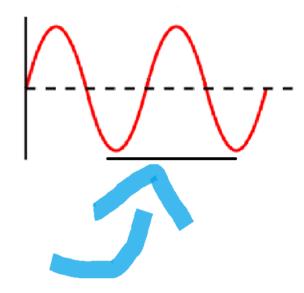


Figura 1. Representación de qué es una longitud de onda. Fuente: elaboración propia.

$$longitud\ de\ onda\ (\lambda) = \frac{velocidad\ de\ transmisi\'on\ (v)}{frecuencia\ (f)}$$

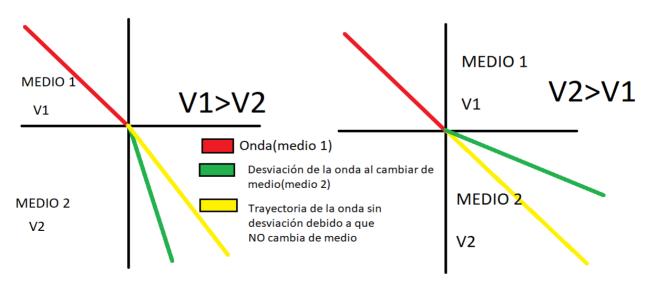


Figura 2. Cómo afecta el medio y la velocidad a la trayectoria de la onda. Fuente: elaboración propia.

La onda siempre tiene una velocidad constante, pero debido a distintos elementos puede llegar a cambiar su trayectoria y su velocidad. Su velocidad es influenciada por la rigidez y densidad del medio; cuanto más rígido sea el medio mayor será la velocidad; no obstante, cuanto mayor sea la densidad, menor será la velocidad. Se producen perturbaciones en la trayectoria de una onda si la onda pasa de un medio con una velocidad a otro medio distinto con distinta velocidad (Tomé-López, 2018). Esto puede observarse en la figura 2.

El espectro electromagnético es una representación en la que se clasifican las ondas de luz según su rango de frecuencia. Un espectrofotómetro puede utilizar cualquier tipo de luz para realizar sus medidas. En este proyecto, se utilizará la luz visible (ver figura 3).

Por último, también es importante introducir el pensamiento "Do It Yourself" (DIY). Esta práctica tiene como finalidad conseguir el mejor resultado posible, ante un problema, con el mayor beneficio y ahorro de dinero. Además, mediante esta técnica, las personas aprenden con la práctica, desarrollan sus destrezas en manualidades y es una actividad muy divertida frente al aburrimiento (Wikipedia, 2022).

Este trabajo tiene la finalidad de informar sobre el abanico de posibilidades que tiene la tecnología, creando a partir del *LEGO MIND*- STORMS EV3 un instrumento fundamental en los laboratorios, el espectrofotómetro. La tecnología nunca nos falla, siempre nos sorprende, cosas que pensábamos que solo aparecían en películas se están convirtiendo en realidad. Es por eso que este trabajo propone un gran desafío, construir un espectrofotómetro de LEGO MINDSTORMS EV3 a partir del reto y la tecnología DIY.

### **ANTECEDENTES**

Entre los proyectos ya existentes DIY, se encuentran espectrofotómetros utilizando *LEGO MINDSTORMS NXT*, *ARDUINO UNO* y una caja de cartón.

Investigadores de los Departamentos de Ingeniería Electrónica y de Química y Bioquímica de la Northern Illinois University, consiguieron desarrollar un primer modelo de medición de muestras por espectrofotometría utilizando un kit de LEGO MINDSTORMS NXT. Su trabajo se centró en buscar relaciones entre las concentraciones de sustancia y su absorbancia (Kocanda et al., 2010). Es un buen modelo de trabajo inicial, sin embargo, este proyecto de investigación pretende ir más allá, utilizando el LEGO MINDSTORMS EV3, siguiente modelo, mucho más preciso y con mejores emisores/sensores de luz.

