

VOLUME 4 // ISSUES 10 // APRIL 2023

DOI:10.47460/minerva/v3i9

MINERVA

Revista Multidisciplinaria de
Investigación Científica

ISSN: 2697-3650



Editado por

Autana Books
Engineering & Sciences

<https://doi.org/10.47460/minerva.v4i10.91>

New technologies for border control and security

Ayala Henry

<https://orcid.org/0000-0002-4918-4395>

leon_artillery@hotmail.com

Ejército Ecuatoriano

Grupo de Artillería Lanzadores Nro. 80 "Calderón"

Quito-Ecuador

Yange Willians

<https://orcid.org/0000-0002-2711-1398>

williansyangeenriquez@gmail.com

Ejército Ecuatoriano

Grupo de Artillería Lanzadores Nro. 80 "Calderón"

Quito-Ecuador

Enríquez Carolina

<https://orcid.org/0000-0002-4832-1386>

isis_30_m90@hotmail.com

Ejército Ecuatoriano

Comando de Apoyo Logístico N°9

Quito-Ecuador

Tamayo Heidy

<https://orcid.org/0000-0002-3538-3748>

heidyanttonela@hotmail.com

Ejército Ecuatoriano

Batallón de Infantería N°2 "Imbabura".

Ibarra-Ecuador

Recibido(16/04/2022), Aceptado(15/05/2022)

Abstract. - This document describes the advances and new technologies developed for border security control and military use. A systematic review was conducted, considering scientific articles on technological advances from which information was obtained on new techniques, applications, algorithms, surveillance devices, and biometric systems that use artificial intelligence and machine learning to support border security and control of persons, weapons, products, and objects that are not allowed under the current regulations of nations. Technological advances worldwide enable the continuous development of new alternatives to counter the new and improved fraudulent techniques for illegal border crossing of people and objects.

Palabras clave: Technologies, border control, border security, artificial intelligence.

Nuevas tecnologías para el control y seguridad fronteriza

Resumen. - En este documento se presenta una descripción de los avances y nuevas tecnologías desarrolladas para el control de la seguridad fronteriza y de uso militar. Se realizó una revisión sistemática considerando artículos científicos de bases relacionadas con avances tecnológicos de donde se obtuvo información referente a nuevas técnicas, aplicativos, algoritmos, dispositivos para el monitoreo y sistemas biométricos que operan con inteligencia artificial, aprendizaje de máquina para dar soporte a la seguridad y control en el paso fronterizo de personas, armamento, productos y objetos no permitidos por las reglamentaciones vigentes de las naciones. El avance tecnológico alrededor del mundo permite el constante desarrollo de nuevas alternativas que se contraponen a las nuevas y mejoras en las técnicas fraudulentas para el paso de personas y objetos de manera ilegal.

Keywords: Tecnologías, control fronterizo, seguridad fronteriza, inteligencia artificial.



The use of fiber optic technology for border control has been around for some time. Countries like the United States, Canada, Mexico, and Australia have used this technology for decades to keep their borders safe and secure.

Multiple technologies can be used for border control. Some technologies used in border control systems are presented in Table 1, along with their application, scope, and technical characteristics.

Table 1. Technologies used in land border security control systems.

Technology	Application	Technical characteristics and scope
Biometric systems	Identity verification	Capture and analysis of physical or behavioral traits, such as fingerprints, iris scans, or facial recognition. These systems are used to authenticate the identity of travelers at airports and land borders. They are also used in visa processing and law enforcement operations. Biometric systems must adhere to strict privacy and data protection regulations.
Automated passport control kiosks	Identity verification	It uses biometric technology to verify passport information and automate the customs process. Automated passport control kiosks are used at airports and can speed up the processing of travelers.
Facial recognition	Identity verification	It uses facial recognition technology to identify individuals. Facial recognition can be combined with other biometric technologies, such as fingerprint scanning, and is used by law enforcement agencies to identify suspects and monitor crowds.
Iris recognition	Identity verification	It uses iris scanning technology to identify individuals. Iris recognition is considered more accurate than other biometric technologies, such as fingerprint scanning, and is used by border control agencies and law enforcement.
Video analytics	Behavioral analysis	It uses artificial intelligence and machine learning algorithms to analyze video footage and identify suspicious behavior, such as someone climbing a fence or entering a restricted area. Video analytics combines other surveillance technologies, such as CCTV cameras and UAVs.
Biometric boarding gates	Identity verification	It uses biometric technology to verify the identity of travelers at boarding gates. Biometric boarding gates can speed up the boarding process and enhance security. They are commonly used at airports.

Table 2 presents technologies used in border systems for detecting objects (weapons, drugs, etc.) on people's bodies, as well as tracking vehicles passing through restricted areas. The technologies in Table 2 employ multiple technologies such as radiofrequency, X-ray, gamma-ray, radar, thermal cameras, and image analysis.

The advantage of the technologies described in Table 2 is to provide visualization through organic tissue, solid objects, and gaseous substances and even detect hot zones such as engines, people, and firearms in areas of poor visibility without affecting the people to whom these technologies are applied.

Currently, surveillance drones are used at border crossings to detect and track objects, people, and vehicles with the advantage that these activities can be controlled from fixed posts, eliminating the need for helicopters and the need to approach safely without risking the safety of border control personnel.

Table 2. Some technologies are used in border control systems for object tracking and detection.

