

The background of the cover is a deep blue color. It is decorated with a pattern of glowing light blue hexagons and interlocking gears of various sizes. Some hexagons have small dots at their vertices, and some gears have a textured, metallic appearance. The overall aesthetic is technical and futuristic.

Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizadores)



Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizadores)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



**Diagramação:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

E61 Entre ciencia e ingenieria / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0040-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.400222903>

1. Ciências aplicadas. 2. Engenharia. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Título.

CDD 601

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A palavra ciência vem do latim *scientia*, que significa conhecimento. Nos primórdios essa palavra (e sua origem latina) tinha o mesmo tipo de significado dado à filosofia, no sentido mais amplo do termo. Modernamente, por ciência entendemos um sistema de conhecimento obtido através de uma atividade de pesquisa organizada principalmente com procedimentos metódicos e rigorosos, combinando experimentação com raciocínio lógico baseado em um conjunto de axiomas. Seu objetivo é chegar a uma descrição provável, com caráter preditivo, da realidade e das leis que regulam o aparecimento dos fenômenos.







Já a engenharia é o uso de princípios científicos para projetar e construir máquinas, estruturas e outras entidades, incluindo pontes, túneis, estradas, veículos, edifícios, sistemas e processos. Aproveitar o acúmulo de conhecimento tecnológico para inovação, invenção, desenvolvimento e aprimoramento de técnicas e ferramentas para atender às necessidades e solucionar problemas técnicos das pessoas e da sociedade. O engenheiro se apoia nas ciências básicas (matemática, física, química, biologia, ciências econômicas e administrativas, ciências da engenharia, engenharia aplicada) tanto para o desenvolvimento de tecnologias, quanto para a gestão eficiente e produtiva dos recursos e forças da natureza para benefício da sociedade. A engenharia é uma atividade que transforma o conhecimento em algo prático.

Engenharia e Ciência caminham lado a lado pelo progresso da humanidade. É impossível dissociá-las. Neste livro temos uma diversidade de temas, níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE COLE EN TEJIDO TUMORAL: ESTUDIO IN-VIVO	
Nataly Patricia López Saquisilí	
Daniela Campo	
César Antonio Gonzáles Díaz	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229031">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229031</a>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
ALGORITMOS DE DEEP LEARNING PARA LA DETECCIÓN DE NEUMONÍA EN INFANTES A TRAVÉS DE IMÁGENES DE RADIOGRAFÍAS DEL TÓRAX	
Juan Carlos Valero Gómez	
Alex Peter Zúñiga Incalla	
Juan Carlos Clares Perca	
Diego Ismael Mamani Padilla	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229032">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229032</a>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>21</b>
AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE PARÁMETROS EN UN INVERNADERO	
Miguel Ángel Barrera Valdés	
Juan Barrera Valdés	
Julián Omar Baltazar Hernández	
José Rebrindanard Rubalcava López	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229033">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229033</a>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>26</b>
EL ANÁLISIS DE CASO UNA METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE INTEGRADA CON LA GAMIFICACIÓN CASO APLICACIÓN MÓDULO ESTRATEGIA DE CONTROL DE GESTIÓN Y KIMEM PM	
Marcia Ricardina Silva Flores	
Jaime Orellana Rebolledo	
Paula Vergara Harris	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229034">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229034</a>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>41</b>
LA INNOVACIÓN SOCIAL EN EL MARCO DEL DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE: EVALUACIÓN DEL PROYECTO TROPA VERDE EN SANTIAGO DE COMPOSTELA	
Matías Pino	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229035">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229035</a>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>57</b>
LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN EL AULA: UNA PROPUESTA BASADA EN LA INDAGACIÓN	
José Ramón Díez	
Claudia Pichot	
Unai Ortega-Lasuen	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229036">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229036</a>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>70</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>71</b>

## ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE COLE EN TEJIDO TUMORAL: ESTUDIO IN-VIVO

*Data de aceite:* 01/02/2022

*Fecha de envío:* 09/01/2022

### **Nataly Patricia López Saquisilí**

Escuela de Ciencias Biológicas e Ingeniería,  
Universidad Yachay Tech  
Hacienda San José s/n, San Miguel de Urucuquí  
1001 19, Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0001-6767-1245>

### **Daniela Campo**

Universidad Autónoma de Occidente, facultad  
de ingeniería  
Cali, Colombia  
<https://orcid.org/0000-0001-6460-6763>

### **César Antonio Gonzáles Díaz**

Instituto politécnico nacional Escuela superior  
de medicina  
Ciudad de México, México  
<https://orcid.org/0000-0003-0882-1439>

**ABSTRACT:** La espectroscopia de bioimpedancia se ha utilizado para evaluar y caracterizar la integridad de diferentes tejidos y órganos, así como para detectar alteraciones estructurales tisulares. Las alteraciones del modelo eléctrico de tejido como una influencia de la anisotropía de la estructura del tejido y su metabolismo intrínseco en la proliferación tumoral no se han entendido completamente. En este trabajo se estimaron los parámetros de Cole en tejido tumoral in vivo a través de mediciones de bioimpedancia, y se compararon con respecto a tejido sano contralateral a nivel

de piel y músculo. Los resultados indican una función de comportamiento no lineal de los parámetros de Cole a través del tejido tumoral, y tales no linealidades podrían estar asociadas a diferentes condiciones de inflamación, edema e hipervascularización, se requieren de estudios adicionales para constatar las observaciones.

**PALABRAS CLAVE:** Bioimpedancia, Cole, Tejido, Tumor.

### COLE PARAMETER ESTIMATION IN TUMOR TISSUE: IN-VIVO STUDY

**ABSTRACT:** Bioimpedance spectroscopy has been used to evaluate and characterize the integrity of different tissues and organs, as well as to detect structural tissue alterations. Tissue electrical pattern alterations as an influence of tissue structure anisotropy and its intrinsic metabolism on tumor proliferation have not been fully understood. In this work, Cole's parameters were estimated in tumor tissue in vivo through bioimpedance measurements and compared with respect to contralateral healthy tissue at the skin and muscle level. The results indicate a non-linear behavioral function of the Cole parameters across the tumor tissue, and such non-linearities could be associated with different conditions of inflammation, edema, and hypervascularization. Additional studies are required to verify the observations.

**KEYWORDS:** Bioimpedance, Cole, Tissue, Tumor.

## 1 | INTRODUCCIÓN

La bioimpedancia se define como la oposición de los tejidos biológicos al paso de corriente (REGÜEIFEROS J C; DEL CAMPO E; NÚÑEZ A I; PLANAS M; CUBA M, 2021), su estimación requiere la aplicación de una señal eléctrica de magnitud constante y frecuencia variable al tejido de interés, midiendo la respuesta a dicho estímulo M. (GROSSI M; RICCÒ B, 2017). Está es una técnica no invasiva ampliamente utilizada en el campo de la salud, abarcando desde estimación de la composición corporal hasta detección de tejido tumoral (BERA T, 2014) (BLAD B; BALDETORP B, 1996). Esta técnica es aplicable gracias a las propiedades eléctricas de los tejidos biológicos, que corresponden a arreglos tridimensionales de células conformadas por líquido intracelular, recubiertas por una membrana y que se encuentran inmersas en fluidos extracelulares (BERA T, 2014). Por su parte, la membrana celular es una bicapa lipídica con proteínas incrustadas que permiten el intercambio iónico entre el medio intra y extracelular, gracias a estas características moleculares la membrana actúa como una interfase dieléctrica y su comportamiento se asemeja al de un capacitor (SALAZAR Y, 2004). Por otro lado, la acción de un campo eléctrico sobre el tejido biológico conducirá a la polarización de estructuras, orientación de dipolos y generación de corrientes iónicas, esta respuesta dependerá de su composición y las características de sus estructuras (MONCADA M; SALDARRIAGA M; BRAVO A; PINEDO C, 2010).

Los tejidos biológicos presentan una disminución de la permitividad y un aumento de la conductividad con el aumento de frecuencia, dando lugar a 3 regiones de dispersión o relajación dieléctrica. La dispersión  $\alpha$  se encuentra a bajas frecuencias (1 Hz – 10 KHz) y se caracteriza por revelar una alta permitividad del tejido, lo que refleja el atrapamiento de cargas al interior de la célula. La segunda banda se denomina  $\beta$  y comprende frecuencias en el rango de los KHz hasta los MHz, esta dispersión es producto de la polarización interfacial de la membrana debido a su interacción con los electrolitos del medio. Por último, la región  $\gamma$  se presenta en el orden de los GHz y se debe principalmente al contenido acuoso de las especies biológicas (polarización de las moléculas de agua) (MIKLAVČIČ D; PAVŠELJ N; HART F, 2006) (IVORRA A, 2003). Las dispersiones  $\alpha$  y  $\beta$  son comúnmente estudiadas en aplicaciones médicas, pues presentan diferencias significativas entre el tejido sano y el patológico (FOSTER K; SCHWAN H, 1989).

Se han propuesto diversos circuitos eléctricos equivalentes que permiten modelar el comportamiento del tejido, uno de los más comunes es el propuesto por Cole (GRIMNES S; MARTINSEN O, 2005) (Fig. 1), compuesto por dos resistencias que simulan el medio extra e intracelular ( $R_1$  y  $R_2$ ), sumado a un elemento de fase constante (CPE) que modela la membrana como un capacitor imperfecto dependiente de la frecuencia. Cada uno de estos componentes tiene asociados ciertos parámetros que permiten la caracterización del tejido biológico. En este modelo las respuestas de impedancia tisular multifrecuencia

compleja tienen la forma de un arco circular con centros deprimidos de un círculo, cuando la reactancia tisular se representa como una función de la resistencia en serie equivalente en el plano de impedancia compleja. Este gráfico tiene un cruce de frecuencia en  $R_0$  y en el infinito  $R^\infty$ , estos arcos se modelan con la ayuda de un elemento de fase constante (CPE), y es el principio en el que se basa el modelo de impedancia de Cole (ecuación 1). En este trabajo utilizamos este modelo eléctrico para caracterizar tejido tumoral in vivo, se estimaron los parámetros de Cole en tejido tumoral y se compararon con tejido contralateral sano en piel y músculo esquelético.

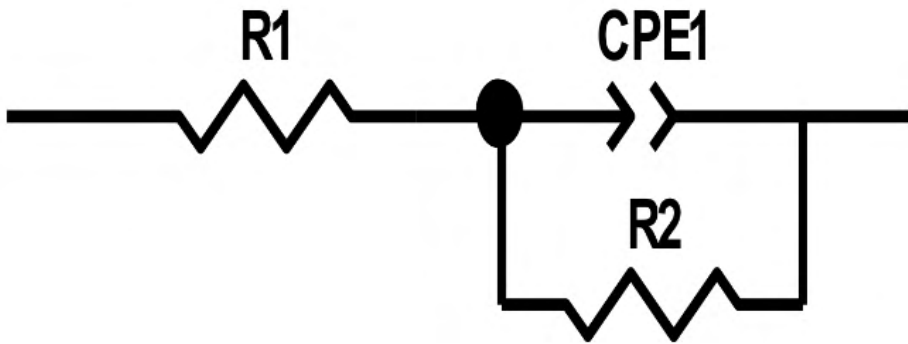


Fig. 1. Modelo eléctrico equivalente al comportamiento del tejido biológico.

## 2 | METODOLOGÍA

### A. Sujetos de prueba

Tres ratas Wistar con desarrollo tumoral espontáneo y de etiología desconocida fueron anestesiadas intraperitonealmente con pentobarbital sódico 2uL/gr (Cheminova M.R.). Dos electrodos de aguja fueron colocados peritumoralmente (fig. 2 A) y en tejido contralateral sano (fig. 2B). Se documentaron las dimensiones del tejido tumoral y la distancia de los electrodos en ambos casos de estudio.

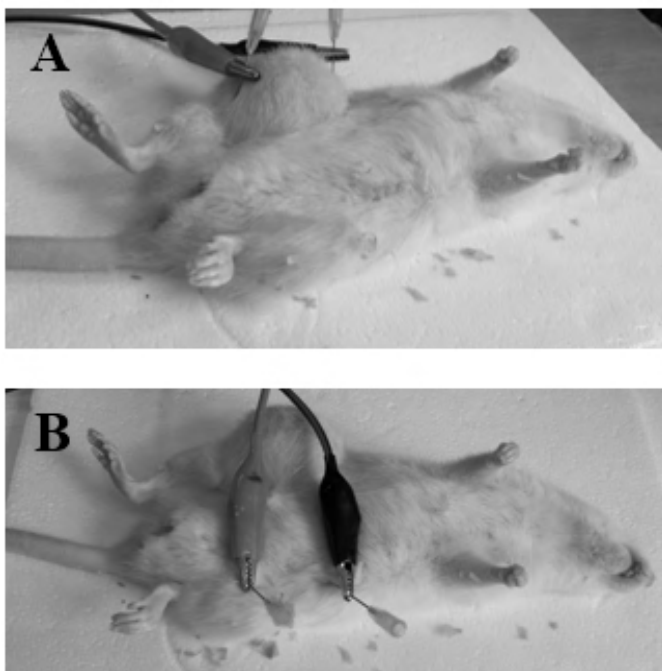


Fig. 2. Ubicación de electrodos para medición de bioimpedancia. (A) tejido tumoral y (B) tejido contralateral sano.

### B. Mediciones de bioimpedancia

Para realizar las mediciones de bioimpedancia se utilizó un analizador de impedancia Sciospec ISX3 en configuración de 2 puntos. Se aplicó una señal de excitación de 100 mV en un espectro de frecuencias desde 1 KHz hasta 1 MHz a 100 pasos espaciados logarítmicamente. Se realizaron 15 mediciones consecutivas para cada tipo de tejido evaluado en cada rata. Los datos fueron analizados de manera independiente en cada sujeto experimental, de tal forma que cada caso representó su propio mesurado control.

### C. Estimación de parámetros de Cole

Los datos experimentales de impedancia de 1KHz a 1 MHz se ajustaron heurísticamente a un modelo matemático de un CPE que permitirá modelar el comportamiento de impedancia de la interfaz electrodo-electrolito en serie con la ecuación de impedancia de Cole (1) (GRIMNES S; MARTINSEN O, 2005).

$$Z(\omega) = Z_{CPE}(\omega) + Z_{Cole}(\omega) = \left( \frac{1}{Q_0(j\omega)^n} \right) + \left( R_\infty + \frac{R_0 - R_\infty}{1 + (j\omega\tau)^\alpha} \right) \quad (1)$$

Donde  $\omega$  es la frecuencia angular (en rads / s),  $j$  es el número imaginario unitario,

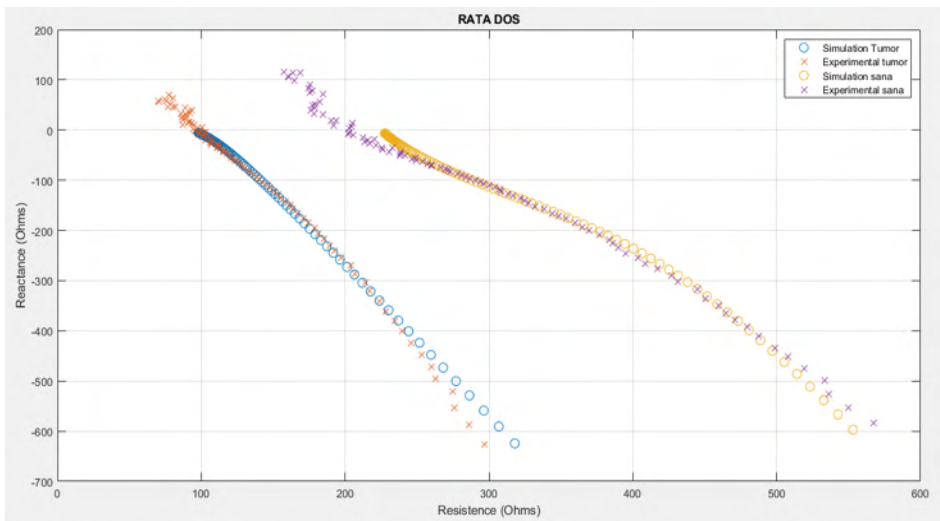
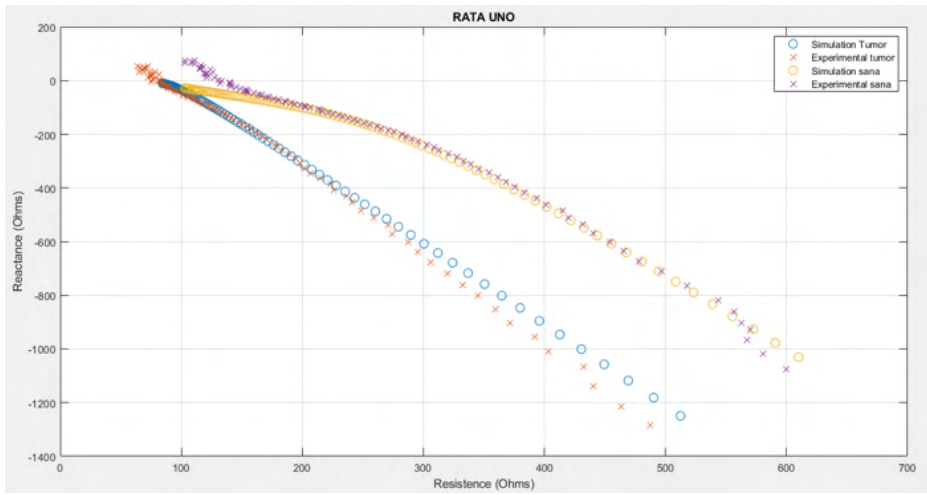
$R^\infty$  es la impedancia de la muestra a una frecuencia infinita,  $R_0$  es la impedancia de la muestra a frecuencia cero,  $\tau$  es el tiempo característico de la muestra y  $\alpha$  es un parámetro adimensional con un valor teórico entre 0 y 1. Al modelar el sistema celular como un circuito eléctrico, se obtiene la ecuación (1), que representa el medio extracelular como una resistencia y el medio intracelular como la combinación en paralelo y, a su vez, en serie con otra resistencia. Además de una capacitancia que representa la membrana celular. La interfaz electrodo-electrolito (ZCPE ( $\omega$ )) se modela mediante la ecuación que se usa comúnmente para modelar el comportamiento de un capacitor imperfecto. La capacidad  $Q_0$  y el parámetro adimensional  $n$ , al igual que en el caso del parámetro  $\alpha$ , pueden tener un valor teórico entre 0 y 1. Destacando que la ecuación es equivalente a un capacitor ideal cuando  $n$  es igual a 1.

### 3 | RESULTADOS

La figura 3 muestra los datos experimentales y su simulación ajustada al modelo matemático propuesto para los tres especímenes experimentales evaluados, los gráficos muestran el espectro de bioimpedancia en tejido tumoral en comparación con sus medición en tejido contralateral sano. En la tabla 1 se muestran los parámetros de Cole estimados para cada condición tisular, se evidencia un rango dinámico diferente para cada tejido, así como una respuesta no lineal en función de la condición tisular.

### 4 | DISCUSIÓN

En tejido tumoral, la hipervascularización y el proceso de inflamación conlleva edema y subsecuente acumulación de fluidos, por lo que el contenido iónico volumétrico promueve un incremento de la conductividad tisular, tal comportamiento puede ser evidente particularmente en el rango de dispersión  $\beta$  (KHz), por lo que el modelo inicial se convierte en un CPE en serie con el resistor ideal propuesto  $R_0$ , y  $R^\infty$  debe tener un valor similar. Tal considerando teórico es evidente en la linealidad del espectro que muestra tejido tumoral, en comparación con el semiarco que muestra tejido contralateral sano, el cuál mantiene el modelo teórico inicial propuesto. En principio, parece que el modelo matemático propuesto y la estimación de sus parámetros de Cole permiten explicar el comportamiento eléctrico de tejido tumoral, al menos en la parte baja de frecuencias exploradas, así, el modelo eléctrico propuesto puede ajustarse para la caracterización de tejidos, y los elementos RC deben considerarse en consecuencia de las características del tejido tumoral. Se justifican experimentos adicionales para verificar las observaciones.



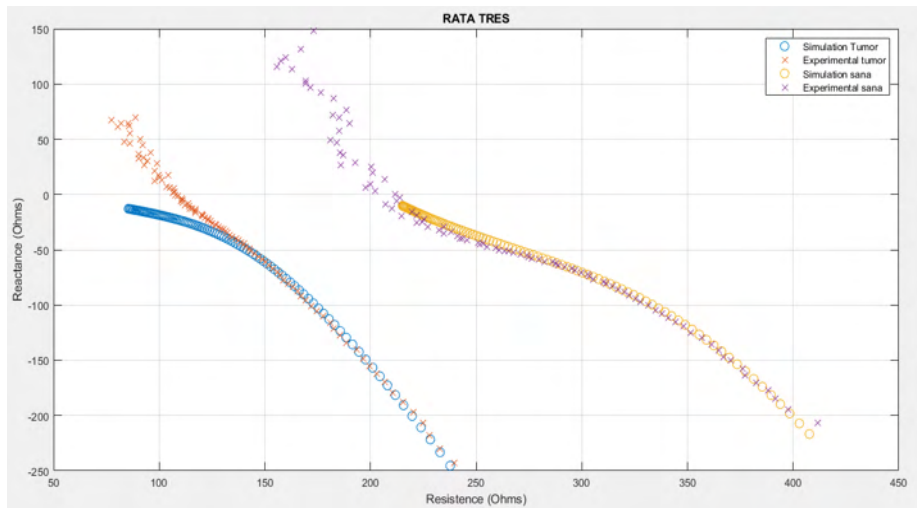


Figura 3. Gráfico de Nyquist para bioimpedancia multifrecuencia para datos experimentales y ajustados.

		$R_0(\Omega)$	$R_\infty(\Omega)$	$t(s)$	$\alpha (0-1)$	$Q_0(\Omega^{-1})$	$n (0-1)$
Rata 1	Sana	305	70	$0.5e-5$	0.48	$0.9e-6$	0.795
	Tumor	155	53	$0.5e-4$	0.15	$0.7e-6$	0.8
Rata 2	Sana	407	225	$0.2e-4$	0.75	$0.13e-5$	0.82
	Tumor	120	93	$0.5e-5$	0.45	$0.14e-5$	0.8
Rata 3	Sana	382	205	$0.2e-4$	0.52	$0.5e-5$	0.79
	Tumor	280	50	$0.12e-3$	0.25	$0.36e-5$	0.81

Tabla 1. Parámetros de Cole estimados para cada condición tisular.

