

# INSPIRA - Metacognición y Sostenibilidad en Ciencias e Ingeniería a través del Juego

## SuperZana, una biorrefinería de zanahorias como superheroína de la sostenibilidad

Juan García Serna<sup>1</sup>, Danilo Cantero<sup>1</sup>, Ruth Pinedo<sup>2</sup>, Cristina Gil<sup>3</sup>, José Vicente Hernández<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, Grupo [PressTech](#), Instituto de [Bioeconomía](#), [PENSATIC](#).

<sup>2</sup>Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación, [PENSATIC](#).

<sup>3</sup>Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y de la Matemática, [PENSATIC](#).

<sup>4</sup>Departamento de Filosofía, [PENSATIC](#).

email del coordinador/-a: [juan.garcia.serna@uva.es](mailto:juan.garcia.serna@uva.es)

### RESUMEN

El proyecto INSPIRA, enfocado en la metacognición y la sostenibilidad en ciencias e ingeniería a través del juego, es una iniciativa educativa que busca transformar cómo enseñamos la idea de biorrefinería y la sostenibilidad. Hemos creado a "SuperZana", una superheroína clave en una biorrefinería de zanahorias, para enseñar conceptos de sostenibilidad de una forma divertida y accesible, desde los más pequeños hasta estudiantes de doctorado.

Nuestro equipo es trans-disciplinar: tenemos ingenieros químicos, educadores en ciencias y filósofos del lenguaje, todos trabajando juntos/as. Hemos llevado a cabo talleres interactivos y hemos desarrollado materiales educativos específicos para enseñar sostenibilidad a través del concepto de residuo y de biorrefinería. Estas actividades se han implementado en varios colegios, como el CEIP Raimundo de Blas y el CEIP El Abrojo, impactando a más de 300 estudiantes y 20 profesores, y se han presentado en el Grado de Educación en Segovia. Hemos creado cuadernos de trabajo para estudiantes y profesores, carteles y kits educativos, y también hemos capacitado a los docentes para que, en un futuro cercano, el proyecto pueda seguir adelante por sí solo.

Con juegos como "Arte científico con zanahorias: SuperZana", los estudiantes han aprendido sobre la economía circular y la sostenibilidad de una manera práctica y divertida. Hasta el momento, nos hemos centrado en los niveles de infantil y primaria, porque pensamos que son la mejor base de trabajo para crear unos talleres STEM cercanos, comprensibles y divertidos.

INSPIRA no solo quiere mejorar la educación en la Universidad de Valladolid, sino también compartir todo lo aprendido y los recursos creados con la comunidad educativa en general, inspirando un cambio positivo hacia una sociedad que incorpore las ideas de sostenibilidad.

PALABRAS CLAVE: proyecto, innovación, docente, sostenibilidad, biorrefinería, juegos educativos.

## INTRODUCCIÓN

¿Qué aspectos de vuestro proyecto suponen una innovación educativa?

La gamificación en educación busca mejorar la motivación y participación de los estudiantes incorporando elementos de diseño de juegos con el objetivo de promover un aprendizaje más profundo. El término se acuñó a partir de 2010 y tiene una creciente popularidad. No obstante, hay autores que indican que sus resultados no son tan claros como puede parecer. Dichev y Dicheva (2017) concluyen que hay evidencia limitada sobre sus beneficios a largo plazo, que la práctica de gamificación ha avanzado más rápido que la comprensión teórica de sus mecanismos y que aún se desconoce cómo gamificar efectivamente según el contexto educativo. Indican la necesidad de estudios sistemáticos y se cuestiona si los beneficios observados son genuinos o simplemente efectos de la novedad de la introducción de elementos nuevos y atractivos en la clase [1].

El aprendizaje basado en juegos emerge como una herramienta poderosa en un momento donde la educación busca constantemente innovaciones, y las necesita. Hamari et al., 2016 han demostrado como un reto o desafío puede transformar radicalmente la experiencia educativa. Más allá de simplemente jugar, es el desafío inherente en estos juegos lo que resulta ser un catalizador para el

aprendizaje, y más aún el compromiso. Además, ser hábil potencia el compromiso, que es aquello que marca la diferencia [2]. Por ello, parece evidente la importancia de buscar intersección entre juego-desafío-compromiso.