Technology	Application	Technical characteristics and scope
Radio Frequency Identification (RFID)	Tracking and identification of goods	It uses electromagnetic fields to identify and track tags attached to objects, such as cargo or luggage. RFID tags can be read remotely and used to track the location and movement of goods. They are often used in logistics and supply chain management.
X-ray scanners	Detection of concealed objects	It uses X-rays to create images of objects in luggage or on people. These images can reveal the presence of weapons, explosives, or other contraband. X-ray scanners are commonly used at airports and land borders.
Gamma-ray imaging systems	Detection of concealed objects	It uses gamma rays to create images of objects in cargo containers. Gamma-ray imaging is typically used at seaports and land borders to detect contraband, including drugs and weapons.
Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)	Surveillance and reconnaissance	It uses remote-controlled aircraft to monitor and patrol borders. UAVs can provide real-time imagery and video and can be equipped with sensors such as thermal cameras to detect heat signatures.
Ground surveillance radar	Detection of illegal crossings	It uses radar to detect the movement of people or vehicles. Ground surveillance radar can cover large areas and detect movement even in adverse weather conditions. They are often used at land borders.
License plate recognition	Identification of vehicles	It uses optical character recognition technology to read license plates and identify vehicles. License plate recognition can monitor traffic and identify vehicles of interest. They are commonly used at land borders and ports.
Thermal cameras	Detection of heat signatures	It uses thermal imaging technology to detect the heat signatures of people or objects. Thermal cameras can detect people hiding in vehicles or other concealed areas. They are often combined with other surveillance technologies, such as UAVs and ground surveillance radar.

Robots have become widespread as an instrument for detecting intruders at the borders and sending information to the control center. In hostile environments, robots show excellent performance. Automated vehicles with monitoring systems based on facial recognition and detection algorithms have been developed. The presence of human beings is verified through the system, which then executes the facial recognition algorithm to compare them with known soldier data and identify intruders. The HAAR algorithm has been employed for face detection, and the CNN algorithm has been used for facial recognition in these developments [1]. It is anticipated that in the future, there will be more regular use of robots, radar networks, and cameras for these tasks due to the vast borders for which more patrol personnel and vehicles will be required [2].

The introduction of electronic passports containing chips and RFID technology has been proposed to achieve more intelligent and safer control. Greater security is considered because the chip information is locked and cannot be modified or tampered with, including the stored photo. So, if there is a duplicate, this will trigger alarms [3]. Despite the benefits, some people view biometric technologies as evoking fears of privacy and public liberties violations.

The European Union has made advancements in managing its migratory flows, for which it has increased its reliance on technology in border management. Developments have been implemented primarily in two areas: using unmanned aerial vehicles or drones and improving information and surveillance technologies [4].

The techniques employed for border control in Turkey have seen the urgent need for increased use of technology. However, in addition to detecting, filtering, and preventing "illegal" border crossings, smuggling, and terrorism, the humanitarian aspect of saving the lives of migrants has also been considered [5].

The Indian border guard has installed and adopted new technologies such as cameras, night vision devices, and radars. The need for the Internet of Things (IoT) has become evident for better information management, which has already been adopted on a small scale and in limited areas. The fast-decision-making process provides reliability and appropriate responses to secure dangerous border areas, even in extreme weather conditions, diverse terrain, riverine terrains, dense forest areas, and inaccessible areas that are complicated to monitor by personnel. The project "Smart Border Security System using Internet of Things" proposes a low-cost solution using Passive Infrared Sensors (PIR) and the OV7670 camera module to detect the movement of any object within a range and capture images of intruders, respectively, [6].

The algorithm used for object detection in video based on machine learning in this research is the Viola-Jones algorithm. This algorithm requires a training set of positive and negative images. A collection of positive and negative images was used to train the algorithm for objects such as humans, vehicles, and guns. A threat level classifier and an alert warning system were also added to classify and annotate the videos in real-time for each frame. The threat level classifier categorizes the real-time video into safe, low, medium, and high (dangerous). The alert system specifies the type of warning based on the type of intrusion (human, vehicular, or gun) detected. For the algorithm proposed in this work, the accuracy for human detection is an average of 94.93%, the accuracy for vehicle detection is an average of 95.2%, and the accuracy for gun detection is an average of 97.67%. The accuracy of the proposed method (97%) was much higher than that of the previously published compared method (64%) for object detection [7].

Quad-copter drones enable some borders to communicate constantly with the base to detect and track targets effectively. The system has functionalities to send real-time alerts when intruders have been detected so that nearby patrols can act. Good results have been shown in applying these technologies with the use of GPS to direct vehicles, image analysis, machine intelligence with aerial visualization, and target detection [8].

It has been proposed to include a contactless identification system that uses advanced mobile devices for border control, focusing on usability and integrating new technologies. The device is based on the MobilePass device and allows for identification using 4 fingerprints instead of just one, as in conventional systems. The robustness and contributions to the border security system are still being evaluated [9].

Maritime borders where groups of migrants arrive to enter another nation have a particular problem regarding verifying information due to the presence of ships, weather conditions, and extensive monitoring areas. Therefore, maritime surveillance has focused not only on the rescue and recovery of migrants but also on taking subsequent actions to ensure the well-being of individuals [10].

Since the 9/11 incident in Manhattan, the United States, borders have been viewed as one of the main security filters for national security. Many countries have seen the need to improve their automated border control systems to respond to these challenges (Heiskanen, 2014). A new research approach for automated border control (ABC) systems have been proposed. Various security technologies are used for these complex ABC solutions, including biometrics, surveillance, certificate exchange, data protection, secure user interaction, and information security. The FastPass project proposes a stakeholder-driven approach providing a better understanding of security technologies to estimate the automated approach's risks, challenges, and opportunities [11].

"To enhance border security, wireless sensor networks (WSN) powered by solar energy have been developed, allowing for automated monitoring, target tracking, and intrusion detection. These systems have been noted for their features regarding the classification of detection environments, their ability to survive in adverse weather conditions, and their efficient collection of solar energy.", [12].