## 5 | CONCLUSIONES

Los parámetros de Cole del modelo matemático propuesto estimados para tejidos tumoral y sano in vivo indican un comportamiento no lineal en ambas condiciones, y tales no linealidades podrían estar asociadas a diferentes factores que modulan el contenido iónico volumétrico. Los parámetros de Cole permiten modular tal comportamiento en el espectro de bajas frecuencias. Se requieren estudios adicionales y análisis histopatológicos para constatar las observaciones.

## RECONOCIMIENTO

Este trabajo representa una colaboración entre la “Universidad Autónoma de



Occidente, Cali, Colombia”, la “Universidad Yachay Tech, Ecuador”, y el “Instituto Politécnico Nacional-Escuela Superior de Medicina, México”. Proyecto financiado en parte por el Instituto Politécnico Nacional a través del grant No. SIP 0684 2021.

## REFERENCIAS

- BERA, T. **Bioelectrical Impedance Methods for Noninvasive Health Monitoring: A Review**. Journal of medical engineering. v. 2014, p. 1–28, Jun. 2014, doi: 10.1155/2014/381251.
- BLAD, B; BALDETORP. B. **Impedance spectra of tumour tissue in comparison with normal tissue; a possible clinical application for electrical impedance tomography**. Physiological Measurement. v. 17, p. A105-15, Nov. 1996, doi: 10.1088/0967-3334/17/4a/015.
- FOSTER, K; SCHWAN, H. **Dielectric properties of tissues and biological materials: a critical review**, *Crit. Rev. Biomed. Eng.*, v. 17, n. 1, p. 25–104, 1989.
- GRIMNES, S; MARTINSEN, O. **Cole electrical impedance Model-a critique and an alternative**, *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, v. 52, n. 1, p. 132–135, 2005, doi: 10.1109/TBME.2004.836499.
- GROSSI, M; RICCÒ, B. **Electrical impedance spectroscopy (EIS) for biological analysis and food characterization: a review**. Journal of sensors and sensor systems. v. 6, n. 2, p. 303–325, Ago. 2017, doi: 10.5194/jsss-6-303-2017.
- IVORRA, A. **Bioimpedance Monitoring for physicians: an overview**, Centre Nacional de Microelectrònica Biomedical Applications Group, v. 2, p. 1–35, 2003, Disponible em: [https://www.researchgate.net/publication/253563215\\_Bioimpedance\\_Monitoring\\_for\\_physicians\\_an\\_overview](https://www.researchgate.net/publication/253563215_Bioimpedance_Monitoring_for_physicians_an_overview).
- MIKLAVČIČ, D; PAVŠELJ, N; HART, F. **Electric Properties of Tissues**, Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- MONCADA, M; SALDARRIAGA, M; BRAVO, A; PINEDO, C. **Medición De Impedancia Eléctrica En Tejido Biológico**, Rev. Tecnológicas, v. 25, n. 25, p. 51–76, 2010.
- REGÜEIFEROS, J. C; DEL CAMPO, E; NÚÑEZ A. I; PLANAS, M; CUBA, M. **Clinical and bioelectric characteristics determined by bioimpedance in patients with chronic obstructive pulmonary disease**. Medisan, v. 21, n. 6, p. 703-709, 2017 Disponible em: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S102930192017000600009&lng=en&tling=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S102930192017000600009&lng=en&tling=en). Acceso em: 17 jun. 2021.
- SALAZAR, Y. **Caracterización de tejidos cardíacos mediante métodos mínimamente invasivos y no invasivos basados en espectroscopia de impedancia eléctrica**. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, 2004.

# CAPÍTULO 2

## ALGORITMOS DE DEEP LEARNING PARA LA DETECCIÓN DE NEUMONÍA EN INFANTES A TRAVÉS DE IMÁGENES DE RADIOGRAFÍAS DEL TÓRAX

*Data de aceite:* 01/02/2022

*Fecha de envío:* 03/12/2021

### Juan Carlos Valero Gómez

Universidad Nacional de Moquegua, Ilo, Perú  
<https://orcid.org/0000-0002-7077-7531>

### Alex Peter Zúñiga Incalla

Universidad Nacional de Moquegua, Ilo, Perú  
<https://orcid.org/0000-0003-4734-2262>

### Juan Carlos Clares Perca

Universidad Nacional de Moquegua, Ilo, Perú  
<https://orcid.org/0000-0001-5146-2879>

### Diego Ismael Mamani Padilla

Universidad Nacional de Moquegua, Ilo, Perú  
<https://orcid.org/0000-0001-7517-5823>

**RESUMEN:** Una gran cantidad de infantes fallecen cada año a consecuencia de la neumonía en todo el mundo. Se reporta que aproximadamente más de 1 millón de casos de neumonía en infantes se da entre 0 y 5 años de edad, de los cuales 808 694 murieron en 2017. Por ende, la neumonía es una de las principales causas de fallecimiento entre los infantes, con un alto nivel de mortalidad en Asia y África. Incluso en un país desarrollado como Estados Unidos, la neumonía se encuentra entre las 10 principales causas de muerte. La detección y el tratamiento tempranos de la neumonía pueden reducir significativamente las tasas de mortalidad entre los infantes en países emergentes. Por lo tanto, este trabajo presenta algoritmos de deep learning

para detectar neumonía mediante imágenes de radiográficas. Se entrenaron tres algoritmos de deep learning para clasificar las imágenes de radiografías en dos clases: neumonía y normal. Se presentan tres algoritmos, a cada uno se añadió una capa *pooling* de 4x4, se vectoriza los datos con la técnica *flatten*, se agregaron seis capas dense de 1024, 512, 256, 128, 64 y 32 de valor de salida y cada una con *activación relu*; se aplica un *BatchNormalization*, finalmente se agrega una capa dense de 2 con una activación *softmax* para la clasificación. Los tres algoritmos son modelos previamente entrenados, que son Xception, MobileNet e InceptionV3 obtuvieron en la métrica de accuracy 94.4%, 96.2% y 95.3% respectivamente.

**PALABRAS-CLAVE:** Neumonía infantil, deep learning, Xception, MobileNet, InceptionV3.

### DEEP LEARNING ALGORITHMS FOR THE DETECTION OF PNEUMONIA IN INFANTS THROUGH CHEST X-RAY IMAGES

**ABSTRACT:** Worldwide, large numbers of infants die of pneumonia each year. It is reported that approximately more than 1 million cases of pneumonia in infants occur between 0 and 5 years of age, of which 920 136 died in 2015. Therefore, pneumonia is one of the leading causes of death among infants, with a high level of mortality in Asia and Africa. Even in a developed country like the United States, pneumonia is among the top 10 causes of death. Early detection and treatment of pneumonia can significantly reduce mortality rates among infants in emerging countries. Therefore, this work presents deep learning algorithms to

detect pneumonia using radiographic images. Three deep learning algorithms were trained to classify X-ray images into two classes: pneumonia and normal. Three algorithms are presented, to each one a 4x4 pooling layer was added, the data is vectorized with the flatten technique, six dense layers of 1024, 512, 256, 128, 64 and 32 of output value were added and each one with relu activation; A BatchNormalization is applied, finally a dense layer of 2 is added with a softmax activation for classification. The three algorithms are previously trained models, which are Xception, MobileNet and InceptionV3 obtained in the accuracy metric 94.4%, 96.2% and 95.3% respectively.

**KEYWORDS:** childhood pneumonia, deep learning, Xception, MobileNet, InceptionV3.

## 1 | INTRODUCCIÓN

La neumonía es una infección aguda respiratoria que ataca a los pulmones. La neumonía es la principal causa individual de mortalidad infantil en todo el mundo. Se calcula que la neumonía mató a unos 808 694 infantes menores de 5 años en 2017, lo que supone el 15% de todas los fallecimientos de infantes menores de 5 años a nivel mundial (OMS, 2019). En los países emergentes hay una escasa disponibilidad de profesionales médicos y radiólogos que cumplen un papel fundamental en el diagnóstico de la neumonía (LIU *et al.*, 2018). En la última década se ha empleado para el diagnóstico de enfermedades la asistencia por computadora basado en algoritmos de inteligencia artificial, estas tecnologías se pueden poner a disposición de una gran población a un costo mínimo. Un problema recurrente en la detección de enfermedades pulmonares es que, a veces, los patrones característicos de una enfermedad tienen algún grado de similitud con otras enfermedades, ocasionando que los médicos especializados tengan dificultades en realizar un diagnóstico preciso.

Entre las técnicas de deep learning (aprendizaje profundo), las redes neuronales convolucionales han demostrado ser eficientes en la clasificación de imágenes, son frecuentemente utilizadas por los investigadores para la visión computacional. Estas técnicas han demostrado ser útiles al reconocimiento rápidos y preciso de la neumonía que se equiparan o superan a un especialista médico. No obstante, las técnicas de deep learning no pueden sustituir a los médicos especialistas para realizar un diagnóstico, sino es una herramienta más para el personal médico en la toma de decisiones clínicas (KALLIANOS *et al.*, 2019).

El presente trabajo emplea tres modelos basados en algoritmos de deep learning que son capaces de detectar automáticamente si un paciente padece de neumonía o no. En ese sentido, se plantea desarrollar tres algoritmos de deep learning que puedan superar las expectativas de la investigación, para ellos se empleará algoritmos pre-entrenados y se importará los pesos de ImageNet para lograr un mejor desempeño (DENG *et al.*, 2014). Los resultados serán evaluados a través de métricas que determinarán si los algoritmos propuestos tienen resultados óptimos.

## 2 | METODOLOGÍA

### 2.1 Dataset

En el presente trabajo se empleó un dataset publicado en la comunidad de ciencias de datos KAGGLE por KERMANY *et al.* (2018), el dataset cuenta con un total de 5856 imágenes de radiografías del tórax de infantes anonimizados. El dataset cuenta con dos clases, pacientes con neumonía con un total de 4273 imágenes y pacientes sanos con un total de 1583 imágenes, como se puede visualizar en la Figura 1, el dataset se encuentra desbalanceado; no obstante, se cuenta con un numero aceptable en pacientes sanos para la experimentación, en los resultados se podrá determinar el nivel de incidencia del desbalance en las métricas de evaluación.

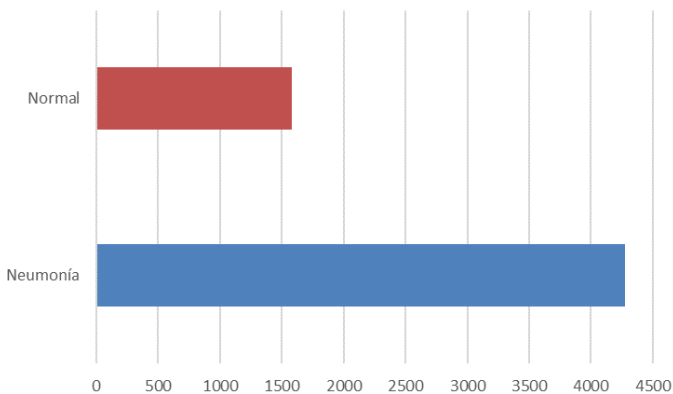


Figura 1: Distribución del Dataset.

Fuente: Elaboración propia.

El dataset se dividió en dos conjuntos, el conjunto de entrenamiento con el 80%, siendo 4696 imágenes, conformado por 3458 imágenes de pacientes con neumonía y 1238 imágenes de pacientes sanos; y el conjunto de test con el 20% del total, siendo 1160 imágenes, el conjunto de test está conformado por 815 imágenes de pacientes con neumonía y 345 imágenes de pacientes sanos.

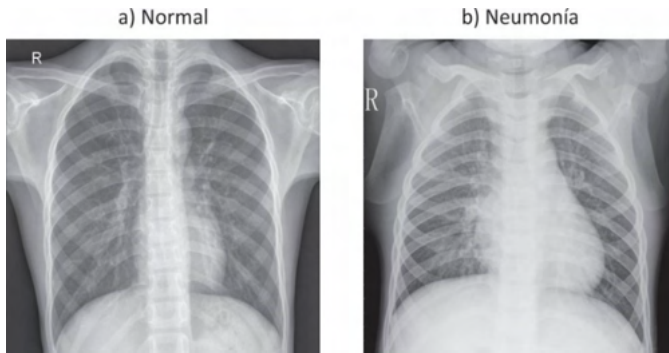


Figura 2: Distribución del Dataset.

Fuente: Elaboración propia.

Los datos del entrenamiento se dividen nuevamente en datos para entrenar y datos para la validación, en este caso del total de los datos de entrenamiento un 20% se destinará para la validación cruzada, está conformado por 692 imágenes de pacientes con neumonía y 248 imágenes de pacientes sanos. Se puede ver una muestra en la Figura 2.

Cada imagen del dataset han sido pre-procesadas normalizándolas y puedan ser empleadas en el entrenamiento de los algoritmos. Se reescaló cada imagen a una resolución de 256x256 píxeles, esta resolución es aceptada por los tres algoritmos como valores de entrada, Además, cada pixel tiene un valor que se encuentra entre el rango de  $[0, 255]$ , el valor del pixel ha sido convertido para que esté dentro del rango de  $[0, 1]$ , esta conversión tiene como objetivo facilitar las operaciones matriciales.

## 2.2 Algoritmos

Se emplearon tres algoritmos de deep learning para el estudio, InceptionV3 (SZEGEDY *et al.*, 2016), MobileNet (HOWARD *et al.*, 2019) y Xception (CHOLLET, 2017). Para hacer uso de los algoritmos propuestos se utilizó la librería de Tensorflow y Keras. Para recortar los tiempos de entrenamiento de los algoritmos y una mejor eficacia de los mismo se utilizó la técnica de Transfer Learning con ImageNet (DENG *et al.*, 2014). El hecho de usar la misma arquitectura con los mismos parámetros que el modelo pre-entrenado, otorgará a los algoritmos la capacidad de reconocer varias clases desde el comienzo, lo que además se traducirá en un tiempo de entrenamiento muy reducido. Para tener la capacidad de computo necesaria para ejecutar los algoritmos InceptionV3, MobileNet y Xception se empleó la plataforma de Google Colab que proporciona el uso de GPU's necesarios para la experimentación.

A la arquitectura del algoritmo Xception se ha adicionado una capa pooling de 4x4, se vectoriza los datos con la técnica flatten, se agregaron seis capas dense de 1024, 512, 256, 128 64 y 32 de valor de salida y cada una con activación relu; se aplica un BatchNormalization, finalmente se agrega una capa dense de 2 con una activación softmax

para la clasificación.

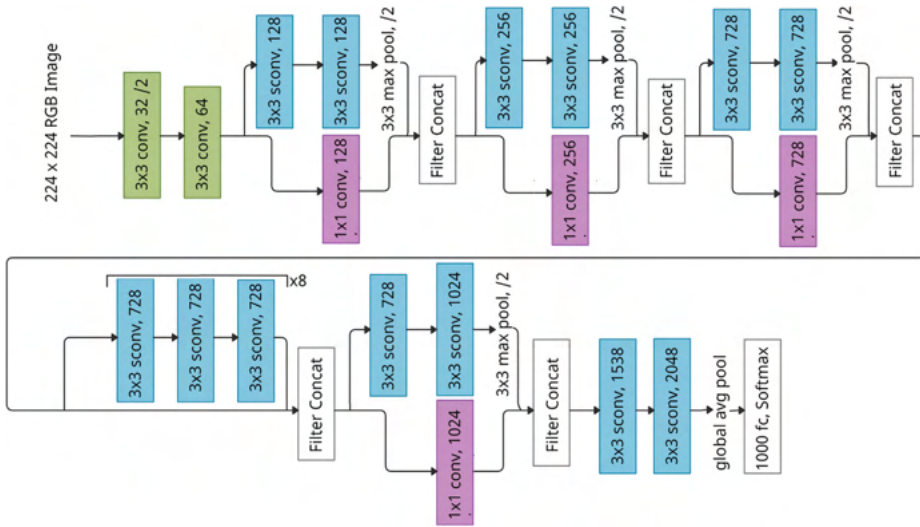


Figura 3: Arquitectura de Xception.

Fuente: [www.techscience.com](http://www.techscience.com).

A la arquitectura del algoritmo MobileNet se ha adicionado una capa pooling de 4x4, se vectoriza los datos con la técnica flatten, se agregaron seis capas dense de 1024, 512, 256, 128, 64 y 32 de valor de salida y cada una con activación relu; se aplica un BatchNormalization, finalmente se agrega una capa dense de 2 con una activación softmax para la clasificación.

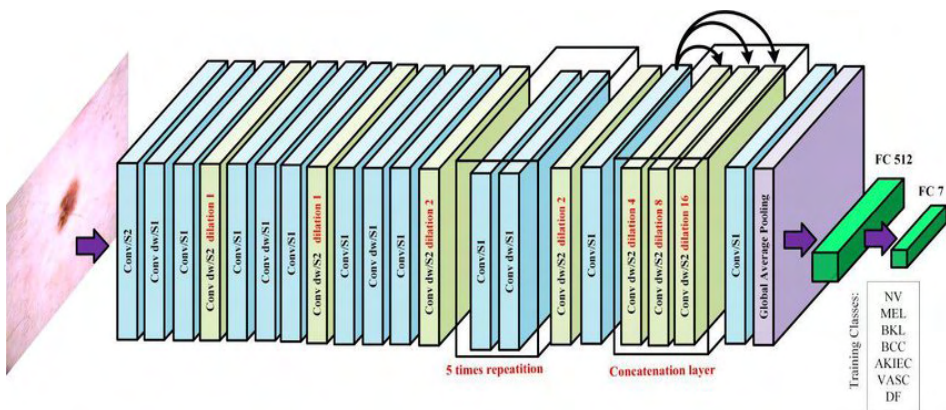


Figura 4: Arquitectura de MobileNet.

Fuente: Elaboración propia.

A la arquitectura del algoritmo InceptionV3 se ha adicionado una capa pooling de

4x4, se vectoriza los datos con la técnica flatten, se agregaron seis capas dense de 1024, 512, 256, 128, 64 y 32 de valor de salida y cada una con activación relu; se aplica un BatchNormalization, finalmente se agrega una capa dense de 2 con una activación softmax para la clasificación.

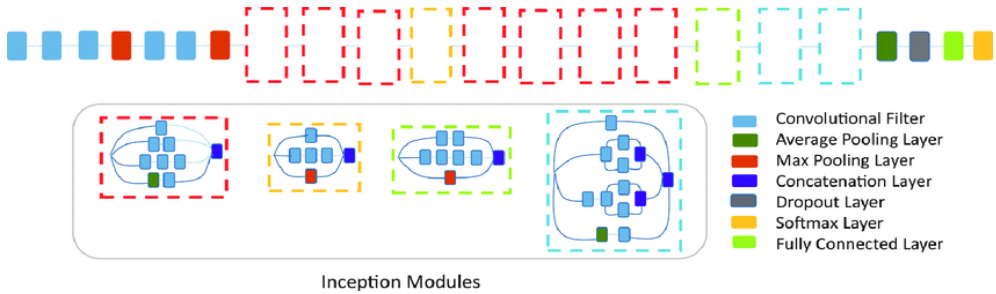


Figura 5: Arquitectura de InceptionV3.

Fuente: Elaboración propia.

Los hiperparámetros empleados para los tres algoritmos fueron epochs = 100, batch\_size = 20 y el optimizador SGD (SONG; CHAUDHURI; SARWATE, 2013) con learning\_rate a razón de 0.001. Esta configuración permitió obtener el mejor desempeño que pueden ofrecer InceptionV3, MobileNet y Xception.

La selección de las capas adicionales para cada modelo es en razón de darle más profundidad y que cada modelo pueda extraer y mapear adecuadamente las imágenes del dataset, debido a que los modelos ya han sido pre-entrenados con los pesos de ImageNet.

### 3 | RESULTADOS

En la etapa de entrenamiento se puede observar el desempeño de cada algoritmo empleado para el presente estudio, se logró evaluar a través de las métricas de precisión (accuracy) y la pérdida de entropía cruzada (cross entropy loss). En el caso de Xception se visualiza que sufre de sobreajuste (overfitting) considerable después de la época 15, pero se mantiene estable, ver Figura 6. Para MobileNet se visualiza que desde las primeras épocas obtiene buenos resultados sin caer en el sobreajuste pronunciado, con pocas variaciones y manteniéndose constante, ver Figura 7. En el caso de InceptionV3 obtiene buenos resultados desde el inicio; además, los resultados de entrenamiento y validación son más semejantes en comparación de los resultados de Xception y MobileNet, ver Figura 8.

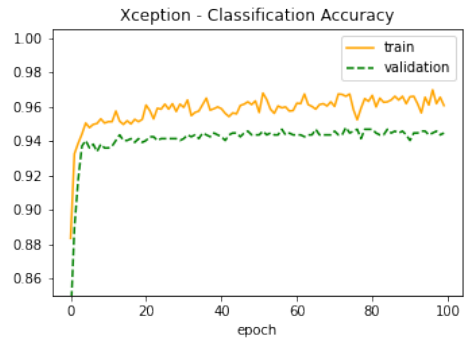
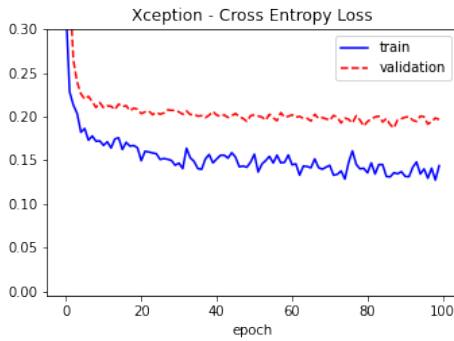


Figura 6: Evaluación del desempeño en la etapa de entrenamiento y validación de las métricas de precisión y la entropía cruzada para Xception.

Fuente: Elaboración propia.

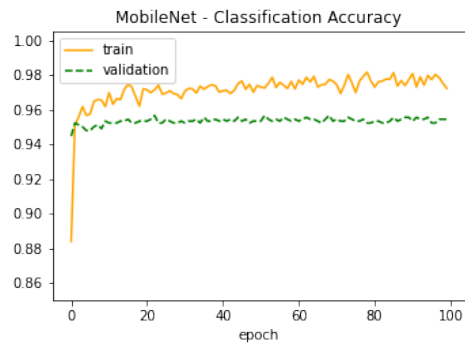


Figura 7: Evaluación del desempeño en la etapa de entrenamiento y validación de las métricas de precisión y la entropía cruzada para MobileNet.

Fuente: Elaboración propia.