¿Cuál es la motivación para llevarlo a cabo?

La inclusión de la idea de sostenibilidad en la enseñanza es vital. Desde que se definiera en 1987 en el informe Brundtland la implementación en la sociedad está siendo complicada o nivel práctico [3]. En la última década, la publicidad de los SDG (Sustainable Development Goals) con imagen atractiva ha mejorado. Es esencial que los programas académicos definan y adapten estas competencias en sostenibilidad, con el objetivo final de preparar a los graduados/as para mejorar el mundo, adaptándose a los desafíos cambiantes del sector [4]. Es precisamente esta voluntad por mejorar el mundo lo que puede animar al compromiso de los/as estudiantes. Este PID pretende fomentar desde edades tempranas y hasta la etapa adulta la sensibilización y comprensión de lo que es la sostenibilidad y cómo toda la ciudadanía puede aportar su influencia en el medio.

¿Cuál es el contexto en el que se ha llevado a cabo el proyecto?

Por todo ello, las actividades de este PID abarcarán desde la etapa de educación infantil, pasando por primaria, secundaria, estudios de grado, máster y doctorado. Originalmente se pretendía incluir aprendizaje servicio con personas con problemas de aprendizaje, capacidades especiales, el Programa Interuniversitario de la Experiencia y el Programa UVaDiversidad, pero por motivos diversos en estos programas no ha sido posible ejecutar ninguna acción hasta ahora.

¿A qué problema educativo ha dado respuesta?

La innovación combina creatividad, soluciones disruptivas y colaboración interdisciplinaria. Ingenieros/as químicos/as y expertos/as en educación en ciencias experimentales unen fuerzas, fusionando el enfoque de pensamiento y la gamificación para la enseñanza en sostenibilidad. Algunos problemas concretos solucionados es el aprendizaje de los “balances de materia” de manera natural, comprendiendo el principio de conservación de la masa. También la idea de reciclaje y reutilización.

### **GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS PROPUESTOS**

El proyecto **INSPIRA** tiene como meta principal transformar la educación en ciencias en todos los niveles educativos, desde la infancia hasta el doctorado, y el aprendizaje a lo largo de la vida mediante el uso de estrategias pedagógicas basadas en el juego y en el desarrollo del pensamiento. El proyecto **INSPIRA** lleva su nombre por dos razones fundamentales: "inspiración" como el impulso creativo necesario para innovar en la educación en ciencias e ingeniería, e "inspirar" para obtener el aire como el elemento vital que alimenta, renueva y sostiene el mecanismo de este desarrollo educativo.

Queremos que los estudiantes no solo aprendan conceptos científicos, sino que también desarrollen habilidades de pensamiento y metacognición, ya que precisamente estas habilidades les permitirán seguir aprendiendo de forma autónoma y crítica en cualquier ámbito de su vida. Además, buscamos fomentar una comprensión profunda de la importancia de la sostenibilidad en la ciencia y la ingeniería.

El ejemplo concreto, caso de estudio, que seleccionamos es una “Biorrefinería de Zanahorias”, que en algunos casos llamamos “**SuperZana**” y que de forma colorista, cercana y muy visual e intuitiva acerca los conceptos científicos de una biorrefinería a todos los niveles de conocimiento.

Durante la preparación del proyecto, en los primeros dos meses, se decidió concentrar los esfuerzos en la actividad de Biorrefinería “**SuperZana: Taller de biorrefinería con zanahorias**”. Inicialmente se había previsto crear 3 juegos distintos **SUSTAINABLE\_WORLD**, **BIOREF-MAKE** y **ESCAPABILITY**. Pero por limitaciones de presupuesto y de tiempo se ha decidido concentrar los esfuerzos en llevar el proyecto inicial a una escala de pilotaje superior, como se muestra en la consecución de objetivos.

El proyecto con los nuevos objetivos está prácticamente completado al 100%.