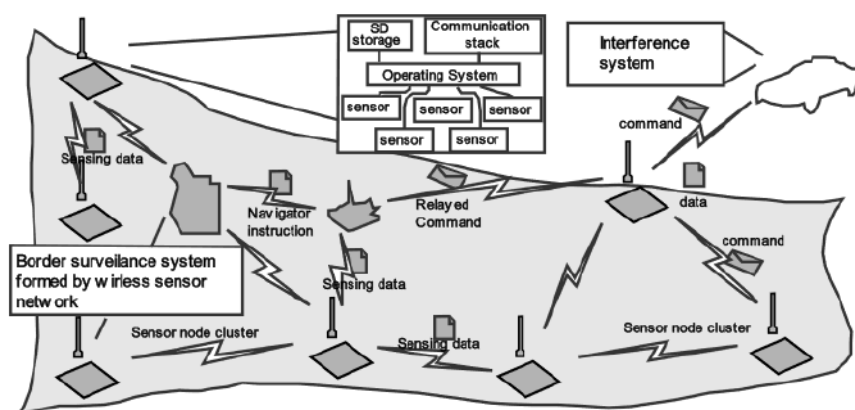


Fig. 2. WSN architecture with the use of wireless nodes.

Fig 2 shows the network architecture of our solar-powered ad-hoc WSN for border surveillance. The wireless sensor nodes are interconnected to build a surveillance system for border security. The gateway base station or sink node receives and aggregates the detection data from the sensors located in a distributed manner and transmits or broadcasts commands to the sensor nodes, such as suspension and activation commands, to manage the sensor nodes. Remote service is also integrated, the gateway transmits the detection data to the operations center, and an inference system processes the data. The sensor nodes can automatically form sensor clusters and work collaboratively. Our network architecture is flexible and imposes no limits on the size of the sensor network and the number of sensors [12]. In addition, sensor networks such as "PACHENDRIYA" from India have also been developed, which incorporate sensors of various types such as geophones, hydrophones, microphones, infrared sensors, and camera sensors to achieve effective surveillance and detection of human intrusions in border scenarios.

Ground Surveillance Radar (GSR) operations allow for securing an area and provide operators and agents with much more time to evaluate, prioritize and stop intruders than a traditional fence system. Additional response time is one of the critical characteristics of the wide-area surveillance concept, along with additional benefits for both operators and response teams. Two leading GSR technologies exist Frequency-Modulated Continuous Wave (FMCW) and Pulse Doppler. Most pulse Doppler radars are derived from legacy military battlefield radar technology applied to wide-area surveillance. In contrast, a new generation of FMCW radar technology has been developed for this new type of surveillance, applied to the security of high-value sites, airports, military bases, ports, and borders [13].

With proper control over X-ray exposure to the human body (Fig. 3), various technical configurations such as transmission imaging (fluoroscopy), backscatter imaging, computed tomography, and other combinations are used in border controls. In this way, the inside of the human body, its surface, clothing, and luggage is inspected to detect weapons, explosives, and drugs.

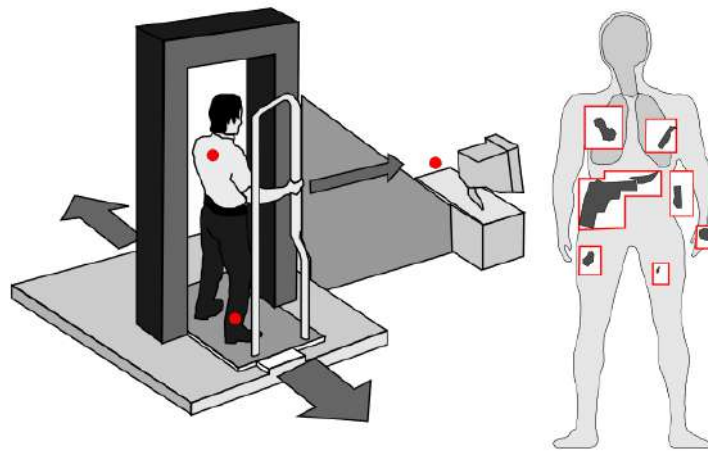


Fig 3. Transmission imaging (fluoroscopy). The image results of a scan: The person slides back and forth (1) for seconds. A pencil beam (2) scans the person. This beam is adjusted to a line of detectors. The digitized image appears on a screen (3).

In Table 3, the most common functional requirements that border security scanning systems must have been shown. Multiple technologies are specified for specific tasks that detect and recognize risk elements.

Table 3. Most common functional requirements needed for border security scanning systems.

Functional requirement	Description
Image capture	The system must be able to capture clear and crisp images of the people or vehicles undergoing the scan, allowing accurate identification of facial details or vehicle features.
Threat detection	The system must be able to detect and alert about possible threats, such as weapons, explosives, drugs, etc., in the objects or people scanned.
Pattern recognition	The system must recognize suspicious patterns in the scanned images, such as strange or unusual behavior, rapid or erratic movements, or hidden packets in the scanned objects.
Database integration	The system should be able to integrate with databases of criminal records, terrorism information, watch lists, and other relevant data to enable the identification of potential threats and informed decision-making.
Processing speed	The system must process the scanned images in real time, allowing a quick and effective response to possible threats.
Accessibility and usability	The system must be accessible and easy to use by the personnel in charge of its operation without requiring complex technical skills.
Data Security	The system must guarantee the security of the stored data, ensuring confidentiality and protection against possible attacks or threats.

Table 3 outlines essential requirements for effective border security scanning systems, including clear and crisp image capture, threat detection, pattern recognition, and integration with relevant databases to identify potential threats. The table emphasizes the need for accessible, user-friendly systems ensuring information security.

To improve the clarity and concision of the second paragraph, it could be revised as follows: There are proposals to enhance border processes by employing a multi-tool approach incorporating increased scanning, controls, and nearly simultaneous passenger queries. This approach could address several common problems, including limitations in traditional information systems for immigration and port security, carrier reservations, economic and demographic statistics, and police and counterterrorism agencies [14].

The OptaSense® Distributed Acoustic Sensing (DAS) system is an innovative technology that utilizes fiber optic communication cables as sensors to detect surface crossings and tunnel construction for border security purposes. This low-cost, high-reliability system has been field-proven in over one hundred locations worldwide and can work with existing border surveillance technologies. OptaSense's ability to detect, classify, and locate activity over hundreds of kilometers in a precise and actionable manner has proven it to be a cost-effective solution for long-border monitoring, with the system scaling to cover up to 1500 km and be controlled by a single central monitoring station in pipeline applications [15].