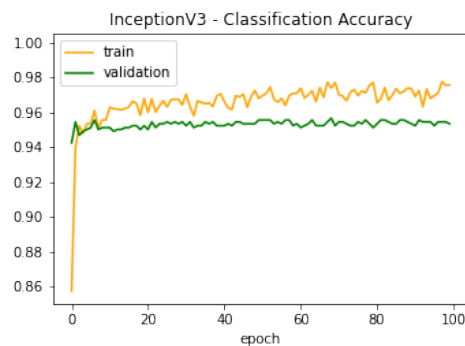
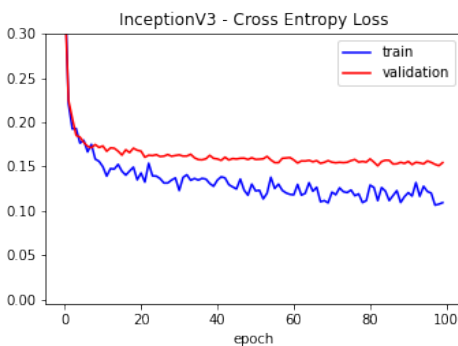


Figura 8: Evaluación del desempeño en la etapa de entrenamiento y validación de las métricas de precisión y la entropía cruzada para InceptionV3.

Fuente: Elaboración propia.



Para la etapa de test se separó 1160 imágenes, a este grupo de datos se aplicó el método *predict* que otorgó una estimación para cada clase, la estimación estará en el rango de 0 a 1, posteriormente se aplicará el método *argmax* para que devuelva la clase con mayor estimación. De este modo, solo tendremos 0 (normal) y 1 (neumonía).

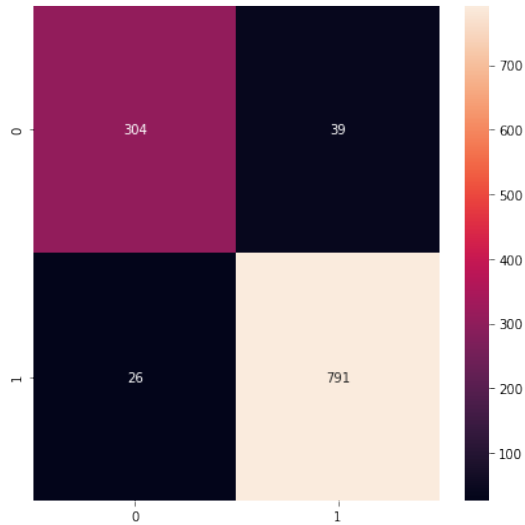


Figura 9: Matriz de Confusión para los resultados con Xception donde 0 = Normal y 1 = Neumonía.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 9, se visualiza los resultados de la Matriz de Confusión para Xception, acierta correctamente 304 y 791 veces para Normal y Neumonía respectivamente. No obstante, también obtiene 26 falsos positivos y 39 falsos negativos; es decir, 26 veces predijo que era Normal cuando realmente era Neumonía, y 39 veces predijo que era Neumonía cuando era Normal.

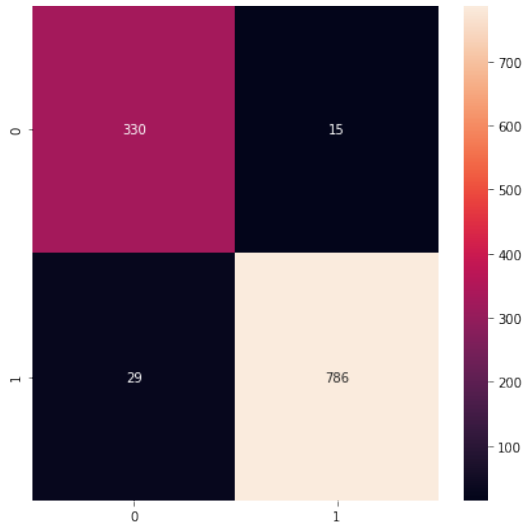


Figura 10: Matriz de Confusión para los resultados con MobileNet, donde 0 = Normal y 1 = Neumonía.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 10, se visualiza los resultados de la Matriz de Confusión para MobileNet, acierta correctamente 330 y 786 veces para Normal y Neumonía respectivamente. No obstante, también obtiene 29 falsos positivos y 15 falsos negativos; es decir, 29 veces predijo que era Normal cuando realmente era Neumonía, y 15 veces predijo que era Neumonía cuando era Normal.

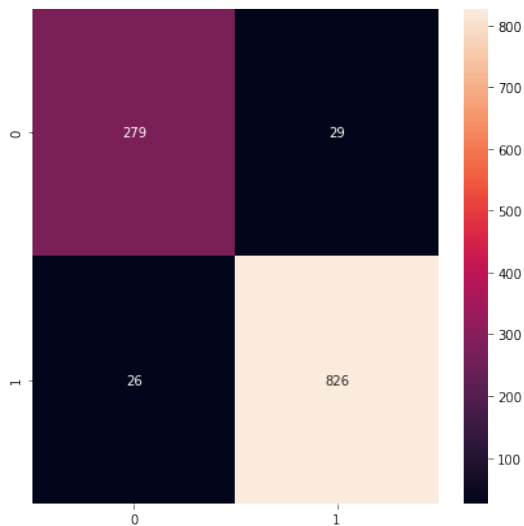


Figura 11: Matriz de Confusión para los resultados con InceptionV3, donde 0 = Normal y 1 = Neumonía

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 11, se visualiza los resultados de la Matriz de Confusión para InceptionV3, acierta correctamente 279 y 826 veces para Normal y Neumonía respectivamente. No obstante, también obtiene 26 falsos positivos y 29 falsos negativos; es decir, 26 veces predijo que era Normal cuando realmente era Neumonía, y 29 veces predijo que era Neumonía cuando era Normal.

Algoritmo	Clase	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
Xception	Normal	0.944	0.92	0.89	0.90
	Neumonía		0.95	0.97	0.96
MobileNet	Normal	0.962	0.92	0.96	0.94
	Neumonía		0.98	0.96	0.97
InceptionV3	Normal	0.953	0.91	0.91	0.91
	Neumonía		0.97	0.97	0.97

Tabla 1: Métricas de evaluación para cada algoritmo.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la Matriz de Confusión podemos calcular las métricas de accuracy, precisión, recall y F1-score de cada algoritmo empleado para el presente estudio. Los resultados podemos verlos en la Tabla 1, cada algoritmo ha demostrado un alto desempeño, pero MobileNet ha obtenido mejores resultados para cada métrica, le sigue InceptionV3 que por poco margen dista de los resultados obtenidos por MobileNet, el caso de Xception obtuvo resultados por debajo de InceptionV3 y MobileNet, esto debido a que sufrió de un sobreajuste más pronunciado en la etapa de entrenamiento como se puede visualizar en la Figura 3.

## 4 | DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos son más que aceptables en comparación a otras investigaciones realizadas sobre el mismo dataset, en la investigación de LIANG & ZHENG (2020) experimentaron con VGG16, DenseNet121, InceptionV3, Xception y un modelo propuestos por ellos, el modelo que mejor resultados les proporciono fue el modelo que proponen obteniendo un accuracy de 90.50%, en Xception obtuvieron 87.80% de accuracy e InceptionV3 obtuvieron un 85.30% de accuracy. Mientras en la presente investigación se obtuvo con MobileNet un 96.20% de accuracy, InceptionV3 obtuvo 95.30% y Xception obtuvo un 94.40%, esta mejora significativa a comparación de los resultados obtenidos por LIANG & ZHENG (2020) es debido a la profundidad con las seis capas densas que se añadió a los tres modelos empleados en la investigación, al poder extraer y mapear las características de cada imagen del dataset los modelos han podido generalizar adecuadamente, esto se demuestra con los resultados obtenidos.

## 5 | CONCLUSIONES

En este trabajo, se presentaron tres algoritmos diferentes pre-entrenados para la aplicación en la detección de neumonía. Los algoritmos fueron Xception, MobileNet e InceptionV3 que obtuvieron resultados más que aceptables. Xception obtuvo un 94.4% en la métrica de accuracy, 93.5% en la métrica de precision, 93.0% en la métrica de recall, 93.0% en la métrica de F1-score. MobileNet obtuvo un 96.2% en la métrica de accuracy, 95.0% en la métrica de precision, 96.0% en la métrica de recall, 95.5% en la métrica de F1-score. Por último, InceptionV3 obtuvo un 95.3% en la métrica de accuracy, 94.0% en la métrica de precision, 94.0% en la métrica de recall, 94.0% en la métrica de F1-score. De los resultados podemos concluir que MobileNet ha demostrado un mejor desempeño ante Xception e InceptionV3, en las diferentes métricas empleadas. Además, su complejidad es muy inferior a los otros algoritmos con 8.1 millones de parámetros, conllevando a la utilización de menos recursos computacionales. Los resultados indican que MobileNet cuenta con un nivel muy alto de eficiencia en relación a Xception e InceptionV3.

## REFERENCIAS

CHOLLET, François. Xception: Deep learning with depthwise separable convolutions. **Proceedings - 30th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2017**, [s. l.], v. 2017-Janua, p. 1800–1807, 2017. Disponible em: <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.195>.

DENG, Jia *et al.* Scalable Multi-label Annotation. [s. l.], p. 1–4, 2014.

HOWARD, Andrew *et al.* Searching for MobileNetV3 Accuracy vs MADDs vs model size. **International Conference on Computer Vision**, [s. l.], p. 1314–1324, 2019.

KALLIANOS, K. *et al.* How far have we come? Artificial intelligence for chest radiograph interpretation. **Clinical Radiology**, [s. l.], v. 74, n. 5, p. 338–345, 2019. Disponible em: <https://doi.org/10.1016/j.crad.2018.12.015>.

KERMANY, Daniel S. *et al.* Identifying Medical Diagnoses and Treatable Diseases by Image-Based Deep Learning. **Cell**, [s. l.], v. 172, n. 5, p. 1122–1131.e9, 2018. Disponible em: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.02.010>.

LIANG, Gaobo; ZHENG, Lixin. Computer Methods and Programs in Biomedicine A transfer learning method with deep residual network for pediatric. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, [s. l.], n. xxxx, 2019. Disponible em: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2019.06.023>.

LIU, Na *et al.* Exploiting Convolutional Neural Networks With Deeply Local Description for Remote Sensing Image Classification. **IEEE Access**, [s. l.], v. 6, n. c, p. 11215–11227, 2018. Disponible em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2798799>.

OMS. **Pneumonia**. [S. l.], 2019. Disponible em: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pneumonia>.

SONG, Shuang; CHAUDHURI, Kamalika; SARWATE, Anand D. Stochastic gradient descent with differentially private updates. **2013 IEEE Global Conference on Signal and Information Processing, GlobalSIP 2013 - Proceedings**, [s. l.], n. December 2013, p. 245–248, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/GlobalSIP.2013.6736861>.

SZEGEDY, Christian *et al.* Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision. **Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**, [s. l.], v. 2016-Decem, p. 2818–2826, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.308>

# CAPÍTULO 3

## AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE PARÁMETROS EN UN INVERNADERO

*Data de aceite: 01/02/2022*

### **Miguel Ángel Barrera Valdés**

Profesor con perfil PROMEP en el Instituto Tecnológico Superior P'urhépecha Cherán, Michoacán

### **Juan Barrera Valdés**

Estudiante de maestría en el Instituto Tecnológico de Morelia, Trabaja en Microsoft Morelia Michoacán

### **Julián Omar Baltazar Hernández**

Profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico Superior P'urhépecha Cherán, Michoacán

### **José Rebrindanard Rubalcava López**

Profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico Superior P'urhépecha Cherán, Michoacán

**RESUMEN:** El presente proyecto aborda la importancia de monitorear parámetros en un invernadero, utilizando tecnología como lo son Wi-Fi, Android, Chip Atmega, lo cual ayuda a tener producción en más breve tiempo que lo normal, cultivos que tardan de 4 a 5 meses en producir, lo hacen en 2 a 3 meses. El control se realiza mediante una aplicación Android o IOs monitoreando Humedad, Humedad relativa, Temperatura e Iluminación, controlando con la aplicación la ventilación, riego e iluminación. El prototipo fue probado he instalado en la empresa Agrícola el Cerezo de Tangancícuaro Michoacán y se espera expandir este proyecto en las demás

empresas ubicadas en la región de la meseta P'urhépecha.

**PALABRAS CLAVE:** Invernadero, Android, Cultivos, Parámetros.

### INTRODUCCIÓN

La importancia de humedad en las plantas o cultivos radica en la transpiración de las plantas con la cual consiste en expulsar agua al ambiente por medio de las estomas y es el motor necesario para que la planta pueda absorber agua y nutrientes del suelo y a su vez con esa humedad baja su temperatura (SL, 2018).

La Temperatura afecta el crecimiento a corto y largo plazo y esta depende del estado del desarrollo de la planta, por lo cual es importante tenerla monitoreada de alguna forma.

También es sabido que la luz sirve para que la planta realice la fotosíntesis que produce materia orgánica (Agua+CO<sub>2</sub>) y se libera oxígeno a la atmosfera.

Teniendo la importancia de los parámetros que intervienen en el crecimiento y desarrollo de la planta, nace la importancia de monitorear y controlarlos, por lo que se desarrolló esta investigación originado un prototipo con el cual se realizaron las pruebas pertinentes para después instalarlo en la empresa Agrícola el Cerezo en Tangancícuaro Michoacán.

El prototipo se controla y monitorea con

un dispositivo Android donde la aplicación está en proceso de registro de derechos de autor.

## DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Se utilizaron los sensores DHT11 ver la figura 1, el cual es utilizado para monitorear la temperatura y humedad, para la humedad del suelo se utilizó el sensor YL-69 ver la figura 2, para la luz solar se utilizaron sensores LDR, estos son los básicos, pero también se utilizó una bomba para el riego, ventiladores para hacer circular el aire dentro del invernadero e iluminación led.

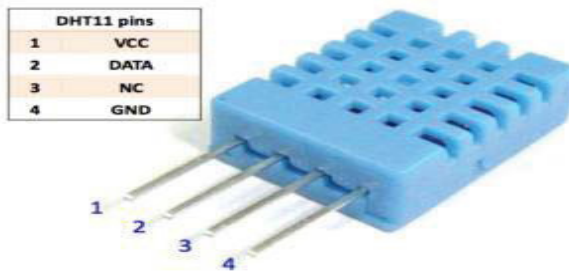


Figura 1. Pines del sensor DHT11.

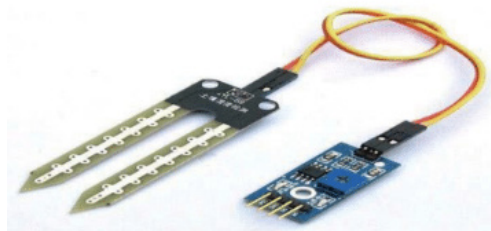


Figura 2. Pines del sensor yl-69.

Los sensores se utilizaron para el prototipo y también se pueden instalar en el invernadero, solo que se debe tener un control del circuito de potencia por el movimiento de los ventiladores, la bomba del agua, la iluminación led y de manera alternativa se puede controlar subir y bajar las cortinas laterales del invernadero por medio de motores y engranaje. Por parte del productor agrícola anteriormente mencionado, nos pidió que la alimentación se hiciera con energías renovables, dando como opción instalar paneles solares en el techo de la bodega para alimentar los circuitos de potencia, en esta parte se está haciendo estudio y la gestión para calcular la capacidad de energía eléctrica que se

va a utilizar.

En cuanto a la aplicación se desarrolló en java ver la figura 3 y librerías que conectan java con arduino, es una aplicación fácil de usar para el operario que esté a cargo del cultivo, consiste de mediante alertas que llegan al dispositivo Android de la temperatura y la humedad, se pueda mandar al presionar un botón encender y apagar la bomba de riego, encender y apagar los ventiladores, encender y apagar la iluminación, hasta que se tenga regulada la temperatura y la humedad dependiendo del estado de crecimiento de la planta.

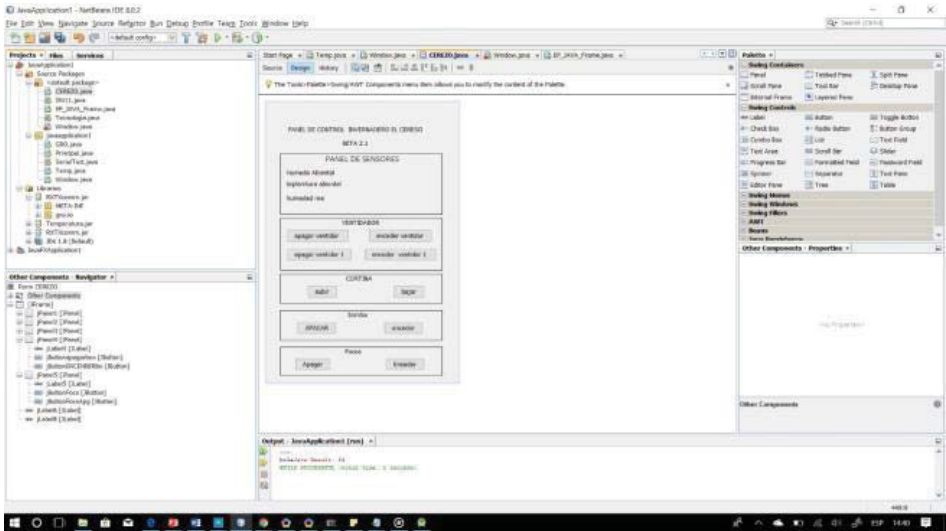


Figura 3. Entorno Java de la aplicación para el monitoreo y control.

A continuación, se muestra la aplicación en su primera versión faltándole detalles y colores se puede observar en la figura 4



Figura 4. Aplicación para el monitoreo y control



## AGRÍCOLA EL CEREZO

La empresa agrícola el cerezo esta se dedica a la producción de arándano, cereza y fresa, y nos permitió probar el prototipo en el cultivo de arándano, y a continuación se muestran las figuras 5 y 6 las cuales muestran parte del invernadero y plantas de arándano donde se realizaron las pruebas.



Figura 5. Invernadero de prueba agrícola el cerezo.



Figura 6. Plantas de arándano donde se instalaron los dispositivos

## RESUMEN DE RESULTADOS

En este trabajo investigativo se estudió en la importancia de tener el monitoreo de parámetros que influyen significativamente en el crecimiento de una planta utilizando tecnología que se tiene al alcance de nuestro presupuesto y facilitando las labores pertinentes en un invernadero. Las personas requieren poca capacitación porque la aplicación indica la acción a tomar, logrando con ello una producción en menos tiempo que los que comúnmente se obtiene, reduciendo gastos de mantenimiento e incrementando las ganancias en los cultivos.

## CONCLUSIONES

Es indispensable que se debe tomar en cuenta que un mal uso de la aplicación

puede provocar que la cosecha no sea la esperada, pero con un buen manejo de ella se puede facilitar la obtención de resultados por lo que cualquier persona tiene acceso a un dispositivo Android y la aplicación no consume datos, por lo que se ve un ahorro en cuanto a eso.

Otro impacto significativo es que esta aplicación no sustituye a un empleado lo cual es importante destacar, sino que le ayuda a hacer de manera mas cómoda su labor y de una manera muy sencilla

## RECOMENDACIONES

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en tratar de que la aplicación se pueda hacer de manera remota en caso de que el trabajador salga de vacaciones y no hay quien lo cubra o sea de manera remota y se le podrían incrementar más funciones dependiendo de la necesidad del productor.

A continuación, en la figura 7 se muestra el prototipo que se presentó ante los productores de agrícola el

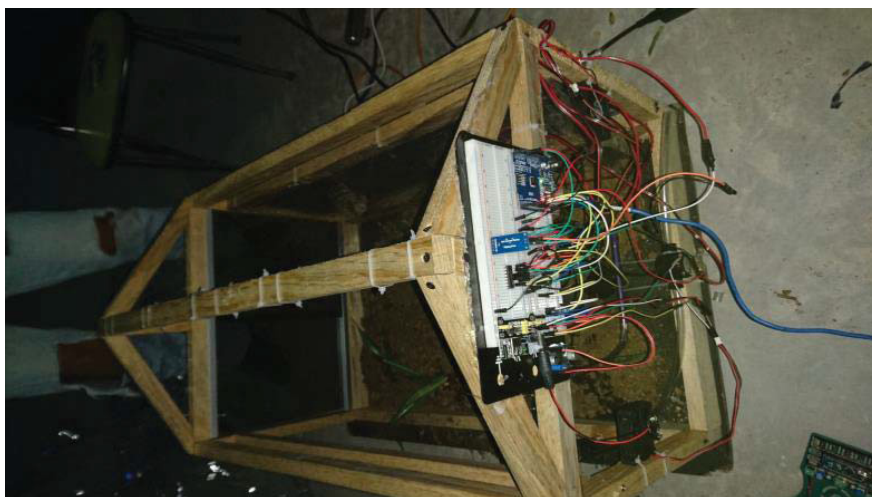


Figura 7. Prototipo terminado.

## REFERENCIAS

SL, B.-O. (18 de Enero de 2018). *Botanical-Online SL*. Obtenido de <https://www.botanical-online.com/florhumedad.htm>

# CAPÍTULO 4

## EL ANÁLISIS DE CASO UNA METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE INTEGRADA CON LA GAMIFICACIÓN CASO APLICACIÓN MÓDULO ESTRATEGIA DE CONTROL DE GESTIÓN Y KIMEM PM

*Data de aceite:* 01/02/2022

*Fecha de Entrega* 18/02/2022

### **Marcia Ricardina Silva Flores**

Académica Dpto. Ingeniería Industrial Facultad de Ingeniería, Universidad de Talca, <https://orcid.org/0000-0002-6114-1128>.

### **Jaime Orellana Rebolledo**

Director Ejecutivo Atenos, Autor Intelectual de la herramienta educativa Kimen PM <https://www.linkedin.com/in/jaimeorellanarebolledo/?originalSubdomain=cl>

### **Paula Vergara Harris**

Gerente de Producción y Coordinación Ejecutiva Líder Educación de Kimen PM <https://www.linkedin.com/in/paula-vergara-harris-28359176/?originalSubdomain=cl>

docentes con un rol facilitador, innovador y gestor del cambio en el desarrollo de impartir los módulos. El cambio de metodologías de aprendizaje vinculadas a la tecnología se hace imperante, en un ambiente tecnológico debe ser acompañado de una virtualidad agradable, cercana. Se ha integrado la metodología de estudio de caso de una empresa en la aplicación Kimen PM, que ha permitido que los estudiantes puedan obtener los resultados de aprendizajes en gestión estratégica, gestión de proyectos, trabajo colaborativa, toma de decisiones en el módulo, a través de la aplicación Kimen PM, que consiste en “Desarrollar un Plan estratégico y Cuadro de mando integral de una empresa en la Ciudad Kimen”, para posterior tomar las decisiones planificadas y obtener resultados “reales” en línea.

**PALABRAS CLAVES:** estrategias metodológicas, resultados de aprendizaje, gamificación, aprendizaje basado en proyectos, simulación.