La actividad de biorrefinería SuperZana (Figura 1) parte de la idea de recuperar al máximo posible todos los componentes de nuestros alimentos, que en muchos de los casos están desaprovechados. Así se parte de hacer zumo de zanahoria y ver cómo el 50% del material se desecha... y desde ahí arrancamos y creamos un sistema de recuperación que puedan experimentar durante la actividad (Figura 2). La actividad culmina con la visita a los laboratorios PresSTech de algunos de los grupos de primaria.



Figura 1. Cartel infografía de anuncio de la actividad (Anexo 6)

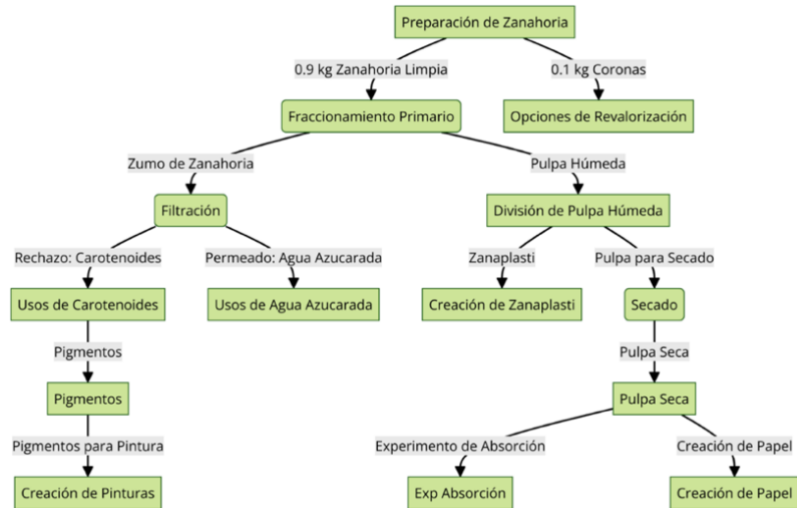


Figura 2. Diagrama de bloques desarrollado de la actividad SuperZana.



Figura 3. Bloques simulando una zanahoria

El aprendizaje del balance de materia se realiza utilizando una analogía que los estudiantes conocen muy bien y son los bloques de construcción, como se muestra en la Figura 3. La pieza verde simula la corona y la piel de la zanahoria que normalmente se desecha y que es 1/5 de la cantidad (100 g de 500 g). Mientras que las 4 piezas naranjas con los restantes 400g de 500g de zanahoria inicial. De esos 400 g cuando se realiza el zumo se separa en 200 g zumo y otros 200 g pulpa (que son 2 piezas naranjas en cada caso). Es una forma visual e intuitiva de comprender el principio de conservación de la masa.

**INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN Y DE CONTROL**

¿Qué instrumentos de recogida de datos para medir objetivos del proyecto?

Se crearon 3 cuadernos sobre la actividad. Dos de ellos para poder ver desde el punto de vista de la metacognición cómo había ido la actividad en infantil y primaria. Un tercer cuaderno para el profesorado de forma que se explica en detalle la actividad y sus puntos clave.

¿Qué mecanismos o instrumentos de control para ver la consecución de los objetivos del proyecto?

Se hicieron reuniones previas, durante y/o después de la actividad con los distintos docentes para ver cómo se había desarrollado la actividad.

Dentro del grupo core de trabajo hemos ido revisando los objetivos para ver que se cumplían.