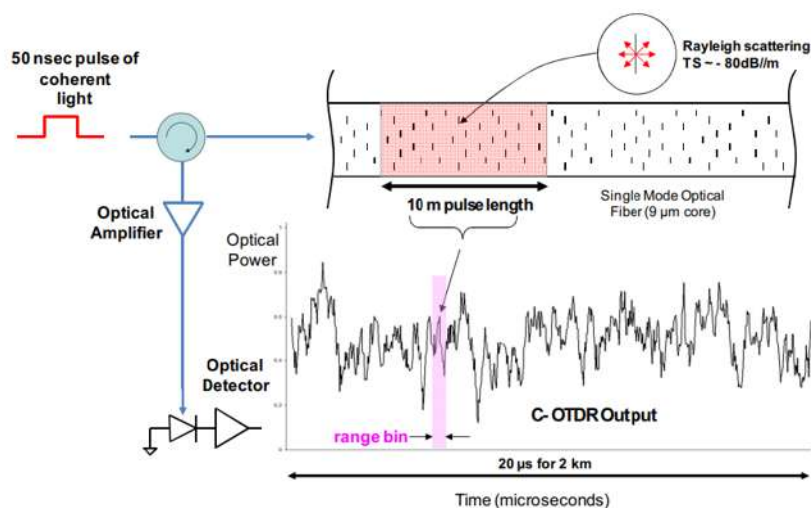


Fig 3. Principle of operation of the OptaSense DAS System.

Figure 4 presents a representation of the operating principle of the current generation DAS OptaSense system. Each range container is sampled 2000 times/second (50 km of fiber) at 20000 cycles/sec (5 km of fiber) and provides the output of the "virtual" strain sensor. A simple system that can provide 4000 programmable channels spaced at 5, 10, or 12.5 meters. The system can detect variations in decibels from 2 microns to 2 km, which can be determined in pulses of 10-meter length, generating an optical signal that is amplified and transmitted to the control station, providing the position of the location where it has crossed near the cable, generating an increase in the noise of the signal.

III. METHODOLOGY

Scientific articles were searched in repositories such as ScienceDirect, Scopus, Taylor & Francis, Web of Sciences, and IEEE Xplore. Duplicate articles were removed, and the remaining works were screened according to their titles. Subsequently, the abstracts were reviewed, and the contents were verified to obtain 15 articles with relevant information, which served as the basis for this document. Figure 5 shows the review process workflow, considering the PRISMA methodology guidelines.

The search keywords used were technologies, control, security, and borders. All articles that addressed the topic without describing the principle of operation of the applied technologies were excluded.

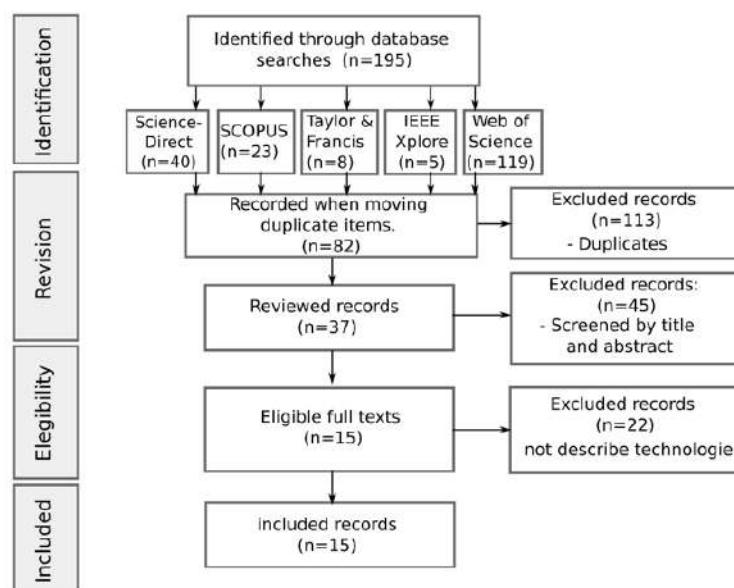


Fig 5. Systematic review conducted, keywords: “Technologies AND control AND border”.

IV. RESULTS

Border control is critical to ensure the security and protection of a country's borders. They have developed several technologies to improve their effectiveness. Some of the technologies identified for these security-related tasks are described below.

Video surveillance systems allow surveillance of border areas using cameras that transmit images in real-time to a control center. The technology allows detection patterns and alerts operators if anything unusual is observed within the field of vision.

Movement sensors detect and send information about the presence of people, vehicles, or other objects in specific border areas and alert operators. The sensors can also detect the presence of tunnels and other smuggling devices.

Intrusion detection systems allow alerting about the presence of people or vehicles that cross the border without permission and irregularly. Intrusion detection systems can use multiple technologies, such as video cameras, motion sensors, radars, thermographic detectors, and multispectral image analysis.

Frequent use of biometric identification has been identified. These systems allow the identification of people through unique physical characteristics, such as fingerprints, iris scans, and facial recognition, among others. Biometric identification systems are used to verify the identity of people crossing the border and to detect people wanted by the law.

Baggage and cargo scanning systems provide information on detecting dangerous or illegal objects in baggage and cargo of vehicles crossing the border. These scanning systems use X-ray technology and other scanning methods to identify objects by detecting them through other solids and making them more accessible for control personnel to visualize.

CONCLUSIONS

Advanced technologies are being used to strengthen border security: Border control technologies have evolved tremendously in recent decades. Advanced technologies such as high-resolution cameras, radar systems, and drones are used to monitor borders and detect potential threats. In addition, data analysis and facial recognition techniques are being used to identify suspicious persons and prevent unauthorized persons from crossing.

Border control technologies impact privacy and human rights: As advanced technologies strengthen border security, there are also legitimate concerns about privacy and human rights impacts. In some cases, these technologies can be invasive and result in the collection and use of personal data without the consent of individuals, which can have severe consequences in terms of civil liberties.