### CASE ANALYSIS AN INTEGRATED LEARNING METHODOLOGY WITH GAMIFICATION CASE APPLICATION MANAGEMENT CONTROL STRATEGY MODULE AND KIMEM PM

**ABSTRACT:** The present work describes the application of methodological strategies integrated to technology in a gamification environment, in the Strategy and Management Control Module of the Industrial Civil Engineering Career University of Talca and show the effectiveness in learning outcomes. The current post-COVID situation and its VUCA effect on the labor market, the rethinking in Higher Education

**RESUMEN:** El presente trabajo describe la aplicación de estrategias metodológicas integradas a la tecnología en un ambiente de gamificación, en el Módulo de Estrategia y Control de Gestión de la Carrera de Ingeniería Civil Industrial Universidad de Talca y mostrar la efectividad en los resultados de aprendizaje. La situación actual post COVID y su efecto VUCA en el mercado laboral, el repensar en las Instituciones de Educación Superior de cómo garantizar el cumplimiento de las propuestas de valor comprometida en los perfiles de egreso, moviliza la necesidad de establecer una reestructuración en la forma como se desarrollan los procesos de aprendizaje por parte de los

Institutions of how to guarantee compliance with the value propositions committed in the graduation profiles, mobilizes the need to establish a restructuring in the way learning processes are developed by teachers with a facilitating role, innovator and change manager in the development of teaching the modules. The change of learning methodologies linked to technology becomes imperative, in a technological environment it must be accompanied by a pleasant, close virtuality. The case study methodology of a company has been integrated into the Kimen PM application, which has allowed students to obtain the learning outcomes in strategic management, project management, collaborative work, decision making in the module, through the Kimen PM application, which consists of "Developing a Strategic Plan and Balanced Scorecard of a company in Kimen City", to later make the planned decisions and get "real" results online.

**KEYWORDS:** Methodological strategies, learning outcomes, gamification, project-based learning, simulation.

## 1 | ANTECEDENTES DEL CONTEXTO

### Impacto Covid en el proceso de aprendizaje e inserción de nuestros futuros profesionales

De acuerdo con el documento "COVID-19 y educación superior: de los efectos inmediatos al día después; análisis de impactos, respuestas políticas y recomendaciones" (Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y el Caribe [390, 2020) emitido en el mes de Agosto del 2020 por la Unesco, se mencionan los efectos en los distintos actores de la comunidad universitaria tanto académicos, personal administrativo, estudiantes donde se destaca destacamos y complementa con otros informes lo siguiente:

- "En el caso de los **estudiantes**; se menciona efectivamente el "impacto del cese y la incertidumbre", donde surgen interrogantes como ¿Cuándo se regresará a la normalidad?, ¿Qué ha sucedido hoy que han ingresado estudiantes a la Educación superior y no conocen sus campus, a sus compañeros y por ende físicamente a la Comunidad?".
- "Por otra parte, el impacto más evidente sobre **los docentes** con una orientación en los ámbitos de investigación es que se han visto en la carencia del manejo en metodologías y aplicaciones de enseñanza aprendizaje virtual y porque no decirlo híbrido. Y "está siendo la expectativa, cuando no exigencia, de la continuidad de la actividad docente bajo la modalidad virtual".
- "Parece claro que en todo el mundo el cese temporal de las actividades presenciales en las **Instituciones de Educación Superior (IES)** ha operado como un enorme disruptor sobre su funcionamiento. El impacto de esta disrupción es muy variable y depende, en primer lugar, de su capacidad para mantenerse activas en sus actividades académicas y, en segundo lugar, de su sostenibilidad financiera."

- Otro efecto también mencionado en el documento es el “impacto que se va a observar en el **nivel de empleabilidad de los futuros profesionales** denominados postpandemia. “Es pronto todavía para estimar qué comportamiento tendrá la oferta de educación superior de acuerdo con las expectativas de los distintos empleadores”. Lo anterior lo podemos visibilizar en su informe de la empresa de reclutamiento y selección Robert Half a mayo 2021 (Empresa Robert Half, 2021) en la que destaca la necesidad de habilidades para la industria 4.0 como comunicación digital, agilidad, creatividad, adaptabilidad, liderazgo y organización eficiente.
- Por otro lado, en el Informe La generación del 2030 y el aprendizaje que los prepara para la vida: La tecnología imperativa, (Practice, 2021) Barbara Holzapfel Gerente General, Microsoft Education indica como la **tecnología puede mejorar el proceso de aprendizaje** al permitir a los profesores ahorrar tiempo, proporcionar conocimientos específicos para los estudiantes, impulsar la inclusión y proporcionar experiencias de aprendizaje inmersivas, todo a una escala masiva. Concluyendo lo siguiente:
  - Prevemos que las plataformas de colaboración digital, la inteligencia artificial y la realidad inmersiva y mixta serán herramientas poderosas para cubrir las necesidades clave de los profesores, entre ellas:
    - Transformar el tiempo de clase para centrarse en enfoques de aprendizaje personalizados•
    - Obtener conocimientos sobre el aprendizaje•
    - Inclusividad, para amplificar las habilidades de todos los estudiantes•
    - Desarrollar habilidades críticas a través de experiencias socialmente integradas
- También, se explicita que las **IES** deberían, “centrar sus esfuerzos en asegurar la continuidad formativa y garantizar la equidad, generando mecanismos de gobierno, monitoreo y apoyo eficientes”; rediseñar “medidas pedagógicas para evaluar formativamente y generar mecanismos de apoyo al aprendizaje de los estudiantes en desventaja”,” aprender de los errores y escalar la digitalización, la hibridación y el aprendizaje ubicuo”; y promover la reflexión interna sobre la renovación del modelo de enseñanza y aprendizaje.”
- Se concluye con la necesidad de implementar etapas de **continuación, planificación, reapertura, rediseño y reestructuración** Como lo muestra la figura 1 que se esquematiza el mismo documento.



Figura 1.

Fuente documento “COVID-19 y educación superior: de los efectos inmediatos al día después; análisis de impactos, respuestas políticas y recomendaciones” (Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y el Caribe [390, 2020).

## Salto cuántico en las Instituciones de Educación Superior

Francisco Marmolejo planteo en la presentación denominada “La educación superior en la post pandemia hacia nuevos paradigmas en la labor docente” en el XIV Curso Interinstitucional LA EDUCACIÓN SUPERIOR HOY “De las certezas a la incertidumbre, Impartido por la UNAM México , mencionó una aseveración de Edgar Morin “*Uno de los grandes problemas que enfrentamos en la actualidad es cómo ajustar nuestra manera de pensar para enfrentar los retos de un mundo que es crecientemente complejo, sujeto a un rápido cambio e impredecible. Debemos re-pensar nuestra manera de organizar el conocimiento*”; también se podría añadir que es necesario organizar la gestión de las instituciones de educación Superior.” Lo que ratifica el mismo Francisco Marmolejo en el artículo de la Revista “Más allá de innovaciones disruptivas, se refiere “que las universidades necesitan reinventarse”.

En el documento de Joseph Allen Dar Un Salto Cuántico Para Transformar La Empresa De Forma Efectiva (Alet, 2020) en la Revista Harvard Deview Deusto, “se propone que dado que vivimos en al **ambiente VUCA** (Volatilidad, incertidumbre, Complejidad y Ambigüedad) y los impulsos de la computación cuántica, la inteligencia artificial, el internet de las cosas, los procesos de transformación digital, se debe **reinventarse el estilo de gestión vigente y pasar a lo denominado** “el management cuántico”, integrado por la **gestión holística, la coopectición ,el aprendizaje interactivo, la organización dinámica** y la conformación de un Ecosistema distinto a lo existente donde se promueva relaciones de **co creación, entre lanzamiento, superposición y el producir servicio** .

Por ende, Joseph Allen indica que se requiere hoy día hacer “una analogía entre la órbita de los átomos y de los niveles cuánticos” , en este trabajo se menciona esa analogía con nuestros distintos grupos de interés como estudiantes apoderados empleadores sociedad académicos funcionarios administrativos donde efectivamente hay

una influencia diferencial”; donde encontramos una indeterminación, incertidumbre estar llamando de requerimientos o comportamientos irracionales , donde una adecuada forma de relacionamiento con estos actores de la Comunidad de instituciones de educación superior permitirán minimizar las brechas de inequidad que se observan, y una de estas **innovaciones de transformación es ajustar las metodologías de aprendizaje.**

El presente trabajo, está orientado a considerar **un macroproceso de innovación transformadora que debería resultar de la adecuada gestión de las variables independientes del sistema sociotécnico** que generan el Ecosistema de las instituciones de Educación Superior y focalizar los esfuerzos en la denominada etapa reestructurar de la figura 1 propuesta por la Unesco a través de las estrategias metodológicas de aprendizaje y considerando las afirmaciones de Francisco Marmolejo y proponer **un nuevo modelo de organización de los procesos de enseñanza y aprendizaje, típicamente híbrido y de estrategias metodológicas efectivas** , para mejorar la calidad del servicio y también la equidad, sacando partido de las lecciones aprendidas durante la fase de continuidad pedagógica.

## **Estrategias pedagógicas y su integración con la gamificación**

Las **estrategias pedagógicas**, como lo describe el artículo (Sánchez-Otero, 2019), “son aquellas herramientas que nos permiten obtener los resultados de aprendizaje previamente planificados que pueden ser de ensayo, organización , apoyo , elaboración y comprensión , por lo cual nos encontramos con una masividad de estas estrategias, sin embargo este articulo releva la importancia del adecuada articulación con la tecnología , como lo cita Por otra parte, (Marta Libedinsky, 2015) plantea que para articular las TIC en el aula se requiere analizar los principios de la integración curricular de los medios tecnológicos para como herramientas didácticas. En esto se debe tener en cuenta el entorno cultural de los estudiantes, de manera que facilite el aprendizaje, desarrollo de habilidades y competencias, dentro de un contexto digital.”

Como lo indica el artículo de Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa Vol. 16, N° 3, 2010, pp. 31-52, ISSN: 1135-2523 (Villarreal Larrinaga, 2010) el **estudio de casos** permite analizar el fenómeno objeto de estudio en su contexto real, utilizando múltiples fuentes de evidencia, cuantitativas y/o cualitativas simultáneamente. Por otra parte, ello conlleva el empleo de abundante información subjetiva, la imposibilidad de aplicar la inferencia estadística y una elevada influencia del juicio subjetivo del investigador en la selección e interpretación de la información. El estudio de casos es, por tanto, una metodología de investigación cualitativa que tiene como principales debilidades sus limitaciones en la confiabilidad de sus resultados y en la generalización de sus conclusiones, lo que la enfrenta a los cánones científicos más tradicionales y lo que, de alguna manera, la ha marginado (que no excluido) frente a otras metodologías más cuantitativas y objetivas



como metodología científica de investigación empírica”

Dado lo anterior, es necesario explorar otro tipo de estrategias metodológicas de aprendizaje que permitan asegurar la efectividad del proceso.

De acuerdo con lo indicado por el artículo de (González-Acosta, 2020) “La gamificación dentro del aprendizaje consiste en la utilización de mecánicas de juego desarrolladas en entornos ajenos al juego, metodología que permite trabajar aspectos como la motivación, el esfuerzo y la cooperación dentro del ámbito escolar, estimulando a los alumnos, de tal manera que conduzca a una expansión de sus conocimientos (Prieto Andreu, 2020; Zainuddin et al., 2020). Estas metodologías brindan un enfoque eficaz para el aprendizaje centrado en el estudiante, generando las habilidades de construir y adquirir conocimientos; y desarrollar la actitud en un mundo de juego creado específicamente para fines educativos (Eugenio y Ocampo, 2019). Las propuestas docentes basadas en gamificación constituyen una excelente herramienta pedagógica, con objetivos formativos de alcanzar actitudes y aptitudes en los estudiantes similares a los que se esperan de los modelos basados en competencia; pero en su caso adquiridos dentro de una didáctica de retos y representaciones. De esta forma pueden incorporarse a los modelos educativos como elemento auxiliar que favorece la formación de competencias o resultados integrales, trabajado desde la diversión y la participación del estudiante (Hernández-Horta et al., 2018).

Kimen indica (Orellana, 2022) que Kimen PM es un Videojuego-Simulador Educativo (Simulador Gamificado), para el desarrollo de habilidades del siglo XXI a través de la simulación de proyectos. El Videojuego-Simulador Kimen PM está diseñado para fortalecer nivel de motivación de los estudiantes en su proceso formativo, habilitando un conjunto de Mecánicas de Aprendizaje para el desarrollo de habilidades, y facilitando el logro de los objetivos / resultados de aprendizaje.

## **2 | CONTEXTO INSTITUCIONAL DEL CASO APLICACIÓN ESTRATEGIA METODOLÓGICA**

### **Contexto institucional Modelo Educativo**

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de Talca, ha definido que las carreras profesionales deben permitir que los alumnos alcancen el perfil de egreso el cual está formado por dominios profesionales y estos por competencias, las cuales están formadas de trayectorias de aprendizajes conformadas de saberes.

Por lo tanto, más que contenidos lo que se trabaja son los saberes cognitivos, procedimentales y actitudinales en cada Unidad de Aprendizaje. En esta oportunidad, la aplicación es en la Carrera de Ingeniería Civil Industrial, cuyo perfil de egreso está conformado por los Dominios: Gestión de Operaciones, Gestión Tecnológica y Gestión de la Organización, la cuales incluyen 12 competencias.

El módulo de Estrategia y Control de Gestión donde se desarrollará la aplicación



de la estrategia metodológica de gamificación en un Estudio de caso contribuye al logro de las Competencias 3,6,10 y 12 como lo indicamos en la figura 2 que está ubicado en el semestre 10, con un creditaje ECTS de 4 créditos, operacionalizados en 108 horas distribuidas en 3,5 horas de catedra semanales, y 2,5 horas de trabajo autónomo.

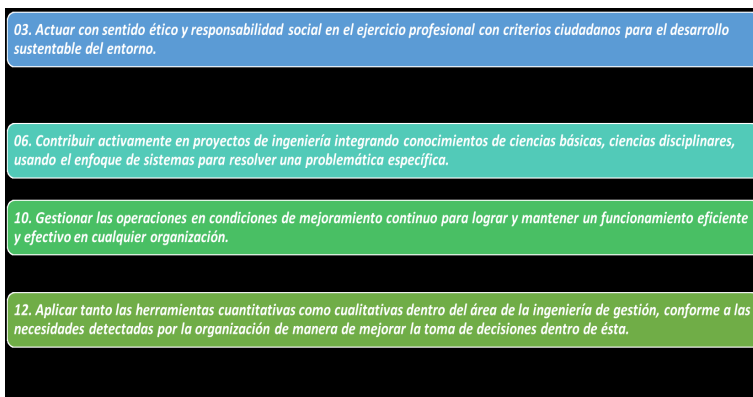


Figura 2 Detalle de las competencias del Perfil de Egreso de Ingeniería Civil Industrial.

La operacionalización de los aprendizajes de las competencias indicadas en la Figura 2, se han formalizado en Unidades de Aprendizaje a través de un Syllabus y un Plan de Clases, de acuerdo con las pautas entregadas por la Vicerrectoría de Pregrado de la institución, los que se presentan a continuación en la Figura 3

Aprendizajes	Unidad
1.- 12.1.D. Elabora un plan estratégico considerando hasta el nivel de las áreas funcionales en cualquier organización	1Unidad I: Modelo de Gestión estratégica 2Unidad I: Análisis Estratégico 4Unidad II: Elección e implementación estratégica
2.- AP10. Analiza elementos de sustentabilidad en acciones personales y disciplinares.	3Unidad II: Elección e implementación estratégica
3.- AP3. Aplica la ética profesional en la vinculación con otros desde la perspectiva de la Responsabilidad Social.	4Unidad III: Alineamiento estratégico Cultura , Liderazgo y Poder
4. AP1. Identifica los conceptos fundamentales de la ética, la moral y de los valores éticos universales con el fin de aplicarlos en el contexto académico.	6Unidad III: Alineamiento estratégico Cultura , Liderazgo y Poder
5. 12.1.L. Diseña un sistema de control de gestión en la organización considerando hasta el nivel de las áreas funcionales en cualquier organización	6Unidad IV: Diseño de un sistema de control de gestión y la aplicación de la inteligencia de negocios
5. BAP3D. Formula proyectos de ingeniería a partir de las necesidades y oportunidades detectadas.	6Unidad IV: Diseño de un sistema de control de gestión y la aplicación de la inteligencia de negocios
5.-10.1.D. Aplica software de gestión en la toma de decisiones organizacionales	6Unidad IV: Diseño de un sistema de control de gestión y la aplicación de la inteligencia de negocios

Figura 3 Operacionalización de los aprendizajes en unidades.

## Desarrollo de la Experiencia

El módulo de Estrategia y Control de Gestión es un módulo que espera que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil Industrial, sean capaces de elaborar un plan estratégico considerando hasta el nivel de las áreas funcionales en cualquier organización, considerando el alineamiento a los elementos de sustentabilidad, ética profesional, como también diseñar un sistema de control de gestión en la organización que permita integrarlos a las iniciativas estratégicas y proyectos a partir de las necesidades y oportunidades detectadas en un contexto de aplicaciones de visualización y gestión de la información en la toma de decisiones organizacionales. Dado lo anterior las metodologías de aprendizaje utilizadas se encuentra desarrolladas en Aprendizaje basado en problemas, Aprendizaje basado en Proyectos y Análisis de casos y de lo que se ha denominado Análisis de la empresa Virtual. El análisis de empresa virtual es un método de trabajo desarrollado por la suscrita, por la cual se les solicita a los estudiantes organizarse en equipos de máximos 5 personas y que seleccionen una empresa real dispuesta en una nómina de empresas que se encuentran en los Ranking como Merco, América Economía y Empresas especializadas en Clasificación de Riesgo como Feller-Rate y ICR. Se les explica que esta empresa los acompañara durante el semestre como Unidad de análisis y aplicación práctica de los saberes y metodologías entregados en las clases. Lo anterior con la finalidad de poder acercar a los estudiantes al mundo “real del desarrollo de estrategias”.

### a. Antecedentes Previos

Frente a la preocupación de los efectos post-covid en los procesos de enseñanza aprendizaje virtual, requerimientos de habilidades que exige la demanda laboral y preparar a los estudiantes a enfrentarse a este nuevo mundo holístico, de ecosistemas entrelazados y superposición de los actores, es necesario potenciar los ambientes de aprendizaje virtuales, aprovechando la disponibilidad de aplicaciones tecnológicas y poder visualizar el empoderamiento del aprendizaje.

Es así como la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil Industrial, gestiona la presentación KIMEN PM y luego de probar la aplicación por el docente, se concluyó esto es lo que se requería, por las siguientes razones:

- Es un ambiente de entretención y atrae a los estudiantes para el proceso de aprendizaje
- El diseño de los proyectos contiene aspectos metodológicos y aplicaciones relacionadas con la realidad empresarial y prácticas de PMBook.
- La oportunidad de visibilizar el avance de los estudiantes respecto a sus decisiones y su avance en KPIs previamente determinados. (El papel, el ppt aguanta todo y esta aplicación te entrega información para gestionar el aprendizaje de los estudiantes). Se cuenta con un acompañamiento y asesoría del Equipo KIMEN PM.

## b. Planificación de la Estrategia metodológica KIMEN PM

Para el desarrollo adecuado de la implementación de aplicaciones de gamificación en el módulo se desarrollaron las siguientes fases:

a. Fase de Aprobación por el Comité Curricular de la Escuela.

b. Fase de Planificación e incorporación en el Syllabus en el acápite Metodologías a ser utilizadas en el módulo como lo muestra la figura 4.



Figura 4.

c. Es muy relevante mencionar que el foco de la implementación de la Gamificación estuvo circunscrito en la integración de la metodología de Desarrollo de casos aplicado al proyecto en el simulador, las diferencias de esta aplicación se muestran en la Figura 4 donde se muestran las metodologías anteriores y las metodologías aplicadas en el semestre 2021-1, como lo muestra la Figura 5.

Aprendizajes	Unidad	Metodología anterior	Metodología desarrollada Semestre 2021-1
1.- 12.1.D. Elabora un plan estratégico considerando hasta el nivel de las áreas funcionales en cualquier organización	1Unidad I: Modelo de Gestión estratégica	Analisis de caso tradicional	Cuestionario aplicado a lectura de paper relevante
	2Unidad I: Análisis Estratégico	Analisis de empresa virtual	Aprendizaje basado en problemas - Empresa virtual
		Aprendizaje basado en problemas - Empresa virtual	Cuestionario aplicado a lectura de paper relevante
	4Unidad II: Elección e implementación estratégica	Aprendizaje basado en problemas - Empresa virtual	Aprendizaje basado en problemas - Empresa virtual
2.- AP10. Analiza elementos de sustentabilidad en acciones personales y disciplinares.	3Unidad II: Elección e implementación estratégica	Aprendizaje basado en problemas - Empresa virtual	Aprendizaje basado en problemas - Empresa virtual
	4Unidad III: Alineamiento estratégico Cultura , Liderazgo y Poder	Aprendizaje basado en problemas - Empresa virtual	Aprendizaje basado en problemas - Empresa virtual
3.- AP3. Aplica la ética profesional en la vinculación con otros desde la perspectiva de la Responsabilidad Social.	6Unidad III: Alineamiento estratégico Cultura , Liderazgo y Poder	Analisis de caso tradicional	Aprendizaje basado en proyectos en ambiente KIMEn PM
4.AP1. Identifica los conceptos fundamentales de la ética, la moral y de los valores éticos universales con el fin de aplicarlos en el contexto académico.	6Unidad IV: Diseño de un sistema de control de gestión y la aplicación de la inteligencia de negocios	Analisis de caso tradicional	Aprendizaje basado en proyectos en ambiente KIMEn PM
5.12.1.L. Diseña un sistema de control de gestión en la organización considerando hasta el nivel de las áreas funcionales en cualquier organización			
5.BAP3D. Formula proyectos de ingeniería a partir de las necesidades y oportunidades detectadas.	6Unidad IV: Diseño de un sistema de control de gestión y la aplicación de la inteligencia de negocios	Analisis de caso tradicional	Aprendizaje basado en proyectos en ambiente KIMEn PM
5.-10.1.D. Aplica software de gestión en la toma de decisiones organizacionales	6Unidad IV: Diseño de un sistema de control de gestión y la aplicación de la inteligencia de negocios	Analisis de caso tradicional	Aprendizaje basado en proyectos en ambiente KIMEn PM

Figura 5.

d. Fase de operacionalización y calendarización en el Plan de clases, con la finalidad facilitar a los estudiantes la visibilización de las fechas, tareas y evaluaciones y su respectiva ponderación y que nos acompañaría el Equipo KimenPM, como lo presentamos en la Figura 6.