Objetivos específicos	Acciones realizadas	Indicadores de logro	Recursos utilizados	Grado de consecución
1. Diseñar Juegos Educativos	1.a. Creación de un equipo multidisciplinar ingeniería, ciencias, educación y filosofía.	Equipo core de 5 personas de distintas disciplinas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniería Química</li> <li>• Ciencias experimentales</li> <li>• Filosofía del lenguaje</li> <li>• Educación</li> </ul>		Finalizado
	1.b. Definición de la narrativa, tipo de juego y objetivos de "SuperZana"	Se crea el juego SuperZana, el logo y la trama. Se crea como una actividad de tipo taller pero con una gran versatilidad para poder incluir juegos y desarrollo de habilidades STEAM y creatividad.	Programas de infantil y primaria. Equipos laboratorio PressTech.	Finalizado
	1.c. Crear los materiales para el taller	Creación de los distintos rincones de trabajo (4 rincones).		Finalizado
	1.d. Compra de materiales	Compra de todos los equipos necesarios.	A través de VirtUVa según el procedimiento: contrato menor	Finalizado
	1.e. Preparar las distintas actividades-rincón	Se hizo una prueba "proof of concept" en los laboratorios PressTech con el equipo core. Después las pruebas se fueron adaptando a los distintos niveles.		Finalizado
	1.f. Mejora del juego	Se ha realizado la actividad en formato toda-la-clase a la vez, y después se ha adaptado para trabajar en 4 rincones y poder acoger a mucha más cantidad de estudiantes con un programa específico en cada rincón.	Se ha ido mejorando y adaptando con el paso de los días de realización de la actividad.	Finalizado
2. Implementación Multinivel o pilotaje	2.a. Reunión con los distintos profesores/as y educadores/as	Nos hemos reunido con profesores/as del CEIP "Raimundo de Blas" (Valladolid) y "El Abrojo" (Laguna de Duero) para poder diseñar la actividad muy específica y con recomendaciones de las/os profesores. Implicación alta de al menos 6 docentes por CEIP en preparación y/o actividad.	Programas de infantil y primaria.	Finalizado
	2.b. Adaptación del taller	Se ha preparado material para cada uno de los centros: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuaderno del estudiante.</li> <li>- Cartelería</li> <li>- Pegatina de "Investigador/a"</li> <li>- Pipeta de laboratorio de regalo.</li> <li>- Zanahorias, zumo y zanaplasti.</li> </ul>	Material adquirido para la actividad. Instrumental variado de cocina.	Finalizado

Objetivos específicos	Acciones realizadas	Indicadores de logro	Recursos utilizados	Grado de consecución
	2.c. Pilotaje del taller	<p>Se ha preparado material para dos niveles, infantil y primaria. Se han realizado talleres en CEIP Raimundo de Blas (2º y 3º infantil, 5º A-B y 6º A-B de primaria, con dos desdobles de 15 estudiantes cada uno).</p> <p>Se han realizado talleres en CEIP El Abrojo (3º, 4º y 6º de primaria, con dos desdobles de 15 estudiantes cada uno).</p> <p>En total el impacto de la actividad ha sido en más de: 20 talleres x 15 = 300 estudiantes, y al menos 20 docentes.</p> <p>Se creó una infografía para anunciar el taller (<a href="#">Anexo 6</a>) (Figura 1).</p>	Además, se impartió una clase en el grado de Educación en Segovia para 30 estudiantes de grado en el que se les presentó el taller. 2 las estudiantes han estado colaborando activamente en el desarrollo y preparación de los talleres.	Finalizado
3. Capacitación docente	3.a Transmisión de los juegos	<p>Se ha creado el “Cuaderno del Profesor” con el objetivo de dar el siguiente paso en escalabilidad. Y se ha creado un “kit” con todo el material necesario para poder prestarlo.</p> <p>Los docentes han podido realizar los talleres junto con los estudiantes. Más de 20 docentes y junto con parte de los equipos directivos han sido implicados. Hay cuaderno de profesor de infantil (<a href="#">Anexo 1</a>), primaria (<a href="#">Anexo 2</a>) y secundaria (<a href="#">Anexo 3</a>).</p>	Se creó un equipo de Teams y un grupo de Whatsapp desde donde se mejoran e implementan los cambios.	Finalizado
4. Evaluación del impacto	4.a. Creación de encuestas de impacto	Se creó el cuaderno de laboratorio del estudiante para poder evaluar el impacto del taller, tanto en infantil ( <a href="#">Anexo 4</a> ) como en primaria ( <a href="#">Anexo 5</a> ). Casi todos los estudiantes rellenaron uno. Se hizo entrevista con las profesoras/as sobre el taller.		Finalizado
	4.b. Análisis de resultados	Se ha obtenido cuadernos de más de un 70% de estudiantes.	Cuadernillos en papel y foto.	Finalizado
	4.c. Revisión de instrumentos de medición	Se han creado 3 cuestionarios de medición de actividad.	Office.	Finalizado
5. Divulgación y escalabilidad	5.a. Publicación de resultados	Se ha presentado en una actividad académica de Grado/Máster en Educación	Redes Sociales y prensa local.	Finalizado
	5.b. Creación de kits de recursos	Se han creado 1 kit de recursos con el material adquirido. Según cómo se realice la actividad podrían ser 2 kits.		Finalizado