Implementing border control technologies is a contentious issue: The performance of border control technologies is controversial in many parts of the world—some support using these technologies to strengthen border security and prevent illegal immigration and cross-border crime. In contrast, others argue that these technologies are costly, invasive, and not consistently effective. It is essential to consider these diverse views when considering implementing border control technologies and working to find solutions that balance security and human rights.

REFERENCES

- [1] A. Hanaa Mohsin y S. E. Haider, «WITHDRAWN: Survey of an intelligent surveillance system for monitoring international border security,» *Materials Today: Proceedings*, pp. 2214-7853, 2021.
- [2] P. Marks, «Sensors and robots aim to bolster border security,» *New Scientist* worldwide enable0-21, 2010.
- [3] «Border control gets smarter – and safer,» *Card Technology Today*, vol. 19, n° 11, pp. 12-13, 2007.
- [4] B. O. Martins y M. G. Jumbert, «EU Border technologies and the co-production of security ‘problems’ and ‘solutions’» *Journal of Ethnic and Migration Studies*, vol. 48, n° 6, pp. 1430-1447, 2022.
- [5] B. T. Koca, «Bordering processes through the use of technology: the Turkish case,» *Journal of Ethnic and Migration Studies*, vol. 48, n° 8, pp. 1909-1926, 2022.
- [6] M. Bhattacharya y A. Roy, «Smart Border Security System Using Internet of Things,» pp. 268-279, 2020.
- [7] A. Goyal y e. al, «Automatic Border Surveillance Using Machine Learning in Remote Video Surveillance Systems,» 2020, pp. 751-760.
- [8] S. Darwante y e. al, «Border Surveillance Monitoring Application,» de 2019 5th International Conference On Computing, Communication, Control And Automation (ICCUBEA), Pune, India, 2019.
- [9] A. Weissenfeld y e. al, «Towards Mobile Contactless 4-Fingerprint Authentication for Border Control,» de 2018 European Intelligence and Security Informatics Conference (EISIC), Karlskrona, Suecia, 2018.
- [10] M. G. Jumbert, «¿Control o rescate en el mar? Objetivos y límites de las tecnologías de vigilancia de fronteras en el mar Mediterráneo,» *Desastres*, vol. 42, n° 4, pp. 674-696, 2018.
- [11] M. Clabian, «FastPass: automated border control as a challenging combination of various security technologies,» 2014.

- [12] J. He, R. Norwood, M. Fallahi y N. Peyghambarian, «Solar-powered ad-hoc wireless sensor network for border surveillance,» Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, vol. 8377, 2012.
- [13] W. Butler, «Design Considerations for Intrusion Detection Wide Area Surveillance Radars for Perimeters and Borders,» de 2008 IEEE Conference on Technologies for Homeland Security, Waltham, MA, Estados Unidos, 2008.
- [14] C. Hurrey, «The 'Swiss Army Knife' Approach to Border Control: Multitasking in a Multi-threat World,» de The 'Swiss Army Knife' Approach to Border Control: Multitasking in a Multi-threat World, Uppsala, Suecia, 2013.
- [15] A. Owen, G. Duckworth y J. Worsley, «OptaSense: Fibre Optic Distributed Acoustic Sensing for Border Monitoring,» de 2012 European Intelligence and Security Informatics Conference, Odense, Dinamarca, 2012.

THE AUTHORS



Henry Ayala, Artillery Captain in the Ecuadorian Army, Artillery Group Multiple Launchers No. 80 "CALDERON." 80 "CALDERON," Bachelor in Military Sciences Escuela Superior Militar Eloy Alfaro, Knowledge in Human International Law (FAE War Academy), Law Student UTPL (Ecuador), Human Talent Officer of GA7 "CABO MINACHO" 2017-2019, Logistics Officer GAAA5 "MAYOR VALENCIA" 2020-2021, Human Talent Officer GA5 "ATAHUALPA" and GALM80 "CALDERON" 2021-2023.



Willians Yange, Artillery Captain in the Ecuadorian Army, Multiple Launcher Artillery Group No. 80 "CALDERON," Bachelor in Military Sciences at the Escuela Superior Militar Eloy Alfaro. Knowledge in chart digitalization, accident investigation, air defense planning, international humanitarian law and military technology, and human resources. Instructor of the Artillery School of the Ecuadorian Army 2015-2017.



Carolina Enríquez, Transport Captain in the Ecuadorian Army, Logistic Support Command N°9, Bachelor in Military Sciences at the Eloy Alfaro Military School (Ecuador). Knowledge in management, maintenance, and supply of logistic resources. Commander of the Supply Platoon in CL74 "HUANCAVILCA 2012-2014. Commander of light and medium vehicles platoon in CL75 "AUCA" 2014-2016. Logistics platoon commander of the CL72 "SHYRIS" 2017-2020. Platoon Commander support of CAL9 2021.military communications systems, pedagogy, languages, and human resources.



Heidy Tamayo, Second Lieutenant of Communications in the Ecuadorian Army, Infantry Battalion No. 2 "Imbabura," Bachelor of Military Sciences at the Escuela Superior Militar "Eloy Alfaro". Instructor at the Conscripts Instruction Center at the Artillery Brigade N°27 "PORTETE". Knowledge in human rights.