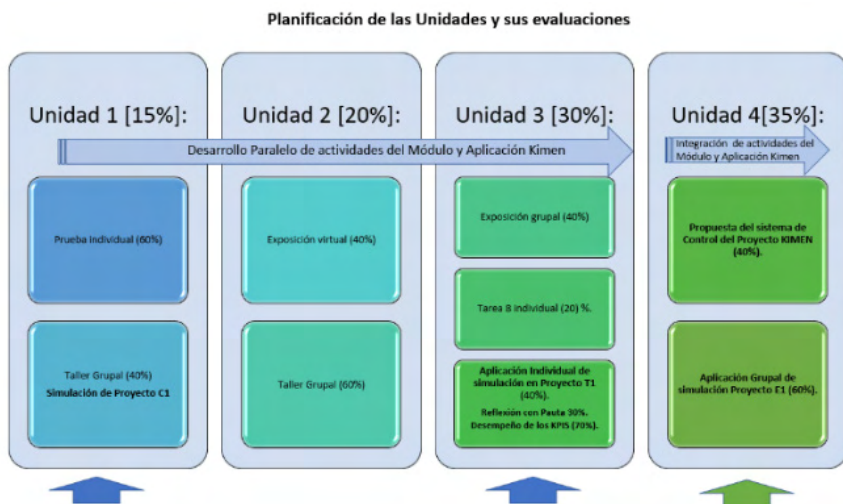


Figura 6.

### c. Implementación de la Estrategia metodológica KIMEN PM

Se procedió a realizar una inducción, en la que los estudiantes visualizaron el itinerario a desarrollar, como lo muestra la figura 7.



Figura 7.

e. Fase de implementación la que se concretó por crear un ambiente KIMEN e nuestra Plataforma Educandus (Moodle) y la participación del Equipo Kimen en forma permanente en las siguientes actividades, como lo muestra la figura 8.

**• ¿Cómo se pensó el uso de Kimen? (2)**

---

**Introducción** Unidad I: Modelo de gestión estratégica - Análisis Estratégico

Unidad II: Elección estratégica    Unidad III: Alineamiento estratégico, Cultura, Liderazgo y poder

Unidad IV: Control de gestión y Aplicación Herramientas de Control de Gestión

Simulador KIMEN PM

La contribución del presente módulo es Aplicar los criterios y los herramientas necesarios para los procesos de formulación, implementación estratégica y control de la gestión entendiendo el entorno en el que se desarrollan el análisis de los competidores y los activos estratégicos con que cuentan las organizaciones para lograr una performance superior.

BUS INDUSTRIAL / ESTRATEGIA Y CONTROL DE GESTIÓN - Sección A / Simulador KIMEN PM

**Introducción**    Unidad I: Modelo de gestión estratégica - Análisis Estratégico    Unidad II: Elección estratégica

Unidad III: Alineamiento estratégico, Cultura, Liderazgo y poder

Unidad IV: Control de gestión y Aplicación Herramientas de Control de Gestión    Simulador KIMEN PM

KIMEN PM es un videojuego simulador de proyectos diseñado con fines educativos para potenciar el modelo de enseñanza aprendizaje en el ámbito de gestión de proyectos, apartando como herramienta pedagógica a los docentes asignaturas en las cuales se abordan temáticas relacionadas de manera directa o indirecta con proyectos. La U. de Talca ha decidido implementar KIMEN PM como plataforma educativa innovadora con el fin de potenciar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Figura 8.

I. Cada vez que se iniciaba el lanzamiento de los proyectos, revisión y su respectivo piloteo, ya que se desarrollaron Simulaciones individuales y grupales para un resumen de ello

se muestra en esta nube de palabras Figura 9



Figura 9.

II. Información permanente de su avance en los KPI, como lo muestra el dashboard del docente de la figura 10

Identificación	Proyectos	Estado	Alumnos que Finalizaron	KPI Plazo	KPI Costo	KPI Satisfacción	KPI Total	Tiempo Juego
Proy1	Proyecto Demo - Consultorio	Finalizado	38	92%	99%	54%	82%	00:21:14
Proy2	Construcción Sede Sindical Adjunta a Hospital	En proceso	0					00:00:00
Proy3	Construcción Centro de Salud 3a Edad	En proceso	0					00:00:00
Proy4	Smart City Servicios Digitales para Ciudadanos	Finalizado	36	71%	99%	55%	74%	00:41:59
Proy5	Smart City: Servicios Digitales	En proceso	0					00:00:00
Proy6	Diseño de Idea de Negocio Tienda Saludable	Finalizado	8	92%	98%	58%	82%	00:32:10

Figura 10.

#### **d. Solicitud de retroalimentación de los aprendizajes logrados.**

**I.** *“Que siempre debo centrarme en terminar el proyecto en el plazo establecido ya que esto afecta el interés de los más relevantes en el proyecto. Satisfacer ciertas necesidades, pero no ver posibilidad de modificar tanto el proyecto, ya que esto se planificó y por ciertos motivos es como es. Para planificar se deben ver bien desde un principio los requisitos de las partes interesadas*

**II.** *Aprendí a tomar decisiones y qué cada una de estas deben ser analizadas antes de concretarlas, ya que estas tienen repercusiones dentro del proyecto, ya sea económicas o directamente con la satisfacción de los distintos interesados”*

**III.** *“Aprendí que es importante analizar como una decisión puede afectar al entorno ya que uno puede pensar que solo va a afectar al interesado, pero en realidad todo va concatenado, además de que una decisión siempre tiene sus ventajas y desventajas por lo que no es llegar y tomar una decisión ya que es necesario analizar qué lado tiene más peso, y qué consecuencias puede tener. Por otra parte, a que se debe tener en cuenta cuales van a ser los principales objetivos o que enfoque voy a tener ya que si no conociera que rumbo tomar es fácil ceder a todas las peticiones que al final van a lograr un desempeño regular en todos los aspectos.”*

**IV.** *“Aprendí que es importante analizar como una decisión puede afectar al entorno ya que uno puede pensar que solo va a afectar al interesado, pero en realidad todo va concatenado, además de que una decisión siempre tiene sus ventajas y desventajas por lo que no es llegar y tomar una decisión ya que es necesario analizar qué lado tiene más peso, y qué consecuencias puede tener. Por otra parte, a que se debe tener en cuenta cuales van a ser los principales objetivos o que enfoque voy a tener ya que si no conociera que rumbo tomar es fácil ceder a todas las peticiones que al final van a lograr un desempeño regular en todos los aspectos.”*

**V.** *“Aprendí lo esencial y fundamental que es tomar una decisión pensando en los distintos factores. Cada una de las decisiones a tomar van a tener una consecuencia, ya sea negativa o positiva y eso fue, a mi parecer lo más entretenido (y a la vez difícil) del juego. El simulador me enseñó a realizar una “imitación” de la vida cotidiana, y a lo que más adelante me tendré que enfrentar cuando sea profesional y deba tomar decisiones importantes dentro de las empresas”.*

**VI.** *“Lo que aprendí al realizar las simulaciones es que el mundo virtual de Kimen se asimila bastante a la realidad, debido a que, se trabaja con recursos limitados como el dinero y el personal, por ende, no es posible realizar un proyecto perfecto, siempre habrá alguna dificultad y/o decisión que puede afectar en cualquier momento del proceso.*

**VII.** *En conclusión, lo que más aprendí de Kimen es que:*

*Cada decisión afecta tanto a los objetivos del proyecto y la satisfacción de los clientes.*

*La posición de cada interesado influye en la satisfacción.*

*El HH disponible es el recurso máspreciado en la simulación, por lo tanto, se debe manejar con cuidado y de forma estratégica.*



*Para realizar un buen proyecto se debe tener las opiniones de los distintos estamentos que se verán involucrados en el proyecto, con la finalidad de no generar retrasos durante la ejecución.*

*Que para terminar bien un proyecto hay que ponerse en el lugar de todos, cumplimiento de costos, cumplimiento de plazo y la satisfacción del cliente, ya que en mi enfoque que yo escogía las opciones de no demorarse más e invertir más dinero la satisfacción del cliente o persona fue mala.”*

**VIII.** *Algunos feedback de los estudiantes antes de la aplicación de gamificación “El trabajo realizado se valora mucho, ya que, utilizó muchas herramientas en las cuales se manejaba muy bien que nos permitieron poder desarrollar nuestras habilidades y aprender los contenidos del módulo de una manera distinta pero eficaz”. “Excelente metodología de aprendizaje aplicada hace énfasis en los contenidos que se deben mejorar, siempre deja retroalimentación de las tareas/trabajos, remarca los logros alcanzados por el equipo como por cada miembro de este. junto con lo anterior, hay que mencionar que tiene un manejo muy avanzado de la plataforma Educandus, favoreciendo en gran medida las actividades grupales, a su vez, incentiva el uso de diferentes aplicaciones en pro del aprendizaje de los estudiantes”.*

Fuente Alumnos del Módulo de Estrategia y control de Gestión Semestre 2021-1.

### 3 I CONCLUSIONES

- La situación actual post COVID y su efecto VUCA en el mercado laboral, el repensar en las Instituciones de Educación Superior de cómo garantizar el cumplimiento de las propuestas de valor comprometida en los perfiles de egreso, moviliza la necesidad de establecer una reestructuración en la forma como se desarrollan los procesos de aprendizaje por parte de los docentes con un rol facilitador, innovador y gestor del cambio en el desarrollo de impartir los módulos, solo es necesario atreverse.
- El articular la trayectoria de aprendizaje insertas en las competencias de un perfil de egreso con las tecnologías de información y una metodología como el estudio de caso en un ambiente minimiza los aspectos diferenciales producidos por la nueva normalidad y se obtiene una efectividad en la órbita de los átomos o estudiantes y de los niveles cuánticos o procesos de aprendizaje.”
- Es evidente la efectividad del proceso de aprendizaje de los estudiantes, que, en un mismo tiempo de ciclo, aprendizajes esperados, docente responsable, la evidencia del aprendizaje descrito por los mismos actores del proceso, dan cuenta de la contribución y sobre todo la toma de conciencia.
- Contar con una herramienta que permita capturar la información, visibilización del proceso de aprendizaje, permite la toma de decisiones en el docente que garantizaran obtener los resultados del aprendizaje.
- Kimen PM es un Videojuego-Simulador Educativo (Simulador Gamificado) que permite alcanzar los aprendizajes planificados, por el espacio que se dispone al estudiante de tomar decisiones, obtener los resultados en línea y evidenciar el impacto de estas decisiones.



## REFERÊNCIAS

Aguirre, A. (7 de Septiembre de 2020). RELIABILITY CONNECT® en Español. Obtenido de ¿Qué es un Sistema Socio técnico y porque es importante conocerlo en el ámbito de la Confiabilidad Humana?: <https://esp.reliabilityconnect.com/que-es-un-sistema-socio-tecnico-y-porque-es-importante-conocerlo-en-el-ambito-de-la-confiabilidad-humana/>.

ALET, J. (2020). DAR UN SALTO CUANTICO PARA TRANSFORMAR LA EMPRESA DE FORMA EFECTIVA. *Harvard Deusto Business Review*, 40-56.

Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y el Caribe [390. (1 de Agosto de 2020). Biblioteca Digital UNESDOC. Obtenido de ISBN:978-980-7175-51-7: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375125?posInSet=1&queryId=dcf15bc9-95c6-4708-97c6-78b22fc3468a>.

Marmolejo Cervantes, F. (9 de Octubre de 2020). La educación superior en la post pandemia hacia nuevos paradigmas en la labor docente. Obtenido de El Programa Universitario de Estudios sobre Educación Superior (PUEES) de la UNAM: <https://ses.unam.mx/curso2020/programa.php>.

Articulo Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa Vol. 16, N. 3.-5.-2. (s.f.).

Empresa Robert Half. (1 de Mayo de 2021). <https://www.roberthalf.cl/>. Obtenido de <https://www.roberthalf.cl/>: <https://www.roberthalf.cl/>.

González-Acosta, E. A.-G.-C.-M. (2020). . La gamificación como herramienta educativa: el estudiante de contabilidad en el rol del gerente, del contador y del auditor. *Formación universitaria*. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50062020000500155](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062020000500155).

Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y el Caribe [390. (1 de Agosto de 2020). Biblioteca Digital UNESDOC. Obtenido de ISBN:978-980-7175-51-7: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375125?posInSet=1&queryId=dcf15bc9-95c6-4708-97c6-78b22fc3468a>.

Marta Libedinsky, P. P. (2015).

Orellana, J. (18 de Febrero de 2022). KIMEN PM. Obtenido de <https://kimengames.com/caracteristicas.html>.

Practice, M. y. (1 de Abril de 2021).

Sánchez-Otero, M. G.-G.-S.-. (2019). el articulo Sánchez-Otero, Madelin, García-Guiliany, Jesús, Steffens-Sanabria, Ernesto, & Palma, Hugo Hernández-. (2019). Estrategias Pedagógicas en Procesos de Enseñanza y Aprendizaje en la Educación Superior incluyendo Tecnologías de la Información y la.

Villarreal Larrinaga, O. L. (2010). El Estudio De Casos Como Metodología De Investigación Científica En Dirección Y Economía De La Empresa. Una Aplicación A La Internacionalización1.

# CAPÍTULO 5

## LA INNOVACIÓN SOCIAL EN EL MARCO DEL DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE: EVALUACIÓN DEL PROYECTO TROPA VERDE EN SANTIAGO DE COMPOSTELA

*Data de aceite: 01/02/2022*

*Fecha de recepción: 04/01/2022*

**Matías Pino**

Universidad de Santiago de Compostela  
Santiago de Compostela  
Galicia, España  
<https://orcid.org/0000-0002-7137-1402>

Trabajo realizado bajo la tutorización de Xavier Vence Deza y Ángeles Pereira Sánchez. Grupo ICEDE. Departamento de Economía Aplicada. Universidad de Santiago de Compostela.

**RESUMEN:** Los nuevos retos que enfrentan las ciudades obligan a replantearse los mecanismos empleados para asegurar un futuro sostenible. Las instituciones y la sociedad civil en su conjunto comienzan a comprender que objetivos de alta complejidad, como el desarrollo urbano sostenible, solamente son alcanzables a través de la participación y el compromiso de la ciudadanía, en conjunto con estrategias transversales que incorporen a una pluralidad de actores en su implementación. En este contexto, la innovación social se posiciona como un mecanismo eficaz para alentar la participación ciudadana, y promover soluciones a desafíos que las instituciones y las alternativas de mercado no son capaces de abordar por sí solas. Este artículo evalúa el proyecto Tropa Verde como práctica de innovación social comprometida con la sostenibilidad urbana. Esta evaluación se

realiza a partir de una entrevista a la responsable de Desarrollo Económico de la Concejalía de Igualdad, Desarrollo Económico y Turismo del Ayuntamiento de Santiago de Compostela; y el rastreo de noticias y artículos vinculados al proyecto. A partir de esta evaluación, se extraen conclusiones sobre el proceso de implementación y los resultados del proyecto, y se comprueba de qué formas genera una contribución económica, social y ambiental significativa.

**PALABRAS-CLAVE:** Sostenibilidad urbana, innovación social, participación ciudadana.

### SOCIAL INNOVATION IN THE FRAMEWORK OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT: ASSESSMENT OF THE TROPA VERDE PROJECT IN SANTIAGO DE COMPOSTELA

**ABSTRACT:** The new kind of challenges that cities are facing force them to rethink the mechanisms used to ensure a sustainable future. Institutions and civil society as a whole have begun to understand that highly complex goals, such as sustainable urban development, are only achievable through the participation and commitment of citizens, in connection with transversal strategies which incorporate a plurality of actors in their implementation. In this context, social innovation positions itself as an effective mechanism to encourage citizen participation and to promote solutions to challenges that institutions and market alternatives are not able to address on their own. This paper assesses the *Tropa Verde* project as a social innovation practice committed with urban sustainability. This assessment is made from an interview

with the responsible for Economic Development of the Department of Equality, Economic Development and Tourism of the Municipal Government of Santiago de Compostela; as well as by tracking news and articles related to the project. From this evaluation, conclusions about the implementation process and the results of the project are drawn, and the ways in which the latter makes a significant economic, social and environmental contribution are identified.

**KEYWORDS:** Urban sustainability, social innovation, citizen participation.

## 1 | INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), más la mitad de la población mundial vive en las ciudades en la actualidad, y se espera que en el año 2030 dicha cantidad aumente hasta el 60%. Esta situación, en conjunto con la concentración de actividades económicas en las ciudades, ha implicado que entre el 67% y el 76% del consumo de energía y el 75% de las emisiones de carbono se concentre en las ciudades (Naciones Unidas, 2019). Por esta razón, los gobiernos locales se han concentrado en redoblar esfuerzos para promover una transformación urbana sostenible, y desde las Naciones Unidas se ha establecido como objetivo de desarrollo sostenible número 11 la consecución de “ciudades y comunidades sostenibles”, con la intención de lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

En este escenario, y ante la aparición de nuevos desafíos colectivos que los gobiernos locales no son capaces de resolver por sí solos, la innovación social comienza a posicionarse como un mecanismo eficaz y eficiente para hacer frente a los retos actuales y de futuro que enfrentan las ciudades. Las innovaciones sociales se presentan como una solución que supone un abordaje social de un problema (dimensión de contenido), pero más importante aún, suponen un abordaje social desde los medios para hacer frente a ese problema (dimensión de proceso), asumiendo la capacidad de la ciudadanía como motor del cambio social (Moulaert et al., 2017, p. 25).

Para lograr una transformación urbana sostenible, es necesaria una transformación estructural de proceso desde las dimensiones social, económica y ambiental que implique lograr satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades. En el contexto descrito, las prácticas de innovación social, además de ofrecer alternativas vinculadas a la producción eficiente de recursos, al consumo eficiente de los recursos y a la reutilización de los mismos; alimentan en su proceso de implementación la participación de la ciudadanía, la preocupación ambiental y el cuidado de los espacios naturales. Esta implicación de la sociedad civil le agrega legitimidad al proceso, empodera a la ciudadanía y comienza a implantarse como método para ampliar los espacios de acción a nivel local, aumentando de esa manera el impacto de las iniciativas (Subirats y García Bernardos, 2015).

En el presente trabajo se conceptualiza la innovación social y su proceso de implementación y evaluación, con el objetivo final de evaluar el proyecto Tropa Verde

como práctica de innovación social comprometida con la sostenibilidad urbana. Desde una perspectiva de la sostenibilidad urbana, se evalúa el impacto del proyecto desde las dimensiones económica, social y ambiental. Desde una evaluación del proyecto como práctica de innovación social, la evaluación se produce en dos dimensiones: por un lado, una dimensión de proceso que evalúa su origen e implementación; y, por otro lado, una dimensión de resultado que evalúa su eficacia. Adicionalmente a estas dos dimensiones, también resulta de interés estudiar la escalabilidad del proyecto para evaluar su capacidad de ampliación.

## 2 I HACIA UNA DEFINICIÓN DE LA INNOVACIÓN SOCIAL

La inscripción inicial de la innovación bajo la centralidad tecnológica opacó por muchos años el carácter social de la innovación y su consideración en el estudio de las prácticas innovadoras (Moulaert et al., 2017, p.11). Asumir esta realidad no debe suponer el error de circunscribir la innovación social a las sociedades modernas, puesto que las prácticas socialmente innovadoras son características de todas las sociedades vivas que han sido capaces de hacer frente a las transformaciones y desafíos de su entorno (Diamond, 2005). A pesar de ello, si resulta necesario enfatizar que el sesgo tecnológico de los inicios de los estudios sobre innovación supuso que la innovación social sea un fenómeno con pocos años de estudio, incidiendo considerablemente en que aún sea un campo insuficientemente codificado y sin un consenso amplio en cuanto a fundamentos teóricos y evidencias. Adicionalmente, existe otra característica de la innovación social que también dificulta su conceptualización y al mismo tiempo permite una aproximación a su definición. Esta característica es el hecho de que la innovación social se constituyera como un campo protagonizado por movimientos sociales más preocupados por la práctica y el cambio social que por la investigación académica; convirtiéndose esto en un elemento que siembra las bases para la adquisición de conocimientos tácitos difíciles de codificar (Subirats y García Bernardos, 2015; p. 15). La difícil codificación afecta la capacidad de transferencia y reproducción del conocimiento, resultando más complejo sistematizar los procesos sociales innovadores (Lundvall, 1999, p. 22).

Señalando las dificultades y partiendo desde ese punto, igualmente se pueden identificar ciertos aspectos de la innovación social que se repiten en toda la literatura existente al respecto. Un primer aspecto que se puede señalar a partir de la multitud de definiciones de la innovación social es la existencia de un problema social que es incapaz de ser resuelto por las alternativas hegemónicas (gobierno y alternativas de mercado). Ante esta situación, las innovaciones sociales aparecen como una nueva alternativa para la solución de esos problemas que no logran ser correctamente abordados. Este hecho permite identificar un segundo aspecto sobre la innovación social, el cual es la capacidad de la ciudadanía como método alternativo a las soluciones dominantes para hacer frente a

estos problemas o necesidades insatisfechas.

Estas primeras dos características permiten construir una primera conclusión sobre el concepto de innovación social, y es que se trata de una solución que supone el abordaje social de un problema (dimensión de contenido), y también un abordaje social desde los medios para hacer frente a ese problema (dimensión de proceso) (Moulaert et al., 2017, p. 25). Son estos los aspectos que recogen las instituciones europeas en la concepción de la innovación social, como es el caso de la definición aportada por la Oficina de Consejeros de Política Europea<sup>1</sup>: “son innovaciones que son sociales tanto en sus fines como en sus medios (...). Concretamente, definimos las innovaciones sociales como nuevas ideas (productos, servicios y modelos) que simultáneamente satisfacen necesidades sociales (más efectivamente que sus alternativas) y crean nuevas relaciones o colaboraciones sociales. En otras palabras, se trata de innovaciones que no sólo son positivas para la sociedad, sino que también refuerzan la capacidad de acción social” (Hubert, 2010, p. 24).

Ahora bien, la concepción de la innovación social como una respuesta social en sus medios y en sus fines a necesidades que no logran ser cubiertas por las alternativas dominantes, es una definición que integra aspectos de máximo consenso, pero a la que igualmente se le pueden agregar elementos que se encuentran ampliamente extendidos entre las definiciones de innovación social y que, por lo menos, deben ser tenidos en cuenta. Un primer elemento que aparece de forma bastante recurrente en las diversas definiciones es la capacidad de generar cambios en las relaciones sociales y de poder. En este caso, por un lado, se puede entender esta dimensión de la innovación social como un proceso de transformación de las relaciones sociales entre colectivos vulnerables y el resto de la sociedad, que implica cambios en las relaciones de poder en favor de los primeros (Subirats y García Bernardos, 2015; p. 60). Por otro lado, se puede interpretar esta dimensión como la intención de contribuir a la inclusión social y a la democratización de la gobernanza (Blanco, et al., 2014).