**RESULTADOS**



Figura 4. Kit de biorrefinería SuperZana

El objeto principal creado en este proyecto es el kit de recursos, mostrado en la Figura 4, para la realización de la actividad de biorrefinería que se describe en detalle en el cuaderno del profesor, en conjunto con el procedimiento de realización. Se compone de equipos principales como una licuadora, filtro de pulpa, un medidor digital de azúcar, una centrifugadora de 7000 rpm, balanzas de hasta 10 kg y de precisión de hasta 100 g.

A continuación, se incluyen los cuadernos de laboratorio y diversos de los materiales creados, con los distintos aprendizajes y experiencias recogidos de los estudiantes (ver Figura 5). Se muestra como ejemplo una actividad inicial de discusión y pensamiento sobre el concepto “residuo”, que se transforma en un “tesoro” a descubrir y poderle sacar el máximo valor.

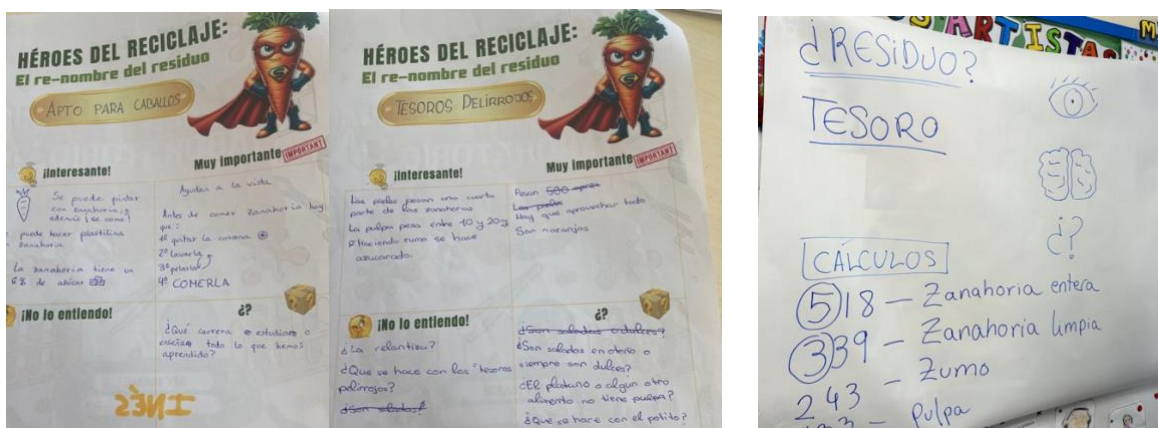


Figura 5. Cuadernos de estudiantes recogidos durante el taller, ejemplos. Ideas sobre “Residuo”.

**DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS**



Figura 6. Recorte de prensa de la actividad y en la web del CEIP [5]



Figura 7. II Jornada PensaCiencias en el Canal de YouTube UVA [6]

La actividad se ha difundido por diversos medios. En concreto se publicó en periódico local la actividad realizada en el Raimundo de Blas [5] (Figura 6). También se realizó una presentación en las II Jornadas de PensaCencias en Segovia [6] (Figura 7). Y se ha enviado un abstract solicitando comunicación oral para el congreso CIDIQ 2024 (Congreso de Innovación Docente en Ingeniería Química). Además, se han utilizado las redes sociales del grupo PENSATIC.

**DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

El proyecto INSPIRA ha supuesto para nosotros un antes y un después en la concepción de trabajo como grupo en un PID. Hemos podido crear un grupo realmente trans-disciplinar que funciona con un objetivo común desde muy distintas disciplinas del saber. Este proyecto ha demostrado que podemos crear objetos de aprendizaje que trascienden a nuestras disciplinas usando una metodología basada en la

metacognición, ponerla en práctica con ilusión y buenos resultados con un muy bajo presupuesto y conseguir validarla en relativo poco tiempo.