Un astrónomo aficionado, cuya tarea era dar una charla a otros astrónomos, desarrolló con *ARDUINO UNO* un espectrofotómetro

## 103 1 10-3 10-5 10-7 10-8 10-9 10-10 ONDAS DE RADIO MICROONDAS INFRA ROJOS VISIBLE V

CLASIFICACIÓN DE LAS ONDAS

Figura 3. Espectro electromagnético con la clasificación de las ondas de luz. Fuente: elaboración propia.

para realizar un pequeño experimento, en el cual construyó un espectrofotómetro para saber si los métodos caseros de limpieza de cubetas eran efectivos y así pudo saber si estos funcionaban (Chung, 2015). Es un buen modelo, ya que está hecho con ARDUINO y es barato; no obstante, este es utilizado meramente para comprobar un método de limpieza de cubetas, no de medición de concentraciones.

El último espectrofotómetro DIY encontrado es algo más técnico que los demás. Sin embargo, en el precio de este espectrofotómetro no se menciona que es necesario tener una impresora 3D para imprimir toda la caja. No obstante, este es un proyecto bastante avanzado y técnico (Ferrando, V. et al., 2017).

### HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

En esta investigación, se plantea la siguiente hipótesis: ¿es posible desarrollar un espectrofotómetro a base de piezas de LEGO MINDSTORMS EV3?

Entre los objetivos, se destaca como principal conseguir la construcción de un espectrofotómetro funcional con piezas de LEGO MINDSTORMS EV3. Como objetivo secundario, se medirán distintas concentraciones de disoluciones de permanganato potásico (KMnO₄) en agua destilada para comprobar la eficacia del espectrofotómetro construido.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para construir el espectrofotómetro son necesarias una serie de piezas LEGO MIND-

STOMS EV3: un ladrillo, dos sensores de luz y dos cables conectores. Además, se necesitan piezas de LEGO negras para construir la caja del espectrofotómetro para que, de esta manera, entre menos luz al interior, lo cual permite una medición más precisa.

Para realizar el experimento de laboratorio se utilizan los siguientes instrumentos y materiales: 4 matraces Erlenmeyer de 50 ml, un matraz aforado de 500 ml, una pipeta y un pipeteador de 10 ml, 657,5 ml de agua destilada, 0,079 g de KMnO<sub>4</sub> y 20 tubos de espectrofotometría.

En primer lugar, se monta el espectrofotómetro con las piezas de LEGO según el diseño propio, buscando que sea pequeño, compacto y fácil de transportar.

Después, se prepara la disolución de KMnO₄. Primero, se rellena el matraz aforado con 500 ml de agua destilada y se le añaden 0,079 g de KMnO<sub>4</sub>, consiguiendo una concentración de 0,001 M. Posteriormente, con la pipeta de 10 ml, se rellenan los matraces Erlenmeyer de la siguiente forma: un matraz con 25 ml de disolución, otro con 10 ml de disolución, otro con 5 ml de disolución y el último con 2,5 ml de disolución. Luego se enrasan los cuatro matraces hasta un volumen total de 50 ml. de manera que se forman disoluciones de diferentes concentraciones: 0,0005 M; 0,0002 M; 0,0001 M y 0,00005 M respectivamente.

Se programa el LEGO MINDSTORMS EV3 para realizar una calibración de los sensores (ver figura 4) y se carga el programa de lectura de muestras en el ladrillo (ver figura 5).

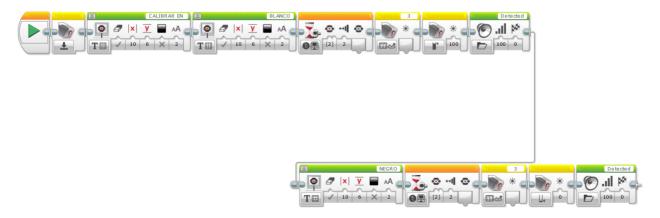


Figura 4. Programa para calibrar los sensores del espectrofotómetro. Fuente: elaboración propia.

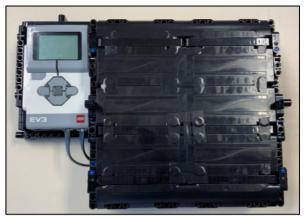
Posteriormente, se rellenan los tubos de espectrofotómetro (5 tubos por cada disolución) mediante la pipeta y el pipeteador de 10 ml hasta su enrasado. Finalmente, colocar la muestra en el soporte del espectrofotómetro y realizar la medición a cada concentración.