La estadística y sus aportes en la investigación científica en contaduría

Paul Cáceres

<https://orcid.org/0000-0002-5112-1414>

alejandro.caceres@epoch.edu.ec

paul.caceres@iste.edu.ec

Escuela Superior Politécnica del Chimborazo
Riobamba-Ecuador

Alex Santiago Mantilla Miranda

<https://orcid.org/0000-0001-7047-7072>

alex.mantilla@epoch.edu.ec

Escuela Superior Politécnica del Chimborazo
Riobamba-Ecuador

Patricia Mercedes Cepeda Silva

<https://orcid.org/0000-0001-5432-8165>

patricia.cepeda@epoch.edu.ec

Escuela Superior Politécnica del Chimborazo
Riobamba-Ecuador

Pamela Yallico

<https://orcid.org/0000-0002-1443-4577>

ayallico@institutos.gob.ec

Instituto Superior Tecnológico Tres de Marzo
Guaranda -Ecuador

Recibido(16/08/2022), Aceptado(19/12/2022)

Resumen. - La estadística representa los procesos de recolección de información, almacenaje y presentación de datos. De ahí que resulte tan necesario el conocimiento de esta disciplina para el desarrollo y mejora de numerosos procesos industriales, económicos, sociales, políticos y la vida en general. En este trabajo se destacan los elementos de la estadística, desde los principios básicos y conceptos hasta sus aplicaciones en la investigación científica en contaduría, que es una profesión que aporta a los procesos financieros de las personas y las naciones, y que, por tanto, requiere un tratamiento de datos apropiado para la generación de informes y procesos contables, que son actualmente un área de relevancia en la economía nacional. Los principales resultados de esta investigación muestran que la estadística es fundamental para la aplicación de los procesos contables y que la investigación científica en áreas de contabilidad aun es incipiente pero el uso de la estadística puede significar un camino provechoso para ello.

Palabras clave: Estadística descriptiva, tratamiento de datos, análisis estadístico, contaduría.

Statistics and its contributions to scientific research in accounting

Abstract. - Statistics represent the processes of collecting information, storing, and presenting data. Hence, this discipline's knowledge is necessary for developing and improving numerous industrial, economic, social, and political processes and life in general. This paper highlights the elements of statistics, from the basic principles and concepts to their applications in scientific research in accounting, which is a profession that contributes to the financial processes of individuals and nations and which, therefore, requires appropriate data processing for reporting and accounting processes, that is currently an area of relevance in the national economy. The main results of this research show that statistics are essential for applying accounting processes and that scientific research in accounting areas is still developing. Still, the use of statistics can mean a profitable path for it.

Keywords: Descriptive statistics, data processing, statistical analysis, accounting.

I. INTRODUCCIÓN

La estadística tiene sus orígenes en el siglo XV cuando los estados llevaban registros demográficos y económicos de la época, esto significa que se originó en las oficinas de la administración pública. Más adelante la estadística incorporó a las probabilidades, que en un inicio estaba asociada principalmente a los juegos de azar, pero con el avance de la ciencia y con la aparición de las computadoras en la vida común, se fueron vinculando nuevas aplicaciones que permitieron una alianza entre estas dos disciplinas matemáticas. De esta manera, la estadística empieza a formar parte de diferentes profesiones, aportando significativamente a múltiples procesos que contribuyen a la comprensión de variados problemas y situaciones sociales [1].

Desde sus orígenes la estadística se ha vinculado con la contabilidad, aportando de diversas maneras al análisis de datos [2]. En este sentido, la estadística representa una herramienta para la contabilidad, representando una forma de presentar, analizar y procesar datos, para la gestión de procesos económicos y la presentación de informes y resultados [3]. Por su parte, la contabilidad empezó al menos 6000 años antes de Cristo, donde hay evidencias que se dieron los primeros trámites contables, que nacieron originalmente a partir de los cazadores, luego a partir de los agricultores y finalmente con la escritura se formalizaron los procesos contables [4].

Con la aparición de la escritura y los números, la estadística ganó fuerza en sus aplicaciones en diferentes áreas, considerando así datos cuantitativos, que son la fuente de la estadística descriptiva y que son el tipo de información de los procesos económicos que dieron el origen a la estadística [5], [6]. De esta manera el tratamiento de información cuantitativa toma valor [7], y se generan nuevas formas de representarlos y de tratarlos para la comprensión de los eventos asociados [8]. En este sentido, la estadística descriptiva gana fuerza en la gran parte de las profesiones y sus aplicaciones en una amplia diversidad de problemas. Algunas aplicaciones de la estadística descriptiva podrían ser las siguientes:

- Caracterizar productos y servicios
- Describir el comportamiento de un determinado proceso industrial, por ejemplo, describir el comportamiento del volumen en un tanque o de la temperatura de un horno.
- Reconocer la aceptación o no de un determinado producto, a partir de la opinión de los clientes.
- Valorar la puesta en el mercado de un nuevo producto.
- Visualizar datos de forma armónica y clara.
- Mostrar a partir de gráficos el comportamiento de una variable.

Con estas ideas, en este trabajo se realiza una búsqueda bibliográfica para comprender los conceptos asociados a la estadística descriptiva, y valorar sus aportes a la contabilidad, logrando una fusión de disciplinas indispensables para la vida moderna [9]. Además, se pretende vincular estos resultados con las nuevas tendencias informáticas de la estadística y los desafíos que conllevan las nuevas propuestas económicas con el uso de la estadística [10], [11].

La estadística se asocia hoy en día a todas las áreas profesionales, desde las ciencias básicas, ciencias médicas, ciencias de la salud y demás profesiones que cada día utilizan la estadística para la proyección de nuevos productos y servicios que favorezcan la economía, la educación, la salud y demás áreas de la vida social e industrial. Esta integración de la estadística permite que se puedan estimar situaciones de riesgos y situaciones de éxitos en el mercado global, aportando en la creación de nuevos desarrollos científicos e industriales.

El trabajo está compuesto de cuatro secciones, en la primera se han puesto en evidencias los fundamentos que originaron este estudio, en la segunda se dejarán ver los aspectos teóricos del tema, luego se presentará la metodología, seguido de ello se observarán los resultados y finalmente las conclusiones.

II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA ESTADÍSTICA

La estadística es la disciplina encargada de estimar el comportamiento de un suceso a partir de datos imperfectos. Lo que significa que, se encarga de procesar y analizar datos para poder establecer relaciones, generar reportes, gráficos e información que aporten a la comprensión de un evento [12], [13]. En este sentido resulta necesario, conocer algunos conceptos que se describen en esta sección.