Persigue trasladar la idea de sostenibilidad, que está en las directrices españolas y europeas, de una forma divertida y fresca. Puntos fuertes son la transdisciplinariedad, la cohesión del equipo de trabajo y los grandes recursos que tenemos a través de nuestros proyectos de investigación propios. El punto débil es que consume mucho tiempo desarrollar la actividad por el propio equipo del proyecto, por eso se ha trabajado en generar los cuadernos del profesor para que en próximas ediciones se pueda realizar por el profesorado de los centros. La mejora clara es simplificar los objetivos para la próxima edición para que se pueda abordar y medir mejor.

Se ha presentado la actividad en el Grado de Educación de Segovia y la aceptación fue muy buena, de forma similar los estudiantes de Grado de Ingeniería Química también la han valorado positivamente (aunque en este caso no pudieron experimentarla directamente).

### **CONCLUSIONES Y POSIBILIDADES DE GENERALIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA**

La conclusión principal es que se puede enseñar la idea de sostenibilidad y el concepto de biorrefinería mediante una actividad gamificada y creada para promover la metacognición. Se ha creado un kit que puede ser utilizado por una gran cantidad de profesorado dada su sencillez y versatilidad. Sólo partiendo de zanahorias se pueden crear una gran cantidad de productos. El concepto de residuo se transforma en un tesoro a descubrir.

El proyecto INSPIRA – SuperZana podrá ser generalizable a una gran cantidad de áreas del conocimiento ya que sienta las bases de cómo crear una actividad desde el punto de vista de un equipo transdisciplinar y de bajo presupuesto, con alta implicación de profesorado y estudiantes.

### **REFERENCIAS**

1. Dichev, C., & Dicheva, D. Gamifying education: what is known, what is believed and what remains uncertain: a critical review. **2017**. In International Journal of Educational Technology in Higher Education, Vol. 14, Issue 1
2. Hamari, J., Shernoff, D. J., Rowe, E., Coller, B., Asbell-Clarke, J., & Edwards, T. Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning. **2016** Computers in Human Behavior, 54, 170–179.
3. García-Serna, J., Pérez-Barrigón, L., & Cocero, M. J. New trends for design towards sustainability in chemical engineering: Green engineering. **2007**, Chemical Engineering Journal, 133(1–3), 7–30.
4. Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. **2011**, In Sustainability Science, Vol. 6, Issue 2, 203–218.
5. El Nuevo Arroyo. (2024). Raimundo CEIP realiza proyecto. <https://elnuevoarroyo.es/el-raimundo-realiza-un-proyecto-de-investigacion-quimica>
6. Pensaciencias. II Jornadas Pensaciencias Segovia. **2024**, <https://www.youtube.com/live/g-J7-TRSup4?si=eqTNDUgf-ZU59a66>.

### **ANEXOS**

[PID 23 24 78 Anexo 1.pdf](#) – Cuaderno Profesor Infantil: Arte científico con SuperZana – PENSATIC – INSPIRA

[PID 23 24 78 Anexo 2.pdf](#) - Cuaderno Profesor Primaria: Arte científico con SuperZana – PENSATIC – INSPIRA

[PID 23 24 78 Anexo 3.pdf](#) – Cuaderno Profesor Secundaria y Universidad: BiorrefinarArte – PENSATIC – INSPIRA

[PID 23 24 78 Anexo 4.pdf](#) – Cuaderno de Laboratorio de Infantil – PENSATIC – INSPIRA

[PID 23 24 78 Anexo 5.pdf](#) – Cuaderno de Laboratorio de Primaria – PENSATIC – INSPIRA

[PID 23 24 78 Anexo 6.pdf](#) – Póster infografía infantil – PENSATIC – INSPIRA

### **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece al profesorado y dirección de los centros CEIP Raimundo de Blas y El Abrojo, así como al personal del grupo de investigación PressTech y el Instituto de Bioeconomía de la UVA y al Grupo de Innovación Docente PENSATIC. Agradecimiento especial a las estudiantes de la Facultad de Educación del Campus de Segovia, Mar Montalvo García y Laura Esteban Gómez por su ayuda.