### **RESULTADOS**

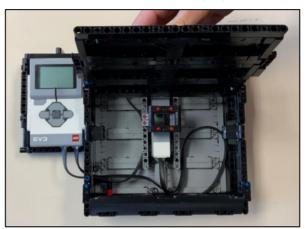
El espectrofotómetro desarrollado se compone de una caja de 27 cm de ancho, 19,2 cm de largo y 9 cm de alto. Todas las piezas empleadas son de color negro y tiene una trampilla en la parte superior que permite acceder a su interior. Además, a la izquierda del espectrofotómetro se localiza el ladrillo, como se puede ver en las figuras 6 y 7.

En el interior del espectrofotómetro se pueden ver dos sensores de luz, uno enfrente de otro. El primero es el emisor de luz y el otro el receptor del haz de luz. Entre ellos está un soporte en el que se pueden poner las muestras. Este soporte está ajustado a los tubos de espectrofotometría de manera que estos quedan anclados, sin poder moverse o salirse. Todo esto puede observarse en el detalle de la figura 8. Los sensores están conectados a través de cables al ladrillo EV3, que se puede retirar fácilmente del espectrofotómetro para extraer de una manera muy simple la batería situada en la parte trasera, como puede verse en la figura 9.

Para probar la eficacia del espectrofotómetro, se han realizado y analizado un experimento con  $KMnO_4$ . En el análisis de los resultados, que se observan en la tabla 1, se han realizado 16 mediciones en cada una de las cuatro concentraciones (0,0005 M, 0,0002 M, 0,0001 M y 0,00005 M). Entre los



**Figura 6.** Espectrofotómetro construido con piezas de LEGO. Fuente: elaboración propia.



**Figura 7.** Interior del espectrofotómetro. Fuente: elaboración propia.



**Figura 8.** Detalle de los sensores de emisión/recepción de luz y del soporte para tubos de espectrofotometría. Fuente: elaboración propia.

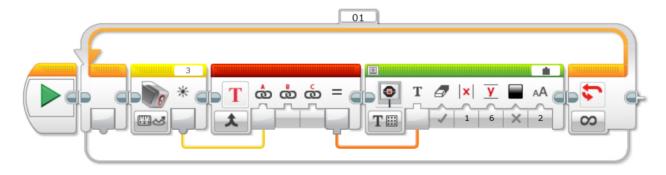


Figura 5. Programa para leer las muestras. Fuente: elaboración propia.

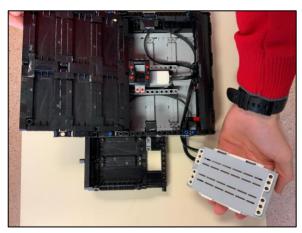


Figura 9. Detalle de lo simple que es poner y quietar la batería del ladrillo EV3. Fuente: elaboración propia.

	0,0005 M	0,0002 M	0,0001 M	0,00005 M
1	19	29	26	35
2	20	26	27	29
3	22	28	34	32
4	20	25	29	32
5	19	24	25	29
6	24	27	30	28
7	20	26	31	28
8	25	23	26	28
9	22	25	27	29
10	24	26	31	28
11	19	27	27	28
12	24	29	28	30
13	28	27	26	32
14	23	29	31	35
15	24	34	30	19
16	23	24	34	33
Media	22,25	26,81	28,88	29,69
Desviació n típica	2,59	2,66	2,83	3,77
Coeficien te de variación (%)	11,66	9,93	9,79	12,71
Mediana	22,5	26,5	28,5	29

Tabla 1. Mediciones de las distintas concentraciones de KMnO<sub>4</sub> utilizando el espectrofotómetro. Fuente: elaboración propia.

resultados se destaca el promedio del valor 22,25 en la concentración 0,0005 M; 25 en la concentración 0,0002 M, 28,88 en la concentración 0,0001 M y por último 29,69 en la concentración 0,00005 M. Además, la media coincide bastante bien con la mediana (22,5; 26,5; 28,5 y 29 respectivamente). A pesar de las limitaciones, el análisis de datos muestra una desviación típica baja (2,59; 2,66; 2,83 y 3,77), indicando que la mayor parte de las

muestras se agrupan entorno a la media. Por último, el cálculo del coeficiente de variación (11,66; 9.93; 9.79 y 12,71), por debajo de 30, indica que los resultados obtenidos son bastante parecidos. Destacar, que el sensor de luz EV3 mide los oscuros como valores bajos y los claros como altos, ya que el EV3 codifica del 0 (valor más oscuro) al 100 (valor más claro), por eso las concentraciones mayores de KMnO₄ muestran valores de medición más bajos que las concentraciones menores, como puede verse en la gráfica de la figura 10.