A.Elementos de la estadística

Entre los elementos más básicos que componen la estadística están los datos, que representan la parte más importante de todo. En este sentido los datos se pueden clasificar según lo dispuesto en la figura 1, donde se puede observar que existe una amplia variedad de datos que pueden participar de diferentes maneras en el tratamiento estadístico [14], [15].

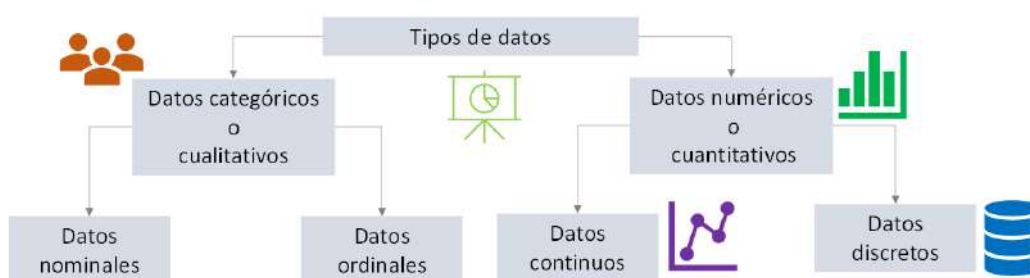


Fig. 1. Tipos de datos de la estadística descriptiva, provenientes de alguna variable asociada a un evento.

Fuente: Propia.

Los datos cualitativos describen una cualidad, y por tanto también pueden llamarse datos categóricos, porque describen categorías, caracterizan la información [16], [17]. También en ocasiones toman valores numéricos, pero no con significancia matemática. Este tipo de datos se pueden clasificar en dos subcategorías:

Datos nominales: este tipo de dato representa unidades discretas y se suelen utilizar para etiquetar variables que no tienen valor cuantitativo. Este tipo de dato no lleva un orden, su significado se mantiene aún si el orden de ellos varía. El ejemplo más común es el estado civil, que puede nominarse como viudo, casado, soltero, divorciado y separado. Como puede observarse, esta nominación no lleva un orden, pero permite clasificar los datos en grupos.

Datos ordinales: este tipo de datos representan también unidades discretas, pero en este caso el orden sí importa y es fundamental. Este tipo de escalas suele emplearse para medir características que no pueden cuantificarse, como la felicidad, la satisfacción del cliente, entre otras. Un ejemplo de este tipo de variables son las medallas que se consiguen en una competencia: oro, plata y bronce, pero también las categorías de calificación de un examen: aprobado, notable, sobresaliente, reprobado.

Por otro lado, se encuentran los datos numéricos o cuantitativos, que son muy comunes en una gran parte de análisis estadísticos, especialmente en la estadística descriptiva. En esta categoría se encuentran dos tipos:

Datos continuos: se refiere al tipo de información que puede tomar un número infinito de valores entre dos valores consecutivos, esto significa que hay una prolongación entre un valor y otro. En esta categoría se pueden mencionar la altura de las personas, las edades, entre otras.

B. Tipos de gráficos estadísticos

Para la representación de datos en contabilidad, se pueden utilizar los gráficos estadísticos en sus diversas formas, siempre que estos se presenten con la debida argumentación. La contabilidad debe ser cuidadosa en la presentación de datos gráficos, ya que en la mayoría de los casos estos son utilizados para mostrar balances a los inversores y cualquier detalle erróneo puede ser perjudicial para el negocio. Además, los gráficos se utilizan en contabilidad para evaluar el comportamiento o contraste entre dos o más variables que ofrecen información, por lo general financiera, de una empresa.

Entre los tipos de gráficos más utilizados se encuentran:

- Histogramas
- Histogramas colocados en paralelo
- Diagramas de barras con datos agrupados
- Diagramas de Pareto
- Gráficos en mosaico
- Diagramas en árbol
- Diagramas de caja
- Diagramas de caja colocados en paralelo
- Gráficos de cuantiles normales
- Gráficos de líneas
- Gráficos de líneas con categorías
- Gráficos de dispersión
- Matriz de gráficos de dispersión
- Gráficos circulares
- Mapas de calor
- Diagramas de tallo y hojas

Para la investigación en contabilidad, se pueden emplear varios tipos de gráficos, en el caso de los histogramas utilizan una sola variable y su distribución gráfica le permite identificar de forma rápida los datos atípicos (fig.2). Por otro lado, los histogramas en paralelo permiten la integración de dos variables, que pueden ser contrastadas en su comportamiento y de la misma forma reconocer los datos atípicos.

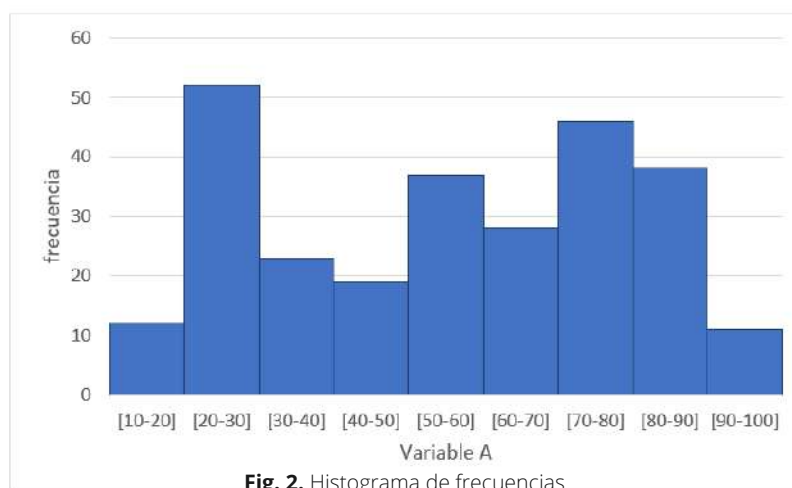


Fig. 2. Histograma de frecuencias.

Fuente: Propia.