Esta dimensión de transformación de las relaciones sociales y de poder es expresada en la definición aportada por Blanco, et al. (2014): “conceptualmente, se define la innovación social como aquellas prácticas iniciadas y dirigidas por actores sociales (con o sin el apoyo de sectores institucionales y privados) que: a) tienen por objeto satisfacer las necesidades sociales básicas; b) proponen alternativas sociales y políticas al statu quo; y c) aspiran a transformar las relaciones de poder”. Esta definición integra los dos primeros elementos señalados en cuanto a la existencia de una necesidad social cubierta por una alternativa social, y suma la aspiración de transformación de las relaciones de poder.

La anterior definición también contribuye para introducir el debate en torno a los actores que se involucran en las prácticas de innovación social. Blanco et al. (2014) habla de “actores sociales (con o sin el apoyo de sectores institucionales y privados)”, y, justamente, la inclusión de los sectores del statu quo (sectores institucionales y el sector privado) es

<sup>1</sup> Alto órgano consultivo que asiste a la Comisión Europea y, en particular, a su Presidente, del cual depende.

objetivo de debate. Hay quienes entienden que, si la premisa básica de la que parte la innovación social es la incapacidad de las instituciones para responder a las demandas sociales, es la sociedad civil la que tiene que auto-organizarse para obtener soluciones. Bajo este enfoque, el papel de las instituciones como actor dentro de la innovación social queda relegado, y son los colectivos y los movimientos sociales organizados los que adquieren un rol preponderante. Quienes asumen esta visión de la innovación social son los que entienden las prácticas de innovación social como un proceso que se implementa de abajo hacia arriba (Subirats y García Bernardos, 2015; p. 19).

Por otro lado, existen otros estudiosos de la innovación social que integran a una mayor pluralidad de actores, incluyendo a las instituciones y a las entidades del tercer sector. En este contexto, las instituciones pueden participar permitiendo las innovaciones sociales o promoviendo su implementación. La definición aportada por Moulaert et al. (2010) brinda un abordaje de la innovación social coherente con los elementos ya señalados e integrando de una manera más amplia a los actores involucrados: “la innovación social se produce cuando la movilización de las fuerzas sociales e institucionales tiene éxito en el logro de la satisfacción de las necesidades humanas previamente enajenadas, la potenciación relativa de grupos sociales previamente excluidos o silenciados a través de la creación de nuevas “capacidades”, y, en última instancia, cambios en las relaciones sociales y de poder existentes tendentes hacia un sistema de gobernanza más inclusivo y democrático”. Como se puede apreciar, Moulaert incluye dentro de los actores a las fuerzas institucionales, junto con las fuerzas sociales, como posibles impulsores de la innovación social.

A modo de síntesis, en lo que respecta a la participación de las instituciones y el sector privado en la innovación social, se puede decir que no existe un amplio consenso en cuanto a su participación como promotores e impulsores, pero sí se puede afirmar que, por lo menos, existe un espacio de interrelación entre las instituciones, las alternativas de mercado y la sociedad civil organizada que desarrolla prácticas de innovación social. De esta relación se derivan elementos de debate ya señalados sobre la innovación social, como la gobernanza y los cambios en las relaciones de poder.

Para finalizar, un último aspecto que aparece de forma continua en las definiciones de innovación social es su capacidad de ser escalables. La escalabilidad de una iniciativa socialmente innovadora se mide por su capacidad de ser ampliada y multiplicada, extendiendo sus efectos a partir de la participación de más personas (Parés et al., 2016). El elemento de escalabilidad es señalado en la definición aportada por la Guía de Innovación Social de la Comisión Europea (2013), donde se describe la innovación social como un proceso compuesto por una serie de elementos en el que se busca dar una nueva respuesta a una necesidad social, con el objetivo de mejorar una situación negativa.

Como conclusión sobre los diferentes conceptos de innovación social repasados y los elementos que los integran, se puede decir que la innovación social ha cosechado una infinidad de significados que, si algo tienen en común, es la asunción de la capacidad

ciudadana para hacer frente a las necesidades que no logran ser atendidas por las alternativas hegemónicas. A partir de ahí, existen otros elementos que pueden integrar la visión de la innovación social, pero los mismos pueden variar en función del enfoque que se le pretenda dar.

## 2.1 El proceso de desarrollo de las prácticas de innovación social

El estudio del concepto de innovación social evidencia que la misma describe un proceso donde nuevas respuestas para necesidades sociales insatisfechas son desarrolladas con el fin de mejorar la situación de partida. La Comisión Europea (2013), en su Guía de Innovación Social, identifica 4 fases o etapas dentro de este proceso de desarrollo de las prácticas de innovación social, las cuales se exponen a continuación:

- En primer lugar, se comienza con una etapa de identificación de necesidades sociales insatisfechas, o inadecuadamente atendidas por el mercado o las instituciones. Esto implica que las alternativas dominantes no son capaces de dar solución a un problema identificado, por lo que se abre el juego para que otras alternativas, entre las que se encuentran las prácticas de innovación social, intenten solucionar el problema identificado.
- En segundo lugar, se pasa al desarrollo de las nuevas soluciones para la necesidad social identificada. Esta fase conlleva una dimensión práctica, donde los actores que participan de la práctica de innovación social intentan implantar la iniciativa socialmente innovadora que busca solucionar el problema o la necesidad identificada, o, por lo menos, mejorar la situación previa a la puesta en práctica de la innovación social.
- En tercer lugar, se procede a la implementación de la práctica de innovación social que pretende solucionar la necesidad social identificada. En este caso, paralelamente a la implementación, se busca evaluar la efectividad de la práctica de innovación social para proporcionar una solución o una mejora para el problema o la necesidad identificada.
- En cuarto y último lugar, se espera una ampliación en diferentes esferas de las prácticas de innovación social que son evaluadas como efectivas. Esta ampliación es lo que se conoce como la escalabilidad de la práctica de innovación social.

En este caso concreto sobre el proceso de desarrollo de las innovaciones sociales, lo cierto es que existe un consenso importante en la literatura a la hora de identificar estas fases en las prácticas de innovación social. Algunos autores pueden agregarle algún matiz o integrar alguna fase con otra, pero la gran mayoría adoptan el ciclo descrito anteriormente.

## 2.2 Evaluación de las prácticas de innovación social

Para evaluar una práctica de innovación social, resulta imprescindible retrotraerse al consenso básico que se había generado para una definición de innovación social, el cual hace referencia a la generación de una respuesta social alternativa desde sus medios y sus fines para darle solución a una necesidad que no es satisfecha por las alternativas

hegemónicas. Esta definición sugiere que la evaluación de las prácticas de innovación social debe darse en dos dimensiones: por un lado, una dimensión de proceso que evalúe el proceso de formación y desarrollo de la práctica de innovación social, teniendo en cuenta los medios, y, por otro lado, una dimensión de resultado que evalúe la eficacia del resultado obtenido, teniendo en cuenta los fines. Adicionalmente a estas dos dimensiones, resulta de interés estudiar la capacidad de escalabilidad de las prácticas de innovación social, como ya se había adelantado en el apartado de definición de la innovación social.

Desde una perspectiva de proceso, será interesante para la evaluación tener en cuenta varios aspectos: en primer lugar, el origen de la práctica de innovación social, es decir, qué actores se encuentran promoviendo e implementando la iniciativa. En segundo lugar, será necesario evaluar los procesos de participación y sinergias que se generen entre los actores involucrados, entendiendo que las prácticas de innovación social, por lo general (aunque no siempre), se caracterizan por procesos colaborativos y por el abordaje de problemas sociales que requieren de la participación de más de una organización o sector. En tercer lugar, y de forma complementaria con lo anteriormente mencionado, será oportuno evaluar la diversidad de actores y disciplinas que se ven involucrados en el proceso de formación y desarrollo de la práctica de innovación social. En cuarto y último lugar, será fundamental evaluar los canales de comunicación e interacción entre los diferentes actores que se ven envueltos en el proceso, evaluando coordinación, periodicidad, institucionalidad y otras variables (Logue, 2019, p.18).

Desde una perspectiva de resultado, será imprescindible medir la eficacia de la práctica de innovación social, el valor social creado y el alcance del cambio. La eficacia de una práctica de innovación social se mide a partir del grado en que la iniciativa logra una transformación social en tres aspectos: 1) resolución del problema que se pretende afrontar; 2) capacidad de empoderar a la ciudadanía, es decir, la capacidad de generar un espacio autónomo, al margen de los poderes públicos y de los mercados; y 3) producir cambios en las relaciones sociales y de poder (Parés et al., 2016, p. 250). La creación de valor social se mide a partir de la relevancia del resultado de la práctica de innovación social para la vida colectiva. El alcance del cambio se mide por la significatividad del cambio social, pudiéndose producir una innovación incremental, la cual representa un cambio más gradual, o una innovación radical, que representa un cambio de tipo o de estructura (Logue, 2019, p.18). Para ser más explicativo, la clave para diferenciar una innovación incremental de una innovación radical pasa porque en la segunda existe una discontinuidad sustancial y, en la primera, existe un cambio gradual a modo de secuencias. Se puede decir que las innovaciones incrementales representan cambios “en”, y las innovaciones radicales representan cambios “de” (Subirats y García Bernardos, 2015, p.17).

Por último, con relación a la escalabilidad, resulta fundamental evaluarla, pero dicha evaluación solamente se podrá producir cuando ya se haya generado la idea y se haya puesto en práctica como innovación social. La evaluación de la escalabilidad de



una práctica de innovación social es relevante porque uno de sus retos fundamentales es su reproducción a diferentes escalas para poder ampliar el impacto social y contribuir a resolver un problema que tiende a ser colectivo. En este sentido, la evaluación de la escalabilidad se puede realizar estudiando su ampliación en cuanto al número de personas, colectivos, movimientos sociales o diversas organizaciones que adoptan o se integran a la práctica de innovación social; o estudiando su ampliación a escala geográfica, en la medida que la práctica de innovación social logra ir más allá del contexto local (Martinez Moreno et al., 2019).

### 3 | EL PROYECTO TROPA VERDE

Tropa Verde es un proyecto patrocinado por *Teimas Desenvolvimento S.L.*<sup>2</sup>, el Ayuntamiento de Santiago de Compostela y Urbaser S.A.<sup>3</sup>, que consiste en una plataforma digital diseñada y presentada por *Teimas Desenvolvimento S.L.* el 17 de mayo de 2015 (coincidiendo con los días conmemorativos de las Letras Gallegas, el Reciclaje y el Internet), con el objetivo de fomentar la responsabilidad ambiental y el reciclaje entre la ciudadanía a partir de premios. La función de la plataforma digital es la de actuar como nexo entre los tres elementos que hacen posible el proyecto: la ciudadanía encargada de reciclar y realizar acciones responsables con el medioambiente, los lugares donde los ciudadanos pueden depositar los residuos y realizar las acciones ambientalmente responsables, y los comercios o establecimientos que participan en la generación de premios que se ofrecen por la realización de estas buenas acciones por parte de los ciudadanos.

El funcionamiento del proyecto es el siguiente: cuando un ciudadano deposita un residuo o realiza acciones de responsabilidad ambiental, recibe estrellas, las cuales cumplen la función de medio de cambio en el entorno del proyecto. Las estrellas se pueden acumular en una cuenta creada por el ciudadano, o pueden canjearse por una de las recompensas que ofrecen los comercios y establecimientos asociados al proyecto. De forma un poco más detallada, los ciudadanos que realicen una acción de responsabilidad ambiental recibirán un cheque con un código y unas instrucciones, con el que deberán entrar a su cuenta creada en la página web de Tropa Verde, y una vez seguidas las instrucciones e introducido el código, recibirán las estrellas en su cuenta y podrán decidir si acumularlas o canjearlas por una de las recompensas existentes. En el caso de que se decida canjearlas, se tendrá la opción de descargar un cupón para la recompensa elegida, y lo único que se deberá hacer es llevar ese cupón al establecimiento adherido al proyecto y recibir la recompensa.

El depósito de los residuos por el que se recibe las estrellas se puede realizar en los “puntos limpios fijos” (instalación que se dedica a recibir residuos voluminosos como electrodomésticos, ordenadores, colchones, etc.) del Polígono de Tambre y de Piñor, y en el

---

<sup>2</sup> Empresa que desarrolla productos tecnológicos orientados a reducir el impacto ambiental de las empresas, entidades públicas, e incluso la ciudadanía.

<sup>3</sup> Compañía global orientada a la sostenibilidad.

“punto limpio móvil” (vehículo adaptado para recoger residuos domésticos). Concretamente, el proceso que se sigue es el siguiente: en el momento en que un ciudadano se acerca a un punto limpio fijo, hay un área de recepción donde se identifica al usuario, se identifica el residuo, y luego un operario acompaña al ciudadano y le indica en cuál de los contenedores tiene que depositar cada residuo. En el caso del punto limpio móvil, un vehículo adaptado recorre los barrios en determinados horarios y también en horarios acordados con vecinos que se contactan para la entrega de residuos no voluminosos como baterías o aerosoles. Además de estos puntos para depositar los residuos, también colaboran con el depósito de residuos una extensa red de centros socioculturales (generalmente de titularidad municipal), asociaciones y ONGs, donde también se pueden realizar actividades que pueden ser premiadas por el proyecto.

## 4 | METODOLOGÍA

La evaluación del proyecto Tropa Verde tiene lugar en el contexto espacial de la ciudad de Santiago de Compostela (Galicia, España), y se realiza a partir de las claves identificadas dentro del marco teórico introducido para la evaluación de las prácticas de innovación social. En este sentido, se evalúa desde una dimensión de proceso el origen y la implementación del proyecto, mientras que, desde una dimensión de resultado, se evalúa la eficacia y el valor creado por la iniciativa. Asimismo, se estudia la escalabilidad del proyecto, evaluando la medida en que el proyecto logra ampliar la cantidad de personas involucradas y los espacios en los que se implementa. Por último, se estudia la contribución del proyecto sobre las tres categorías de análisis que estudia el desarrollo sostenible: ambiental, económica y social.

Esta evaluación tiene un carácter principalmente cualitativo, aunque también incorpora algunas variables cuantitativas para la evaluación de su eficacia y su capacidad de ampliación (escalabilidad). El soporte metodológico de la evaluación se basa en una entrevista semiestructurada de un poco más de 1 hora de duración a Carme Casado, quien es responsable de Desarrollo Económico de la Concejalía de Igualdad, Desarrollo Económico y Turismo del Ayuntamiento de Santiago de Compostela, y además ha estado muy vinculada a la implementación del proyecto Tropa Verde. Adicionalmente a esta entrevista, se realizan otras acciones que involucran el rastreo de noticias publicadas en redes sociales, medios digitales y en la web institucional del proyecto Tropa Verde; y la revisión de artículos publicados en la página web del proyecto Tropa Verde en el programa de cooperación territorial europeo URBACT (red de transferencia de buenas prácticas entre las ciudades europeas, en la que la ciudad de Santiago de Compostela participa transfiriendo la experiencia del proyecto Tropa Verde).

## 5 I RESULTADOS: EVALUACIÓN DEL PROYECTO TROPA VERDE

Tropa Verde es un proyecto que nace como respuesta a la baja participación en el reciclaje de residuos por parte de la ciudadanía de Santiago de Compostela. Concretamente, en abril del año 2015 (un mes antes de crearse Tropa Verde), una encuesta arrojó el resultado de que el 36,6% de los ciudadanos de Santiago de Compostela eran reacios a reciclar, debido a una escasez de información y una falta de motivación ambiental entre la ciudadanía. La escasa separación de residuos realizada por la ciudadanía compromete el inicio de la cadena de reciclaje, aumentando los costes de gestión de los residuos e impactando negativamente en la calidad del medio ambiente (Duro, 2017). Ante esta situación, Tropa Verde nace con el objetivo de colaborar con una gestión más eficiente de los residuos, promoviendo el reciclaje y la sensibilizando de la ciudadanía con el medio ambiente a través de técnicas de juego y recompensas.

Evaluando el proyecto desde una dimensión de proceso, se puede comenzar destacando la pluralidad de actores que han participado y que participan en su promoción, desarrollo e implementación. El proyecto se desarrolla e implementa a partir de un enfoque participativo, donde las entidades que colaboran son el Ayuntamiento de Santiago de Compostela, Urbaser S.A., quien se encarga de realizar el servicio de recogida de residuos en la ciudad, y *Teimas Desenvolvemento S.L.*, quien promovió desde un principio la iniciativa y se encarga de la gestión de la plataforma digital. En esta cadena de implementación también se debe incluir a la red de centros socioculturales de Santiago de Compostela, asociaciones, organizaciones sin fines de lucro, y tiendas de electrodomésticos que ofrecen una alternativa adicional a los puntos limpios fijos y el punto limpio móvil para que se puedan depositar los residuos o realizar actividades de responsabilidad ambiental. A las entidades colaboradoras, se les suma la ciudadanía como el elemento central para la implementación del proyecto, manifestándose a través de dos expresiones: una primera expresión constituida por la ciudadanía de a pie, la cual se encarga de reciclar en sus casas y luego llevar los residuos a los puntos receptores de residuos, y una segunda expresión constituida por los establecimientos locales que patrocinan la iniciativa otorgando descuentos y obsequios, a cambio del canje de estrellas conseguidas por los usuarios que realizaron una acción responsable con el medioambiente.

Esta visión de colocar a los ciudadanos y a los establecimientos locales como actores clave del proyecto, es la misma interpretación que se realizó desde las autoridades municipales en su momento, como se puede deducir de las palabras del concejal del área de Medio Ambiente en el gobierno municipal de Santiago de Compostela entre el 2015 y el 2019, Xan Duro, quien entiende que Tropa Verde debe ser considerada como un “movimiento cívico plenamente comprometido con la sostenibilidad, la conciencia ambiental y la economía circular, donde cooperan los ciudadanos y las entidades locales” (Corbat, 2019).

Justamente, la relación de cooperación entre los ciudadanos y las entidades locales es posible gracias a la creación de Tropa Verde como plataforma digital, y a la generación de una especie de sistema monetario local dentro del proyecto compuesto por las estrellas que se intercambian por las recompensas existentes. Esta especie de sistema monetario local resulta interesante para su estudio desde la óptica de las prácticas de innovación social, puesto que tiene un funcionamiento muy similar a otras prácticas de innovación social que promueven el desarrollo local como pueden ser los bancos de tiempo o las monedas sociales locales. Al igual que los bancos de tiempo o las monedas sociales a nivel local, este proyecto intenta dar una versión moderna del trueque, generando una nueva unidad de intercambio a través de las estrellas. Lo que se consigue a partir de la creación de esta nueva unidad de intercambio es la garantía de que se producirán transacciones dentro de la economía local, ya que la estrella solo es aceptada como medio de cambio y depósito de valor en Santiago de Compostela.

En adición a los actores ya mencionados, en el proyecto también conviven otros actores que no tienen una participación constante, pero que se han involucrado en campañas de responsabilidad ambiental organizadas desde Tropa Verde. Este puede ser el caso de instituciones educativas, asociaciones y particulares que han apoyado la causa del proyecto. Un ejemplo interesante de estos casos de participación de instituciones externas en el proyecto puede ser la campaña *“reciclar na escola ten premio”*, la cual consistió en 20 centros educativos y 2.416 estudiantes compitiendo en la recolección de aceites usados, aparatos electrónicos y baterías en desuso. La campaña tuvo como resultado una excelente experiencia de educación ambiental, y supuso la recolección de 2.356 litros de aceite y 3.299 aparatos electrónicos en desuso (Tropa Verde, 2016). Otro caso interesante puede ser el comentado por Carme Casado, donde desde Tropa Verde se organizó una campaña llamada *“longa vida aos teus residuos electrónicos”* para el acondicionamiento y la reparación de ordenadores y pequeños electrodomésticos en los centros socioculturales, integrando a profesionales para que asesoren en el proceso a los ciudadanos participantes. Esta campaña sirvió para fomentar la reparación antes de comprar el mismo aparato nuevo, contribuyó a la participación y la generación de actividades lúdicas para los ciudadanos, y garantizó que los ordenadores o electrodomésticos irreparables se depositen allí, habiéndose depositado un total de 1.531 kilos de residuos electrónicos y 1.051 pilas (logrando evitar la liberación de 620 kilogramos de CO<sub>2</sub> a la atmósfera), y recibiendo estrellas como bonificación (Tropa Verde, 2018).

Para finalizar con la evaluación desde una perspectiva de proceso, se puede decir que la comunicación entre los actores participantes del proyecto es muy fluida, desde los patrocinadores (“Teimas Desenvolvemento S.L.”, Ayuntamiento de Santiago de Compostela y Urbaser S.A.) hasta los usuarios y los colaboradores. Entre los patrocinadores la comunicación es directa a partir de reuniones periódicas y plataformas de intercambio de información en línea, mientras que, para la comunicación con los usuarios y establecimientos

patrocinadores se dispone de infraestructuras digitales de alta calidad como la plataforma web, y también se realizan esfuerzos importantes en campañas de información, campañas publicitarias y distribución de información a través de las redes sociales.

Pasando a evaluar el proyecto desde una dimensión de resultados, se puede comenzar diciendo que la iniciativa ha sido eficaz en contribuir a aumentar la participación de la ciudadanía en el reciclaje de residuos, y también ha promovido una mejora en la educación medioambiental y la participación ciudadana. Aportando algunos datos para certificar la eficacia del proyecto, los resultados transcurridos dos años desde la implementación de la iniciativa señalaban un incremento del 12% en el número de visitantes en la recogida de residuos de los puntos limpios, un crecimiento del 100% de la recuperación de aceite usado en los centros socioculturales (si se compara el primer semestre del 2017 con el primer semestre del 2016), casi 24.000 cheques de recompensa entregados, más de 1.400 recompensas entregadas, y una continua ampliación de usuarios y establecimientos locales adheridos (Corbat, 2019). A esto se le suma el hecho de que Santiago de Compostela logró ser la ciudad que presentó las mejores cifras de reciclaje (tanto en recogida selectiva de vidrio, como en cartón, papel y envases ligeros) por habitante entre las siete grandes ciudades de Galicia en el año 2018 (Tropa Verde, 2019).

Por otro lado, los resultados positivos del proyecto también se ven certificados por las distinciones que ha recibido. En junio de 2017 fue premiado con el sello de buenas prácticas del programa de cooperación territorial europeo URBACT, permitiéndole ser seleccionada junto con otras 23 redes de transferencia para ser implementada en otras ciudades europeas (Corbat, 2019). Adicionalmente, en enero de 2018 Santiago de Compostela recibió el premio Ciudad Sostenible en la categoría de gestión de residuos por el proyecto Tropa Verde, otorgado por la Fundación Fórum Ambiental con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (Duro, 2017).