### CONCLUSIONES

El espectrofotómetro construido es funcional porque ha permitido la medición de una serie de muestras con concentraciones decrecientes de KMnO<sub>4</sub>, como se comprueba con los bajos coeficientes de variación obtenidos en el experimento. Además, el que sea pequeño, portable, sencillo, económico y de fácil cambio y recarga de la batería, han sido factores positivamente valorados por los investigadores de la jornada entre pares de Tecnociencia 2022, características muy destacadas en la ideología Do It Yourself (DIY).

Este logro no puede camuflar las limitaciones de este espectrofotómetro debido a que es un juguete y el sensor de color únicamente detecta los siguientes colores: blanco, negro, rojo, azul, verde, amarillo y marrón.

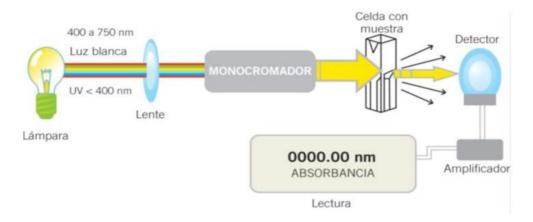
### **AGRADECIMIENTOS**

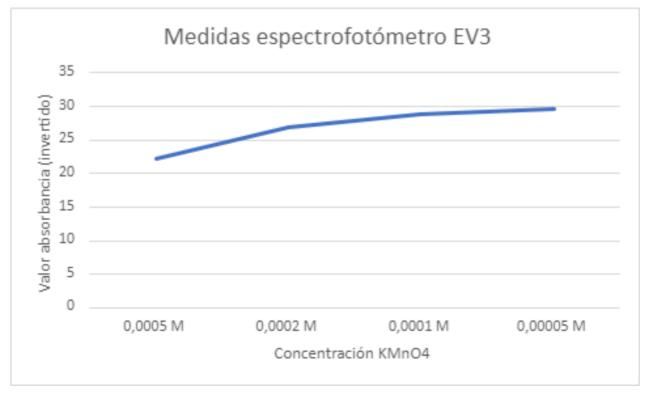
Queremos agradecer a las siguientes personas e instituciones su ayuda y apoyo en este proyecto de investigación. Comenzamos por los investigadores: la Dra. Teresa del Río Gaztelurrutia, del Dpto. de Física Aplicada de la Escuela de Ingeniería de Bilbao, UPV/EHU; Enrique Santamaría, de Navarra Bio-Med; Rafael Aldabe Arregui, del CIMA/Universidad de Navarra; y Adrián Claver Alba, de la Universidad Pública de Navarra-CSIC. La doctora del Río nos ayudó y guió por videollamada en los inicios del proyecto y el resto de investigadores aportaron muy buenos avances y comentarios en la jornada entre pares del 25 de febrero de 2022.

A nuestros tutores, Javier Elizalde y Verónica Pérez, por su asesoramiento científico durante todo el trabajo realizado. A nuestros compañeros de la extraescolar *Robótica e Investigaciones Científicas*, por su apoyo incondicional: Lucas Ollacarizqueta, Jun Yue Guijarro, Víctor Baigorrotegui, Irene San Martín, Jorge Bosque, Ainara San Miguel y Lucía Royo. Agradecer también al Colegio Luis Amigó por permitir el uso de sus instalaciones, el laboratorio y el material aportado.

Para terminar, agradecemos cordialmente a *Planeta STEM* (Planetario) y *Elhuyar* la organización del encuentro entre pares del día 25 de febrero de 2022, donde pudimos presentar el trabajo realizado hasta ese momento a varios investigadores de Navarra citados anteriormente.







**Figura 10.** Gráfica que relaciona el valor de la concentración de KMnO<sub>4</sub> con la absorbancia detectada por el espectrofotómetro. Fuente: elaboración propia.

### **BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA**

Chung, J. (2015) Espectrofotómetro de Arduino [Online]. Disponible en: https://www.askix.com/espectrofotometr o-de-arduino.html (Consultado el 8 de abril de 2022).

Equipos y Laboratorio. (s.f.) Qué es y usos del espectrofotómetro [Online]. Disponible

https://www.equiposylaboratorio.com/po rtal/articulo-ampliado/quE-es-y-usosdel-espectrofotometro (Consultado el 8 de abril de 2022).

Ferrando, V. et al. (2017) Diseño y desarrollo de un espectrofotómetro óptico versátil de bajo coste [Online]. Disponible

https://riunet.upv.es/bitstream/handle/1 0251/105900/a5801.pdf?sequence=1 (Consultado el 8 de abril de 2022).

Laboratorios Eyco. (2021); Para qué se utiliza la espectrofotometría UV-VIS v cómo funcionan los equipos de medición? [Online]. Disponible en:

https://www.laboratorioseyco.com/paraque-se-utiliza-la-espectrofotometria-uvvis-v-como-funcionan-los-equipos-demedicion/ (Consultado el 8 de abril de 2022).

- Color Sensor - Reflected Light Sensor Ambient Light Sensor

Kocanda, M., Wilke, B. M. y Ballantine, D. S. (2010) "Using LEGO midstorms NXT<sup>TM</sup> robotics kits as a spectrophotometric instrument", International journal on samrt sensing and intelligent systems, 3(3), pp. 400-410.

Mundo Microscopio. (s.f.) Longitud de Onda (Definición y Ejemplos) [Online]. Disponible en:

https://www.mundomicroscopio.com/lon gitud-de-onda/ (Consultado el 8 de abril de 2022).

Tomé-López, (2018) Propagación de una onda [Online]. Disponible en: https://culturacientifica.com/2018/11/06 /propagacion-de-una-onda/ (Consultado el 8 de abril de 2022).

Wikipedia. (2022) Hágalo usted mismo [Online]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%A1 galo usted mismo (Consultado el 8 de abril de 2022).







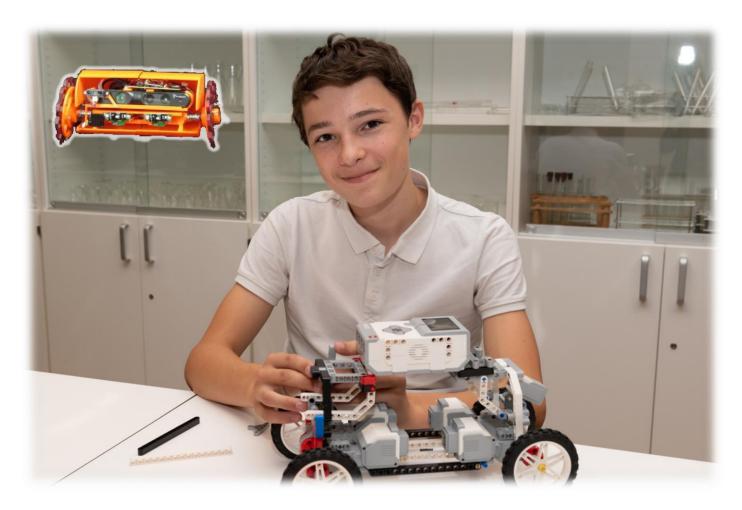




PALACIO DE CONGRESOS
BALUARTE
9 DE ABRIL DE 2022







### **RESUMEN**

El trabajo consiste en la elaboración un prototipo de robot con el fin de investigar el interior de los volcanes y recoger muestras en zonas de difícil acceso sin peligro. Hay investigaciones similares para la Fosa de las Marianas o Marte, la más parecida a este proyecto es el VolcanoBot1 que fue creado en 2017 por la NASA para el volcán Kilauea. Se han utilizado como materiales piezas de LEGO Technic, motores EV3, sensores de EV3 y una maqueta que simula el terreno de un volcán. Al principio se le montaron unas ruedas grandes, pero, tras pruebas, se ha decidido ponerle al prototipo ruedas de oruga que dan más sujeción al suelo dependien-do de qué esté formado. El robot tiene unas medidas de 18,5 x 15,5 centímetros y se ha programado para hacer tres tipos distintos de movimientos: ir hacia adelante y hacia atrás sorteando los obstáculos, ser capaz de detectar la lava y retroceder hasta cierto punto, e ir hacia adelante y cuando toque una piedra alta con el sensor de tacto que también retroceda. El objetivo desde el primer momento ha sido diseñar un robot que, de manera segura y eficiente, pudiese hacer lo que los humanos no pueden, entrar al interior de un volcán, y los objetivos propuestos se han cumplido.