Complementariamente a la contribución con el reciclaje que busca fomentar el proyecto, la iniciativa también tiene la doble vertiente de contribuir con la economía local. Esta contribución a la economía local se produce de varias formas: una primera forma se evidencia a partir de que la plataforma digital de la iniciativa se desarrolla a partir de tecnología local desarrollada por la empresa “Teimas Desenvolvemento S.L.”, quien tiene su sede en Santiago de Compostela. Una segunda forma de contribución ya fue mencionada, y la constituye el sistema de estrellas para recibir recompensas de establecimientos locales e instituciones asociadas. Este sistema garantiza que las transacciones se produzcan en Santiago de Compostela, dinamiza la actividad de los comercios locales a partir de recompensas que seducen a los ciudadanos a gastar en los establecimientos, y también permite fomentar ciertos sectores relevantes para el bienestar de la ciudadanía, como pueden ser la cultura y el deporte a partir de recompensas que consisten en entradas para ir al teatro o a espectáculos deportivos. Por otro lado, los establecimientos asociados al proyecto aumentan su presencia en la ciudad, apareciendo en la página web de Tropa Verde

y recibiendo volantes que lo identifican como colaborador. Por último, otra contribución que realiza el proyecto desde un punto de vista económico se produce a partir de una mayor eficiencia en el empleo de los recursos al reducir los gastos en el tratamiento de los residuos.

En resumen, valorando la contribución del proyecto a la sostenibilidad urbana, se puede decir que Tropa Verde es una iniciativa muy completa en cuanto a su contribución desde una dimensión económica, social y ambiental. Su contribución ambiental es evidente a través de la promoción del reciclaje y la educación ambiental. Su contribución al desarrollo social es apreciable a partir de instancias que promueven la participación de la ciudadanía, el desarrollo de sinergias con otras instituciones y asociaciones, y la ampliación de ofertas de actividades lúdicas. Por último, la contribución al desarrollo económico del proyecto es bastante notable en la economía local, tanto a través de la promoción del comercio y las instituciones locales, como a través de la aportación a una gestión de los residuos más eficiente.

Pasando a evaluar la escalabilidad de la iniciativa, es necesario realizar una valoración que distinga la escalabilidad del proyecto a nivel de usuarios, y a diferentes escalas geográficas. Analizando el proyecto a partir de la cantidad de usuarios involucrados, la escalabilidad es notable. Tras su puesta en práctica en 2015, el proyecto logró la participación de más de 2.500 ciudadanos en menos de dos años, y entregó aproximadamente 800 recompensas ofrecidas por 115 establecimientos locales. En el año 2019 se amplió el número de establecimientos locales y de usuarios a más de 150 y 3.700 respectivamente, y se entregaron aproximadamente 2.000 recompensas. Actualmente, el proyecto se sigue ampliando, y cuenta con un total de 4.000 usuarios registrados aproximadamente, un poco más de 150 establecimientos locales adheridos, y 2.302 recompensas entregadas en el último año (Concello de Santiago de Compostela, 2021).

Evaluando la escalabilidad del proyecto a escala geográfica, se pueden establecer dos categorías de análisis: una primera categoría comprende la escalabilidad del proyecto a nivel de otros municipios de Galicia. En este contexto, en 2018 el proyecto ya se había expandido a los municipios de Redondela, Lugo, Ames, Sarria y O Porriño que, en conjunto con Santiago de Compostela, implicaban que el proyecto estuviera en seis municipios que suponen una población de 300.000 personas repartidas por toda Galicia. Posteriormente, la iniciativa se amplió a los municipios de Marín, Vilagarcía de Arousa, Santa Comba y Cambados, siendo estos municipios y los anteriores en los que se encuentra actualmente presente el proyecto.

Una segunda categoría comprende la evaluación de la escalabilidad del proyecto hacia otras ciudades de Europa. En diciembre de 2018 el proyecto Tropa Verde fue seleccionado para ser transferido hacia otras ciudades europeas a partir del programa de cooperación territorial europeo URBACT. Concretamente, el proyecto se extendió hasta el distrito de Zugló en Hungría, la ciudad de Pavlou Mela en Grecia, la ciudad de Guimarães

en Portugal, la ciudad de Opole en Polonia, y la Metrópoli Niza Costa Azul en Francia (Duro, 2017; Corbat, 2019).

Esta expansión supone un verdadero éxito para la iniciativa por dos motivos: en primer lugar, porque el resto de ciudades constituyen actores relevantes del entorno del proyecto, especialmente cuando se piensa en la generación de sinergias y aprendizaje conjunto. En segundo lugar, porque para cualquier práctica de innovación social que aborda un problema complejo como la búsqueda de alternativas para garantizar la sostenibilidad urbana, su gran reto es generar un hábito de comportamiento y replicar los casos de éxito para contribuir a solucionar un problema de dimensión global.

## 6 | CONCLUSIONES

Una primera conclusión que se puede extraer a partir del estudio del proyecto Tropa Verde como práctica de innovación social es su reivindicación del proceso frente al objeto. La concepción del proyecto situando a la ciudadanía en el centro e integrando a diversos actores en el proceso de implementación forma parte del impacto y del valor creado por las propias iniciativas. La participación activa de la ciudadanía en la construcción de una ciudad más sostenible genera un sentimiento de pertenencia a la comunidad local y le agrega efectividad y legitimidad al proyecto. Se lo podría resumir como un proceso de fomento de una cultura de corresponsabilidad ciudadana, y de generación de una comunidad consciente de que una ciudad sostenible y próspera se consigue concientizando a la ciudadanía desde pequeñas parcelas de acción.

Una segunda conclusión que se obtiene a partir de la evaluación del proyecto Tropa Verde es la importancia de la transversalidad y las sinergias con otros actores. Por un lado, la generación de sinergias entre el sector público (Ayuntamiento de Santiago de Compostela), el sector privado (Teimas Desenvolvimento S.L. y Urbaser S.A.) y la ciudadanía parece ser clave para garantizar el éxito en la implementación del proyecto. Por otro lado, la generación de dinámicas y finalidades complementarias como pueden ser las recompensas y campañas con centros educativos y otras instituciones parecen jugar un papel relevante para lograr el objetivo de fomentar la responsabilidad ambiental y el reciclaje entre la ciudadanía, puesto que, con anterioridad, estos problemas no lograban generar suficientes incentivos para movilizar a la ciudadanía para su solución.

Una tercera y última conclusión que se desprende del estudio del proyecto Tropa Verde es su necesidad de ser eficaz y escalable para lograr transformaciones significativas. Para que las innovaciones sociales logren ser escalables, deben tener la capacidad de crear valor y cumplir con sus objetivos, es decir, ser eficaces. En este sentido, el proyecto Tropa Verde ha certificado que la creatividad y los premios han sido efectivos para fomentar la responsabilidad ambiental y el reciclaje de residuos. Por otro lado, la necesidad del proyecto de ser escalable es relevante porque cuando se aborda un reto global y complejo

como el desarrollo urbano sostenible, uno de los desafíos fundamentales es la reproducción del proyecto a diferentes escalas para poder ampliar su impacto. En un mundo globalizado, tendrán un impacto relevante las innovaciones sociales que logren involucrar al mayor número de actores posibles, transfiriendo su implementación a otros espacios. En este contexto, el proyecto Tropa Verde ha sido exitoso incrementando el número de usuarios y transfiriendo su implementación a otros municipios de Galicia y otras ciudades europeas.

## REFERENCIAS

- Aguirre Such, J. (2018). “**Santiago de Compostela: Tropa Verde, ¡reciclar tiene premio!**”. *URBACT*. Recuperado de <https://urbact.eu/santiago-de-compostela-tropa-verde-¡reciclar-tiene-premio>
- Blanco, I., Brugué, Q., & Cruz-Gallach, H. (2014). “**Resiliencia comunitaria frente a la crisis: innovación social y capacidad cívica en los barrios desfavorecidos**”. V Congreso Internacional en Gobierno, Administración y Políticas Públicas GIGAPP, Madrid.
- Comisión Europea (2013). “**Guide to Social Innovation**”. Recuperado de [https://ec.europa.eu/eip/ageing/library/guide-social-innovation\\_en](https://ec.europa.eu/eip/ageing/library/guide-social-innovation_en)
- Concello de Santiago de Compostela (2020). “**O programa Tropaverde chega á súa fin tras acadar máis de 4.000 socios e 15.000 accións de reciclaxe**”. Recuperado de [https://santiagodecompostela.gal/hoxe/nova.php?lg=gal&id\\_nova=20530](https://santiagodecompostela.gal/hoxe/nova.php?lg=gal&id_nova=20530)
- Corbat, Y. (2019). “**Tropa Verde: recycling - the gift that keeps on giving**”. *URBACT*. Recuperado de <https://urbact.eu/tropa-verde-recycling-gift-keeps-giving>
- Diamond, J. (2005). “**Collapso. How Societies Choose to Fail or Succeed**”. New York: Viking Press.
- Duro, X. (2017). “**Smart City: Tropa Verde. Now recycling is awarded!**”. *URBACT*. Recuperado de [https://urbact.eu/sites/default/files/140\\_Santiagodecompostela\\_GPsummary.pdf](https://urbact.eu/sites/default/files/140_Santiagodecompostela_GPsummary.pdf)
- European Commission, Bureau of European Policy Advisers, Hubert, A. (2011). “**Empowering people, driving change: social Innovation in the European Union**”. Publications Office.
- Logue, D. (2019). “**Theories of Social Innovation**”. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Lundvall, B.-Å. (1999). “La base del conocimiento y su producción”. *Economiaz: Revista Vasca de Economía*, 14-37
- Martínez Moreno, R., Cruz Gallach, H., Blanco, I., & Salazar, Y. (2019). **La innovación social, ¿prácticas para producir autonomía, empoderamiento y nueva institucionalidad**. *Revista Internacional de Sociología*.
- Moulaert, F., Mehmood, A., MacCallum, D., & Leubolt, B. (2017). “**Social Innovation as a Trigger for Transformations**”. *The Role of Research*.



Moulaert, F., Swyngedouw, E., Martinelli, F., & Gonzalez, S. (2010). **“Can Neighbourhoods Save the City? Community Development and Social Innovation”**. London and New York: Routledge.

Naciones Unidas (2019). **“World Urbanization Prospects. The 2018 Revision.”** Department of Economic and Social Affairs. New York: United Nations.

Parés, M., Blanco, I., Cruz-Gallach, H., & Martínez Moreno, R. (2016). **“El papel de la innovación social frente a la crisis”**. Ciudad y territorio, Vol. 48 Núm.188, 249-260.

Subirats, J., & García Bernardos, Á. (2015). **“Innovación Social y Políticas Urbanas en España”**. Barcelona: Icaria Editorial.

Tropa Verde (2016). **“Tropa Verde e o Concello de Santiago premian a reciclaxe nas aulas”**. Recuperado de <https://santiago.tropaverde.org/news/tropa-verde-e-o-concello-de-santiago-premian-a-reciclaxe-nas-aulas>

Tropa Verde (2018). **“Xornada «O papel das cidades na Economía Circular»”**. Recuperado de <https://santiago.tropaverde.org/news/xornada-o-papel-das-cidades-na-economia-circular>

Tropa Verde (2019). **“Santiago, a cidade galega que máis recicla”**. Recuperado de <https://santiago.tropaverde.org/news/santiago-a-cidade-galega-que-mais-recicla>

# CAPÍTULO 6

## LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN EL AULA: UNA PROPUESTA BASADA EN LA INDAGACIÓN

*Data de aceite:* 01/02/2022

*Data de submissão:* 08/12/2021

**José Ramón Díez**

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko  
Unibertsitatea. Fac. Educación de Bilbao  
País Vasco (España)  
orcid.org/0000-0003-3967-0186

**Claudia Pichot**

Museo de Ciencias Naturales de Vitoria-  
Gasteiz  
País Vasco (España)

**Unai Ortega-Lasuen**

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko  
Unibertsitatea. Fac. Educación de Bilbao  
País Vasco (España)  
orcid.org/0000-0002-3625-6476

**RESUMEN:** Las inundaciones de ríos y arroyos son fenómenos naturales que, a consecuencia de la alteración y ocupación del ámbito fluvial provocan año tras año cuantiosos daños económicos, situaciones de riesgo para personas y pérdida de vidas humanas y de bienes. Dada la dimensión de estos riesgos, la Unión Europea ha generado nuevos instrumentos para reducir las posibles consecuencias de las inundaciones mediante la gestión del riesgo. Esta directiva propone la adopción de medidas estructurales y no estructurales. Entre estas últimas destaca la capacitación de la ciudadanía, donde la educación para la gestión del riesgo posee un papel relevante. En esta comunicación se

propone una secuencia didáctica dirigida al alumnado de los últimos cursos de la enseñanza obligatoria con actividades digitales basadas en la indagación y en la práctica científica.

**PALABRAS CLAVE:** gestión riesgo inundación, capacitación, indagación, aula, secuencia didáctica

### GERENCIAMENTO DE RISCO DE INUNDAÇÃO NA SALA DE AULA: UMA PROPOSTA BASEADA EM INQUÉRITO

**RESUMO:** As enchentes de rios e riachos são fenômenos naturais que, em decorrência da alteração e ocupação da área fluvial, ano após ano causam consideráveis prejuízos econômicos, situações de risco para as pessoas e perda de vidas humanas e bens. Dada a dimensão destes riscos, a União Europeia gerou novos instrumentos para reduzir as possíveis consequências das cheias através da gestão dos riscos. Esta diretiva propõe a adoção de medidas estruturais e não estruturais. Entre estas, destaca-se a formação de cidadãos, onde a educação para a gestão de riscos assume um papel relevante. Esta comunicação propõe uma sequência didática dirigida a alunos dos últimos anos do ensino obrigatório com atividades digitais baseadas na investigação e na prática científica.

**PALAVRAS-CHAVE:** gestão de risco de inundação, ensino, inquérito, sala de aula, sequência didática.

### MANAGING FLOOD RISK IN THE CLASSROOM: A PROPOSAL BASED ON

## INQUIRY

**ABSTRACT:** The floods of rivers and streams are natural phenomena that, as a result of the alteration and occupation of the fluvial area, year after year cause considerable economic damage, risk situations for people and loss of human life and property. Given the scale of these risks, the European Union has generated new instruments to reduce the possible consequences of floods through risk management. This directive proposes the adoption of structural and non-structural measures. Among the latter, the training of citizens stands out, where education for risk management plays a relevant role. This communication proposes a didactic sequence aimed at students in the last years of compulsory education with digital activities based on inquiry and scientific practice.

**KEYWORDS:** flood risk management, training, inquiry, classroom, didactic sequence.

### 1 | INTRODUCCIÓN

En toda Europa los riesgos de inundación son cada vez más frecuentes (Olcina, 2009). Son un riesgo natural en el que los impactos humanos como el cambio climático, el mal uso del territorio, el control de los torrentes, etc., pueden agravar los daños potenciales. Así mismo, la ocupación del territorio fluvial y las obras y modificaciones realizadas en las últimas décadas para minimizar los daños también han producido una falsa sensación de seguridad y en algunos casos las medidas estructurales adoptadas no han mejorado la situación.

Dado el riesgo para las personas y los daños económicos que genera y con el fin de minimizar sus efectos la Unión Europea aprobó en 2007 la Directiva de Gestión del Riesgo de Inundación (2007/60/CE). En ella se propone la realización de acciones estructurales y no estructurales, tales como la planificación de los usos del suelo, la renaturalización de los ecosistemas y la capacitación de las personas como elemento activo. De este modo, cuando hablamos de reducción de riesgos de catástrofe, la necesidad de alfabetización científica cobra aún más importancia.

La necesaria alfabetización científica de la sociedad obedece al objetivo de que esta adquiera la capacidad de comprender, valorar y tomar decisiones responsables (Bingle y Gaskell, 1994). En la búsqueda de una sociedad con mayor conocimiento científico y compromiso social, la educación formal en las aulas juega un papel clave. Así mismo, en la actualidad existe un amplio consenso en torno a la necesidad de la alfabetización científica y tecnológica del conjunto de la sociedad (Palacios y de León, 2000). Es más, se ha convertido en una exigencia y en un factor esencial para el desarrollo personal y social. Así, la persona/sociedad científicamente competente no sólo domina los conocimientos y prácticas de la ciencia, sino que adquiere la capacidad de comprender, valorar y tomar decisiones responsables sobre la tecnología y las relaciones de la ciencia con la sociedad (Pedrinaci, 2013). Por tanto, la capacidad de tomar decisiones requiere de conocimientos científicos precisos, planteamientos globales y reflexiones éticas; además el alumnado

debe conocer las posibilidades que se pueden tomar ante una situación dada (Gil y Vilches, 2004 y 2006) desde el prisma de la sostenibilidad (Vilches y Gil, 2008).

En lo que respecta a la adquisición de la competencia científica, durante años el aprendizaje basado en la investigación ha sido concebido y promovido como uno de los mejores enfoques para el aprendizaje de la ciencia (García-Carmona, 2020). Así, la indagación definida como “las diversas formas en las que los científicos estudian el mundo natural y proponen explicaciones basadas en la evidencia” también se refiere “a las actividades de los estudiantes en la que ellos desarrollan conocimiento y comprensión de las ideas científicas” (NCR, 1996). Por tanto, la educación juega un papel fundamental para una gestión más adecuada de los riesgos naturales, haciendo que las personas estén más preparadas para afrontar los riesgos naturales y gestionar mejor las consecuencias de los mismos (Wagner, 2007; Challies et al., 2016).

Este cambio de paradigma ha llevado a Naciones Unidas a hacer un llamamiento a implementar la educación para la reducción de los riesgos de catástrofe en los currículos escolares de todo el mundo. La educación es, por tanto, una herramienta muy importante a la hora de adquirir conocimientos, destrezas y actitudes para preparar al alumnado y a la comunidad para el desastre, así como para ayudarles a volver a la vida normal.

Por otra parte, si se quiere desarrollar la capacidad de afrontar el riesgo de catástrofe de una comunidad, no bastará con enseñar la ciencia de la misma catástrofe (Selby y Kagawa, 2012), ya que cuando hablamos del riesgo de inundación estamos ante un problema o controversia socio-científica. Las controversias socio-científicas son problemas de la sociedad (Oulton, Dillon y Grace, 2004) que tienen su base en la tecnología y/o la ciencia (origen o solución). Aunque los conocimientos científicos son imprescindibles para la comprensión y reflexión de estos problemas, no se puede olvidar la dimensión social. Así, las controversias socio-científicas suponen la adopción de opinión y decisiones de forma personal y social; suelen aparecer en los medios de comunicación, a menudo proporcionando información incompleta o dudosa sobre ellas; pueden tener una dimensión local o global; y sus soluciones suponen un análisis coste-beneficio, así como reflexiones éticas y morales (Ratcliffe y Grace, 2003).

En definitiva, la gestión de estos riesgos es responsabilidad de toda la sociedad, no sólo de las administraciones (Pahl-Wostl, 2006). Por ello, y para poder estar preparados ante estos riesgos y tomar parte en los procesos de participación y en la toma de decisiones, es imprescindible aprender a hacer una gestión adecuada del riesgo de inundación. En este proceso de aprendizaje las escuelas juegan un papel crucial porque permiten aumentar los conocimientos del alumnado (Shaw et al., 2004), que es precisamente el objetivo de la intervención didáctica propuesta.

## 2 I ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

En la actualidad, al finalizar la educación básica, el alumnado debe ser capaz de conocer no sólo las ideas básicas de la ciencia, sino también de utilizar estos conocimientos ante problemas concretos de la vida cotidiana y de tomar decisiones sobre el papel del ser humano en las problemáticas (Aguerri y Bravo-Torrija, 2017). De este modo, en los últimos años, se ha puesto de relieve la importancia de la consecución de un aprendizaje significativo en las escuelas (Bach y Márquez, 2017), es decir, la capacidad del alumnado de relacionar la nueva información que aprenden con la que ya sabían (Ausubel et al., 1978). Para conseguir ese aprendizaje significativo, el aprendizaje basado en competencias adquiere fuerza. Ser competente para hacer efectivo un trabajo significa que, además de tener conocimientos para realizar este trabajo, se poseen aptitudes y actitudes adecuadas para ello. Dicho de otro modo, para ser competente, se deben utilizar de forma integrada los recursos adquiridos para resolver situaciones que supongan un reto o problema (Decreto 236/2015). Por tanto, cuando hablamos de conocimiento científico, nuestra principal preocupación no puede ser que seamos capaces de reproducir los conocimientos que aprendemos en la escuela, sino de utilizarlos. Esta utilidad nos muestra realmente el grado de comprensión alcanzado por el alumnado (Pedrinaci, 2013).

En cuanto a la ciencia, con el objetivo de que el alumnado alcance la competencia científica, es necesario que el alumnado pueda poner en marcha destrezas propias de esta disciplina, tales como la capacidad de análisis, la interpretación de datos o la obtención de conclusiones basadas en evidencias. Este enfoque educativo se denomina “alfabetización científica” (Pedrinaci, 2013). Los retos que propone este tipo de aprendizaje son “problemas reales” que se caracterizan porque: 1) cuentan con un contexto que se aproxima al alumnado; 2) carecen de soluciones conocidas; y 3) promueven el diálogo e interacción entre el alumnado (Aguerri y Bravo-Torrija, 2017). Gracias a la alfabetización científica, el alumnado es capaz de dar respuesta a las cuestiones de la vida cotidiana que les generan curiosidad, así como de describir, explicar y predecir los fenómenos naturales.

### 2.1 Modelos mentales de las ciencias naturales

Empleamos los modelos mentales para describir la forma y finalidad de un sistema. Son los mecanismos de pensamiento que utilizamos los seres vivos para explicar el funcionamiento del mundo que nos rodea y predecir las situaciones futuras del sistema (Wagner, 2007). Por ejemplo, los que generamos en torno a los riesgos naturales se basan en la experiencia personal y en la información que recibimos de medios de comunicación, instituciones u otros grupos (Wagner, 2007). Sin embargo, desarrollar modelos mentales adecuados es imprescindible y deberíamos acercarlos al máximo a los modelos científicos.

Por tanto, para construir modelos mentales adecuados es necesario definir las ideas principales (*Big ideas of Science*) o ideas clave (*Core ideas*) de la ciencia (Bach y Márquez, 2017). A través de estas ideas clave se pueden conseguir dos objetivos principales en el

campo de las ciencias naturales. Por un lado, comprender el sistema terrestre, entendiendo los procesos que se producen en él y sus interacciones. Y, por otra parte, impulsar en el alumnado actitudes sostenibles, tomando en consideración el impacto de los impactos humanos sobre el funcionamiento de la Tierra (Bach y Márquez, 2017).