### INTRODUCCIÓN

Desde hace años, muchos lugares de difícil acceso no pueden ser investigados por la complejidad que supone aproximarse a ellos o los riesgos que conlleva para los investigadores. Además, estos estudios en volcanes, el fondo del océano o el espacio suponen un coste muy alto y no siempre salen como se previeron.

Por ello, diversas empresas han empezado a crear robots especializados en distintas expediciones, programados y producidos de modo que puedan explorar lugares complicados o de imposible acceso para los humanos. Como por ejemplo el RU 29, un robot subacuático que fue construido para cruzar el Atlántico Sur y recoger datos, como la temperatura de las profundidades y lo salada que está el agua (Universidad de Las Palmas. 2016). Pero todo esto no es tan fácil como parece porque tiene que haber alguien que financie la expedición y proporcione los objetos necesarios para que esta salga tal y como se predijo. Si la investigación sale bien, se podrían obtener datos muy útiles para próximas expediciones.

Una de las investigaciones que más peligros presenta es la volcánica. A la hora de querer aproximarse al interior del volcán, las coladas del magma, caídas de ceniza o emanaciones de gas son constantes, sobre todo si el volcán está activo, de las características del magma o del proceso de salida a la superficie.

Por todo esto, sumado a mi pasión por los robots, su diseño, programación y al interés que en mí ha generado la reciente erupción del volcán de La Palma (Cumbre Vieia), en este proyecto me he propuesto prototipar un robot para expediciones, especialmente de volcanes, que permita recoger muestras y explorar las zonas con mayores temperaturas sin sufrir daños.

### **ANTECEDENTES**

Tras varias investigaciones, se ha encontrado un robot creado por la NASA para investigar volcanes. Este robot, llamado VolcanoBot1, se probó por primera vez en 2014 en el volcán Kilauea (Hawaii). Accedió a la fisura del volcán para ayudar a los investigadores a crear un mapa tridimensional de la fisura (Landau, E., 2017).

### HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La hipótesis planteada en este trabajo es la siguiente: ¿Se podría diseñar un prototipo de robot para explorar volcanes sin riesgos de manera eficiente, siguiendo los objetivos descritos a continuación?

- Prototipar un robot que sortee sin problemas obstáculos característicos de un volcán.
- 2. Analizar su comportamiento en superficies desiguales.
- Probar diseños de ruedas diferentes que sirvan para adaptarse a distintos tipos de suelo.

4. Comprobar la efectividad de los distintos sensores colocados en el robot.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para construir el prototipo del robot se ha utilizado: un ladrillo LEGO MINDSTORMS EV3: dos sensores, uno de color y uno de tacto de tipo EV3; cuatro motores tipo EV3; ruedas de oruga y piezas de LEGO. Para cons-truir la maqueta de experimentación se ha utilizado: cartón pluma, piedras de distintos tamaños y porosidades y pintura roja, negra y marrón.

Una vez el prototipo de robot se ha construido, se ha programado para realizar tres sencillos experimentos y comprobar su eficacia. El primero consiste en comprobar su movimiento y cómo supera obstáculos pequeños por lo que se ha programado para que vaya hacia adelante y hacia atrás con el software EV3. El programa es muy sencillo, como se puede ver en la imagen 1. Así se pueden probar diferentes tipos de ruedas para encontrar las mejores.

El segundo experimento consiste en comprobar si funciona el sensor de color para detectar lava. Se ha programado para que cuando detecte el color rojo de la lava se frene y vaya hacia atrás, como se ve en la imagen 2.

Y el tercer experimento sirve para ver si el sensor de tacto funciona correctamente. El programa que se ha creado sirve para que cuando se choque con una piedra grande y no la pueda subir, la detecte antes con este sensor, y que retroceda, imagen 3.

Todos los programas podrían ampliarse para que el robot hiciera giros, avanzara en otras direcciones, etc.

### **RESULTADOS**

Se ha construido un robot que mide 33 centímetros de largo, 18,5 centímetros de ancho y 15,5 centímetros de altura. Tiene 6 conexiones para 2 ruedas de oruga, las cuales se colocan en cada lado, 4 motores grandes y 2 sensores, uno de color y otro de tacto. Para acabar el diseño del prototipo se ha unido todo usado piezas de LEGO Technic. La planta, el perfil y el alzado del prototipo pueden

verse en las imágenes 4, 5 y 6, respectivamente.

El prototipo sortea los obstáculos de los volcanes sin problema. Se han probado diceños de ruedas diferentes, primero 4 ruedas normales (cada una conectada a un motor) v después 2 ruedas de oruga. Se ha visto que el suelo del volcán es un medio arenoso y las ruedas normales no agarran bien. Además, con estas ruedas el robot vuelca más fácilmente. En cambio, con las de oruga es más estable.

La efectividad de los sensores es muy buena, el sensor de color detecta el rojo y colores muy parecidos, por lo que si hay lava de color naranja también la detecta. El sensor de tacto también funciona correctamente, en cuanto toca algo, el robot se detiene y vuelve un poco hacia atrás.

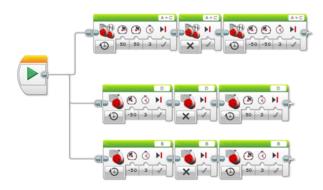


Imagen 1. Programa para que el robot se mueva adelante y atrás. Fuente: elaboración propia.

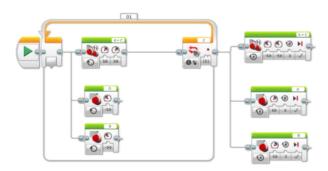


Imagen 2. Programa para que el robot se mueva hacia delante hasta que detecte el color rojo de la lava con el sensor de luz y, para evitar problemas, vuelva marcha atrás. Fuente: elaboración propia.

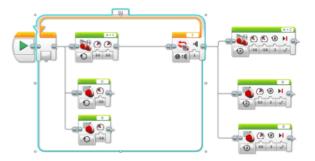


Imagen 3. Programa para que el robot se mueva adelante hasta que detecte un obstáculo insuperable con el sensor de tacto y vuelva marcha atrás. Fuente: elaboración propia.



Imagen 4. Planta del prototipo de robot explorador de volcanes. Fuente: elaboración propia.



Imagen 5. Perfil del prototipo de robot explorador de volcanes. Fuente: elaboración propia.

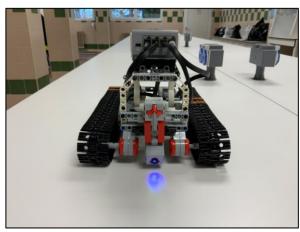


Imagen 6. Alzado del prototipo de robot explorador de volcanes. Fuente: elaboración propia.

### **CONCLUSIONES**

Se ha podido construir un prototipo de un robot con LEGO EV3 que, además de sortear los obstáculos, consigue todos los objetivos planteados. Sin embargo, como mejoras para un futuro se le añadirían sensores de temperatura y se construiría el robot de tungsteno. un material que soporta los +1200°C que tiene la lava.

Las limitaciones de esta investigación han sido los materiales, incluir algún sensor adicional y probar en superficies más irregulares e imprecisas.

### **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a las siguientes personas e instituciones por ayudarme con la investigación. En primer lugar, me gustaría agradecer especialmente a mis tutores Javier Elizalde y Verónica Pérez por su asesoramiento científico. Además, al Colegio Luis Amigó por dejarme usar el laboratorio y las instalaciones.



También quiero agradecer a Zuriñe Lorena Martín, Geóloga de la UPV: a Rafael Aldabe, investigador del CIMA/Universidad de Navarra; y a Mikel Sagüés, del Dpto. de Telecomunicaciones de la Universidad Pública de Navarra, por sus aportes y comentarios durante el proceso de diseño, desarrollo y prueba del prototipo de robot.

De igual modo, quiero dar las gracias a mis compañeros de la extraescolar Robótica e Investigaciones Científicas por su apovo v compañía y a Planetario, junto con Elhuyar, por la organización del encuentro entre pares del día 25 de febrero de 2022.