## 2.2 La gestión de los riesgos y la importancia de la escuela

La gestión del riesgo es el conjunto de medidas que adopta la sociedad antes de que un riesgo se convierta en una catástrofe con el fin de minimizar los factores que lo generan (amenazas y vulnerabilidad) (Robles et al., 2015). Pero, ¿qué consideramos un riesgo? El riesgo puede definirse como la probabilidad de sufrir un siniestro (Sjöberget al., 2004). Es decir, la probabilidad de que en un ámbito geográfico concreto se produzcan impactos sociales o económicos producidos por un fenómeno natural, igualando o superando valores predeterminados. Es decir, es un concepto social y económico que estima la probabilidad de daños humanos o materiales como consecuencia de un hecho natural (González et al., 2014).

Crichton (1999) definió el riesgo mediante 3 dimensiones. De este modo, el riesgo puede cuantificarse de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza (1)} \times \text{Vulnerabilidad (2)} \times \text{Exposición (3)}$$

Donde la Amenaza (1), será el tipo de catástrofe, que se definirá por su magnitud y duración; la Vulnerabilidad (2), podemos decir que la probabilidad de recibir la amenaza y el grado del daño en una zona geográfica dada y que está ligada a las características sociales y/o patrimoniales que pueden encontrarse con el daño; la Exposición (3), se refiere a las personas o bienes que se encuentran en la zona geográfica expuesta al riesgo. La mitigación del riesgo ante una catástrofe concreta consiste, por tanto, en reducir la vulnerabilidad y/o la exposición a la amenaza.

Robles et al. (2015) definieron el papel de la escuela como “una pequeña muestra de la comunidad, por lo que, si bien puede verse afectada por muchos riesgos, también puede ser escenario para la puesta en marcha de estrategias para hacer frente a los factores que los generan, con el fin de reducirlos y evitar que se conviertan en desastres.” Por tanto, además de los medios de comunicación y el contexto social, la educación formal asume un papel fundamental en la gestión de los riesgos, tanto a través del aumento de conocimientos como de la canalización de las percepciones del alumnado ante el riesgo (Bosschaart et al., 2013), ya que el conocimiento proviene no sólo de la educación sino de la experiencia.

## 2.3 Percepción del alumnado ante el riesgo de inundación

La percepción del riesgo es una evaluación subjetiva del grado de responsabilidad que tenemos respecto a la probabilidad de que ocurra un determinado tipo de accidente y sus posibles consecuencias (Sjöberget al., 2004). En general, adultos y jóvenes perciben los riesgos de diferente modo. Muchas veces se dice que los y las adolescentes no creen

que les pueda pasar nada. En inglés a este fenómeno se le denomina “it won ‘t happen to me”. Pues bien, esta creencia implica un aumento del optimismo irreal respecto a los riesgos (Bosschaart et al., 2013).

Para estar preparados ante el riesgo, es importante analizar los factores que pueden influir en la percepción del riesgo de inundación y los factores que pueden contribuir a su prevención. Y de este modo, emprender acciones que supongan una disminución del riesgo personal y de las pérdidas económicas para la sociedad (Siegrist y Gutscher, 2006). En general, a la hora de medir la probabilidad de un riesgo, la gente tiene en cuenta la facilidad de ocurrencia de ese riesgo. Por lo tanto, haber sufrido un riesgo supondría un aumento de la percepción del riesgo.

Junto con la experiencia, existe otro factor que puede influir en la percepción estudiantil, que sería el nivel de riesgo de una región concreta, ya que en las regiones más peligrosas los y las estudiantes son más conscientes de los riesgos. Además, tienen mayores conocimientos en las decisiones a tomar (Siegrist y Gutscher, 2006). Así, se ha observado que las personas con pocos conocimientos previos a los riesgos de inundación presentan menores percepciones de riesgo (Bosschaart et al., 2013). Por otro lado, cuando hay falta de conocimiento, se observa una mayor confianza en las medidas de seguridad (Bosschaart et al., 2013).

## **2.4 La importancia de estudiar la dinámica de los ríos**

A la hora de estudiar los riesgos de inundación, no podemos olvidar que las inundaciones son inmersiones temporales que se producen como consecuencia del desbordamiento de los ríos o del resto de las aguas continentales. Además, siendo fenómenos naturales, son necesarias para mantener en buen estado los ecosistemas (Real Decreto 20/2016). Por lo tanto, en lugar de estudiar las inundaciones como parte aislada de todo el sistema, hay que hacerlo como parte de la dinámica fluvial. De este modo, se registran cambios en la cuenca hidrográfica en función del tiempo y el espacio. De esta forma, las tormentas que ocurren en la cabecera del río pueden provocar inundaciones en el tramo medio y bajo (Martínez y Gil, 2014).

Aunque la temática del ciclo del agua es abundante en la bibliografía, hay pocos trabajos relacionados con la enseñanza del aprendizaje sobre los ríos. Se sabe que, junto a la realización de actividades en el aula, es importante realizar prácticas de campo (Martínez y Gil, 2014). También es conveniente proponer pequeñas investigaciones en la escuela (Pedrinaci, 2013).

## **3 | PROPUESTA PARA EL AULA**

Teniendo en cuenta la bibliografía del área, en esta comunicación se presenta una intervención didáctica con 10 actividades basada en la indagación y dirigida específicamente

a la asignatura Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de segundo curso de Bachillerato, si bien puede ser adaptada para otros ciclos.

Las actividades que se proponen consisten en realizar observaciones, plantearse preguntas, analizar recursos digitales, planificar pequeñas investigaciones, recopilar datos, analizarlos e interpretarlos, proponer preguntas, explicaciones e hipótesis, comunicar lo aprendido y aprender conjuntamente con otros compañeros. Esto es, al fin y al cabo, lo que se pretende mediante la indagación para llevar a cabo la práctica científica (Camacho et al., 2008). Además, se pretende desarrollar el pensamiento crítico del alumnado y conseguir un pensamiento profundo. Es decir, un pensamiento conceptualmente rico, organizado de forma coherente y que despierta el deseo de saber (López Aymes, 2012). En este caso se sugiere abordar controversias haciendo uso de los datos.

### 3.1 Objetivos de la unidad didáctica

Los objetivos didácticos que se persiguen con la secuencia de actividades propuesta son los siguientes:

- Adquirir la capacidad de prever riesgos de inundación, prevenir riesgos y proponer medidas correctoras.
- Identificar los factores de riesgo que pueden generar inundaciones y actuar de forma responsable.
- Conocer las consecuencias que cada individuo puede producir en el medio ambiente y asumir sus propias decisiones y responsabilidades para minimizarlas.
- Aprender a realizar pequeñas investigaciones y saber interpretar los resultados obtenidos en las mismas.
- Conocer y saber actuar de forma crítica ante las controversias que puedan suscitar los riesgos de inundación en la sociedad.
- Aprender a comunicarse tanto oralmente como por escrito.
- Aprender a trabajar en equipo respetando las ideas y el trabajo del resto del alumnado.
- Aprender a evaluar los propios trabajos y los de sus compañeros y compañeras.
- Generar ideas y soluciones y realizar propuestas para mejorar la situación actual.

### 3.2 Secuencia: En tu municipio ¿existe riesgo de inundabilidad?

#### 3.2.1 *Introducción*

Los ríos son componentes dinámicos del ciclo del agua que sufren numerosos cambios en el tiempo y en el espacio. La presión humana sobre los ríos es muy elevada y provoca impactos que pueden generar riesgos para el medio ambiente y para las personas y bienes. Entre esos riesgos naturales, las inundaciones son los riesgos naturales que



más daños causan hoy en día en Europa en su conjunto. Pero no solo provocan daños materiales y gastos económicos extraordinarios, también ocasionan la pérdida de vidas humanas. Por todo ello, en las últimas décadas se han creado diferentes planes de gestión de los riesgos de inundación, tanto a nivel local como global. Esta gestión es imprescindible para predecir, prevenir o reparar los daños que se puedan producir en un futuro próximo o lejano. Esta gestión adecuada es responsabilidad de todos y de todas, por lo tanto, ¿qué podemos hacer nosotros y nosotras para dar solución a este problema que se está haciendo cada vez más grave?

### *3.2.2 Organización de la secuencia de actividades*

Esta unidad didáctica se divide en 10 actividades en las que destaca la presencia de recursos digitales y la práctica científica. De cara a la forma de agrupar al alumnado, se ha querido trabajar en diferentes formas de trabajo (individual, parejas, pequeños grupos o grandes grupos). Aunque la mayor parte de la unidad se realizará en el aula, se ha propuesto una salida en la que el alumnado podrá acudir al río de su pueblo o ciudad.

### *3.2.3 Evaluación de la secuencia didáctica*

Para poder realizar la evaluación de la unidad didáctica se propone utilizar los siguientes criterios de evaluación:

A. Criterios de evaluación indicadores:

- Obtiene información suficiente, fiable y precisa para la realización de ejercicios, investigaciones y debates.
- Presenta información clara y precisa.
- Realiza el trabajo de forma cooperativa, respetando el trabajo y la opinión de los miembros del equipo.
- Expresa claridad, orden y precisión en las explicaciones orales e informes escritos.

B. Herramientas de evaluación:

- Trabajo diario observando el cuaderno del alumnado.
- Informe de investigación grupal sobre la situación del río.
- Debate, mediante la rúbrica.

### *3.2.4 Secuencia didáctica*

#### *Actividad 1. Conociendo los ríos*

¿Qué sabes sobre los ríos? Organizaros por parejas y visitar el enlace que se propone a continuación (<https://www.uragentzia.euskadi.eus/ura/index.html>). En él podréis leer información sobre las partes de los ríos, el perfil del río, las diferentes situaciones del

río y su mantenimiento. Leed con atención toda la información y escribid todos los términos o procesos que sean nuevos en el cuaderno, que serán imprescindibles para entender el tema.

### *Actividad 2. Dibujando el río*

¿Conoces el río de tu pueblo? Dibuja el río/arroyo que pasa junto a tu pueblo, representando y nombrando en la imagen:

- Dónde se genera (cabecera)
- Dónde desemboca
- De dónde proceden las aguas que consumís en tu pueblo o ciudad
- Cuáles son las medidas existentes para minimizar los posibles riesgos de inundación
- Construcciones o usos que pueden incrementar el riesgo de inundabilidad...

Procura dibujar con la mayor precisión posible, pero no te preocupes si no sabes todas las cosas, que serán cosas que trabajaremos a lo largo de la unidad.

### *Actividad 3. Conociendo el río de tu pueblo o ciudad*

En la primera actividad hemos estudiado los ríos, pero ha sido de forma general. ¡Vamos ahora a conocer un poco más el río/arroyo de nuestro pueblo! Contesta a las siguientes preguntas (quizás tenga que buscar información en internet):

- ¿Cómo se llama el río que recorre tu pueblo o ciudad?
- ¿Es el río principal o es el afluente de un río mayor? ¿de cual?
- ¿Cuál es la cuenca hidrográfica que drena?
- ¿De que sierras o montañas proceden las aguas?
- ¿Dónde desemboca?

A continuación, además de tu propio río, utilizaremos una página web que te permitirá conocer otros ríos de la Península Ibérica. A través de esta página web: [juegos-geograficos \(https://www.juegos-geograficos.com/juegos-geografia-Rios-de-Espana-\\_pageid126.html\)](https://www.juegos-geograficos.com/juegos-geografia-Rios-de-Espana-_pageid126.html) podréis jugar para aprender la ubicación de los principales ríos de la Península Ibérica.

### *Actividad 4. Define el río*

Una vez que conozcas un poco mejor los ríos (partes de los ríos, funcionamiento, ubicación...), procura dar una definición del río lo más completa posible. ¡No olvides que el río es un sistema dinámico en el que muchos componentes interactúan!

### *Actividad 5. Las inundaciones son fenómenos naturales*

Las inundaciones son fenómenos naturales que aumentan considerablemente los daños inherentes a los impactos humanos. Los expertos prevén que las inundaciones se producirán con mayor frecuencia e intensidad debido al Cambio Climático. Pero, ¿existe riesgo de inundaciones en nuestra comarca? Para quienes consideren que no existe riesgo de inundaciones en nuestro entorno, pueden acceder a vídeos y fotografías de las diferentes inundaciones que se han producido en nuestro entorno. Por ejemplo:

- <https://www.rtve.es/temas/inundaciones/12811/>
- [http://www.aemet.es/es/noticias/2019/09/temporal\\_sin\\_precedentes\\_en\\_la\\_vega\\_baja\\_del\\_segura](http://www.aemet.es/es/noticias/2019/09/temporal_sin_precedentes_en_la_vega_baja_del_segura)
- [http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/efemerides\\_sucesos\\*](http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/efemerides_sucesos*)
- <http://www.proteccioncivil.es/riesgos/inundaciones/cnih>.

#### *Actividad 6. Identificando los riesgos de inundación*

Una vez vista la posibilidad de sufrir inundaciones en nuestra comarca, vamos a ver qué es el riesgo de inundación. Podemos definir el riesgo como la probabilidad de que ocurra un fenómeno natural, la probabilidad de que un individuo sufra un riesgo. A la hora de definir el riesgo hay que tener en cuenta los siguientes términos: peligrosidad, vulnerabilidad y exposición, ya que el riesgo se produce por la interacción de estos tres factores.

Teniendo en cuenta esto, ¿cómo cree que es el nivel de inundabilidad en tu localidad? ¿Pequeño o grande? Accede al visor cartográfico de zonas inundables (aquí: <https://sig.mapama.gob.es/snczi/index.html?herramienta=DPHZI>) y comprueba exactamente el nivel de riesgo en torno a tu lugar de residencia:

- Selecciona la columna dpi y zi
- Introduce el nombre del cauce, la demarcación hidrográfica, CC y provincia.
- Selecciona: “realizar una consulta sobre”: zonas inundables
- Presiona “buscar”

#### *Actividad 7. Identificando la situación de tu comarca. Las causas de las inundaciones y las medidas a adoptar*

Trata de identificar los principales factores de riesgo de inundación en tu comarca, y propón medidas de prevención para cada uno de ellos. Puedes valerte de la búsqueda de información en internet.

Comentad los principales factores de riesgo, las medidas de prevención que se os ocurran y responded a la siguiente pregunta, primero en grupos de 4-5 personas y después

en todo el grupo.

- ¿Qué podríamos hacer para buscar soluciones y que las personas adopten un mayor compromiso con la naturaleza?

#### *Actividad 8. Lectura de artículo*

Para profundizar en la problemática asociada a las inundaciones y a la gestión del riesgo leed el manifiesto de la Fundación Nueva Cultura del Agua publicado en la Biblioteca del agua (<https://fnca.eu/biblioteca-del-agua/>) firmado por decenas de personas académicas con motivo de las inundaciones del río Ebro en el año 2015: “Por unas medidas sostenibles y eficaces frente al riesgo de inundaciones” aquí (<https://fnca.eu/biblioteca-del-agua/directorio/file/2697?search=1>).

Junto al desbordamiento de las aguas producido por las intensas lluvias, ¿qué más factores intervienen en la gestión del riesgo de inundaciones? Explicad vuestra respuesta.

#### *Actividad 9. Prevención de riesgos de inundación*

Siendo las inundaciones los riesgos naturales con mayores consecuencias históricamente en Europa, uno de los objetivos más importantes de la planificación hidrológica ha sido reducir su riesgo. Dentro de esta planificación se han combinado medidas no estructurales con medidas estructurales. Buscad qué son las posibles medidas estructurales y no estructurales contra inundaciones y escriba sus definiciones en el cuaderno. Podéis obtener información en el el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio: BOE (<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-11184>).

#### *Actividad 10. Completando el dibujo del río*

Coged el dibujo del río realizado en la actividad 2. Con lo aprendido hasta ahora, intentad completar el dibujo lo más posible y subsanarlo en caso de error previo.

## REFERENCIAS

Agueri, M. y Bravo-Torrija, B. (2017). **El uso de pruebas en la resolución de problemas reales en 4º de ESO: ¿debemos dragar el río Ebro?** *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 302-316.

Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1978). **Educational Psychology: A Cognitive View** (2nd Ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston.

Bach, J. y Márquez, C. (2017). **Fundamentos conceptuales y didácticos: El estudio de los fenómenos geológicos desde una perspectiva sistémica.** *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 25(3), 302-309.

Bingle, W. H. y Gaskell, P. J. (1994). **Scientific Literacy for Decision making and the Social construction of Scientific knowledge.** *Science Education*, 78 (2), 185-201.

Bosschaart, A., Kuiper, W., van der Schee, J. eta Schoonenboom, J. (2013). **The role of knowledge in students' flood-risk perception.** *Natural Hazards*, 69, 1661-1680.

Bybee, R., Teaching science as inquiry (2000). En: J. Minstrell, & E. van Zee (eds.). ***Inquiring into inquiry learning and teaching in science***, pp. 20-46. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

Camacho, H., Casilla, D. y Finol de Franco, M. (2008). **La indagación: una estrategia innovadora para el aprendizaje de procesos de investigación.** *Laurus*, 14(26), 284-306.

Challies E., Newing, J., Thaler, T., Kochskämper E. y Levin-Keitel, M. (2016). **Participatory and collaborative governance for sustainable flood risk management: An emerging research agenda.** *Environmental science & policy*, 55, 275-280.

Crichton, D. (1999). **The Risk Triangle.** En J. Ingleton (ed.), *Natural Disaster Management* (102-103). London: Tudor Rose.

Cross, R. y Yager, R. (1998). **Parents, Social Responsibility and Science, Technology and society (STS): a rationale for reform.** *Research in Science and Technological Education*, 16, 1.

Decreto 236/2015, de 22 de diciembre, por el que se establece el **currículo de la Educación Básica y se implanta en la Comunidad Autónoma del País Vasco** (BOPV, 15-01-2016).

Díaz Moreno, N. y Jiménez-Liso, M. R. (2012). **Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica.** *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70.

Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la **evaluación y gestión de los riesgos de inundación.**

García-Carmona, A. (2020). **From Inquiry-Based Science Education to the Approach Based on Scientific Practices.** *Sci & Educ* 29, 443–463.

Gil, D. y Vilches, A. (2004). **Contribución de la ciencia a la cultura ciudadana.** *Cultura y Educación*, 16 (3), 259-272.

Gil, D. y Vilches, A. (2006). **Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades.** *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53.

González, M., Valonge, A., Brusi, D. y Alfaro, P. (2014). **¡Prevenir las catástrofes! Simulando la gestión de los riesgos naturales.** Informe inédito.

Harlen, W. (Ed.) (2010). **Principles and big ideas of science Education.** Association for Science Education.

López Aymes, G. (2012). **Pensamiento crítico en el aula.** *Docencia e Investigación*, 22, 41-60.

Martínez, M. B. y Gil Quilez, M. J. (2014). **Investigación educativa. El río: un tema cotidiano para el aula de ciencias.** *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22(3), 257-266.

NRC, National Research Council (1996). **National Science Educational Standards.** Washington. National Academy Press.

Olcina, J. (2009). **Cambio climático y riesgos climáticos en España.** *Investigaciones geográficas*, 49, 197-220.

Oulton, C., Dillon, J. y Grace, M. (2004). **Reconceptualizing the teaching of controversial issues**. *International Journal of Science Education*, 26(4), 411-425.

Pahl-Wostl, C. (2006). **The importance of social learning in restoring the multifunctionality of rivers and floodplains**. *Ecology and Society*, 11(1), 10.

Palacios, P. y de León, P. C. (2000). **Didáctica de las ciencias experimentales**. Alcoy, España: Editorial Marfil, SA.

Pedrinaci, E. (2013). **Fundamentos conceptuales y didácticos: Alfabetización en Ciencias de la Tierra y competencia científica**. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 21(2): 208-214.

Ratcliffe, M. y Grace, M. (2003). **Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues**. McGraw-Hill Education (UK).

Real Decreto 20/2016, de 15 de enero, por el que se aprueban los **Planes de gestión del riesgo de inundación de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental y de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental**.

Robles, M., Wilches, G., Näslund-Hadley, E., Ramon, M.C. y Paredes, J.R. (2015). **Gestión del riesgo en la escuela**. Banco Interamericano de Desarrollo en educación sobre el cambio climático (BID).

Selby, D. y Kagawa, F. (2012). **Disaster risk reduction in school curricula: case studies from thirty countries**. Paris/Geneva, Switzerland, UNESCO/UNICEF.

Shaw, R., Shiwaku, K., Kobayashi, H. y Kobayashi, M. (2004). **Linking experience, education, perception and earthquake preparedness**. *Disaster Prevention and Management*, 13, 39-49.

Siegrist, M., y Gutscher, H. (2008): "Natural hazards and motivation for mitigation behavior: People cannot predict the affect evoked by a severe flood". *Risk Analysis: An International Journal*, 28(3), 771-778.

Shaw, R., Shiwaku, K., Kobayashi, H. y Kobayashi, M. (2004). **Linking experience, education, perception and earthquake preparedness**. *Disaster Prevention and Management*, 13, 39-49.

Vilches, A. y Gil, D. (2008). **La construcción de un futuro sostenible en un planeta en riesgo**. *Alambique*, 55, 9-18.

Wagner, K. (2007). **Mental models of flash floods and landslides**. *Risk Analysis*, 27(3), 671-685.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**JOÃO DALLAMUTA** - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre em engenharia elétrica pela UEL. Doutorando em Engenharia Espacial pelo INPE.

**HENRIQUE AJUZ HOLZMANN** - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Android 21, 22, 23, 25

Aula 3, 30, 57, 62, 64, 68

### B

Bioimpedancia 1, 2, 4, 5, 7

### C

Capacitación 24, 57, 58

Cole 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8

COLE 3, 1

Cultivos 21

CULTIVOS 21, 24

### D

Deep learning 3, 9, 10, 12, 19

### E

Estrategias metodológicas 26, 30, 31

### G

Gamificación 34

GAMIFICACIÓN 3, 26, 30, 31, 32, 34, 39, 40

Gestión riesgo inundación 57

### I

Indagación 3, 57, 59, 62, 63, 68

Innovación social 3, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 54, 55, 56

Invernadero 21, 24

INVERNADERO 3, 21, 22, 24

### N

Neumonía infantil 9

### P

Parámetros 7, 21

PARÁMETROS 3, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 12, 19, 21, 24

Participación ciudadana 41, 52



Proyectos 33

PROYECTOS 26, 31, 33, 36

## **R**

Resultados de aprendizaje 26, 30, 31

## **S**

Secuencia didáctica 5, 26, 31, 38, 57, 64

Sostenibilidad urbana 41, 43, 53, 54

## **T**

Tejido 1, 8

TEJIDO 3, 1, 2, 3, 4, 5

Tumor 1, 7


TUMOR 1

## **X**

Xception 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19







Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)