### **BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA**

Landau, E. (2017) Nasa Robot Plunges Into Volcano to Explore Fissure [Online]. Disponible en:

https://www.nasa.gov/jpl/nasa-robotplunges-into-volcano-to-explore-fissure (Consultado el 28 de noviembre de 2021).

ULPGC. (2016) La ULPGC, presente en el vídeo internacional sobre el robot autónomo submarino que, por primera vez en la historia, cruzó un océano [Online]. Disponible en:

https://www.ulpgc.es/noticia/ulpgcpresente-video-internacional-robotautonomo-submarino-que-primera-vezhistoria-cruzo (Consultado el 8 de abril de 2022).



### **HACE 10 AÑOS**



El 11 de marzo de 2012 se celebró en Pamplona la Final Nacional de la FIRST LEGO League España en su desafío Food Factor.

Al haber participado en la fase regional, los integrantes del equipo tuvieron la oportunidad de acompañar durante ese día a otros equipos, en concreto, de la comunidad autónoma de Andalucía: reserva de mesas para entrenar, guía a las salas de exposición, mantenerles al tanto de los horarios, etc.

Gracias a una muy buena organización desde CEIN, el equipo lo pasó genial y algunos de ellos volvieron a repetir años más tarde en otros eventos similares.



### **HACE 5 AÑOS**



Entre el 3 y el 5 de marzo de 2017, el equipo participó en la Final Nacional de la FIRST LEGO League Italia en su desafío Ani-mal Allies.

Fueron tres días de diversión en la ciudad de Rovereto en los que pudimos conocer a mucha gente y hacer grandes amigos. De hecho, un equipo volvió a contactar con nosotros a los años al ser invitados a acudir a la FLL Navarra.

Todos los miembros del equipo pudieron participar en el evento de alguna forma: presentación científica, valores, proyecto técnico o mesas de robot, pero lo mejor fue la gran actuación con las canciones de la película El Rey León que hicimos en el escenario principal antes de la entrega de premios.

Una experiencia inolvidable para otra generación de Luis Amigó Curiosity.

### **HACE 1 AÑO**



El equipo participó en su primer congreso científico, el XII Congreso Iberdrola Innova I+D+i. Fuimos seleccionados junto a otros 19 colegios de España para realizar una reunión. en esta edición online, y compartir todo lo aprendido durante la realización de los proyectos asignados. En nuestro caso, la convivencia se trasladó al Colegio, donde estuvimos un fin de semana entero conectados al Congreso y realizando todas las actividades que habían preparado tanto para alumnos como para profesores.

Pero la sorpresa aún fue mayor cuando 3 integrantes del equipo fueron seleccionados para la XII Semana del Investigador, en la que pudieron visitar de manera virtual diferentes laboratorios del CSIC relacionados con los temas investigados.





# CERTÁMENES DE JÓVENES INVESTIGADORES

Estos certámenes promueven la investigación entre los jóvenes mediante la **concesión de premios a trabajos realizados sobre investigaciones básicas o aplicadas, o prototipos**, relacionados con cualquiera de las áreas de estudio de Enseñanza Secundaria, Bachillerato o Formación Profesional.

Los alumnos pueden **presentar sus trabajos individualmente o en equipos de hasta 3 personas**, coordinados por un profesor del centro al que pertenezcan. Para ello, deben estar matriculados en **4° de Secundaria, Bachillerato o Formación Profesional** durante el curso en el que se realice la convocatoria del certamen. También podrán participar los alumnos que, estando en la universidad, hayan cursado 2° de Bachillerato el curso anterior a la convocatoria del certamen.

Hay muchos Certámenes de Jóvenes Investigadores: el Nacional promovido por Injuve, el Congreso Urania en Tudela o el *National Science & Technology Award* de la *Saint Louis University* de Madrid.

Deben escoger un tema o problema/situación que les llame la atención y generar una pregunta que más adelante derivará en una hipótesis. Creando sus propios experimentos y **usando el método científico**, comprobarán si su hipótesis se confirma o se rechaza.

Por último, tendrán que realizar u**na memoria investigadora, y una presentación y un póster científico** para defender su proyecto en el certamen en caso de resultar elegido.