Por otro lado, los diagramas de barras y diagramas de barras con datos agrupados pueden representar una o dos variables, respectivamente, y pueden categorizar datos cualitativos de forma muy sencilla, de manera que a simple vista se puedan entender los datos y se pueda comprender la situación planteada (Fig. 3).

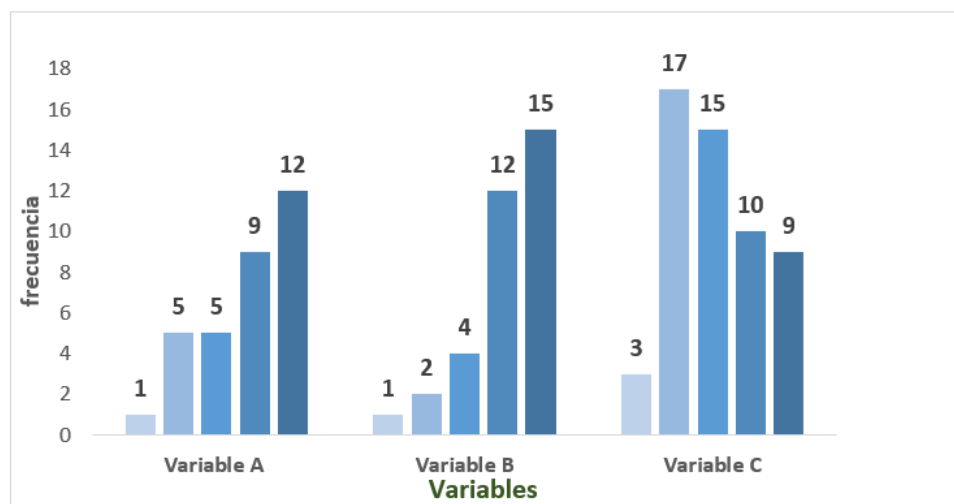


Fig. 3. Histograma con datos agrupados.

Fuente: Propia.

Otro tipo de gráfico utilizado en contabilidad y estadística es el diagrama de Pareto (Fig. 4) que permite mostrar información con una curva de porcentaje acumulado. Se utiliza principalmente en variables categóricas. Es utilizado en el ámbito empresarial con el principio del 80/20 donde se afirma que el 80% de las consecuencias proviene del 20% de las causas. Este tipo de diagramas es igual a un gráfico de barras donde las barras han sido ordenadas de mayor a menor para conocer un orden de prioridad.

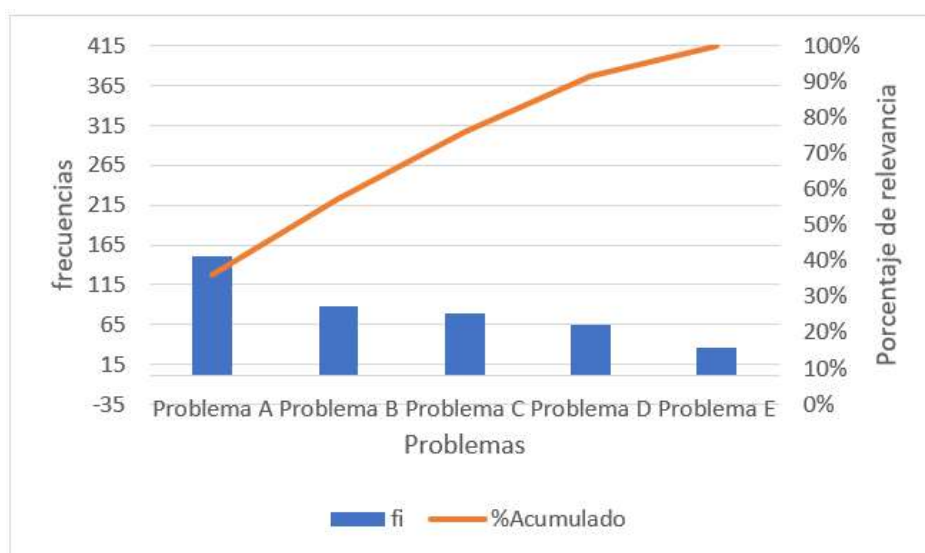


Fig. 4. Diagrama de Pareto.

Fuente: Propia.

Otro tipo de gráfico utilizado en contabilidad y estadística es el diagrama de Pareto (fig. 4) que permite mostrar información con una curva de porcentaje acumulado. Se utiliza principalmente en variables categóricas. Es utilizado en el ámbito empresarial con el principio del 80/20 donde se afirma que el 80% de las consecuencias proviene del 20% de las causas. Este tipo de diagramas es igual a un gráfico de barras donde las barras han sido ordenadas de mayor a menor para conocer un orden de prioridad.

C. La estadística en la investigación científica

En investigación científica uno de los recursos más valiosos es el uso apropiado de la estadística, ya que permite realizar una apropiada toma de datos y procesamientos respectivos para su visualización. En este sentido, pueden distinguirse los siguientes tipos de estadísticas, para datos cualitativos o cuantitativos: estadística descriptiva, estadística inferencial. Para los científicos, el uso de la estadística ofrece una forma de comunicar un mensaje con las probabilidades de suceso de este.

En el caso de la estadística descriptiva, esta se puede definir como aquella que caracteriza una situación, un evento o acontecimiento, y para ello utiliza los datos de una población específica. Este tipo de estadística utiliza información numérica para almacenar información, tratar datos, hacer análisis y mostrar tablas o gráficos que caracterizan dicho problema o situación. Para el tratamiento de información se utilizan datos cuantitativos o cualitativos. Además, la estadística descriptiva utiliza parámetros como las medidas de tendencia central, medidas de posición y medidas de dispersión, así como las distribuciones de frecuencias.

Por otro lado, la estadística inferencial, hace deducciones de una muestra a partir de un conjunto de datos. De esta manera, la inferencia estadística es un campo de estudio que se utiliza para hacer inferencias sobre una población a partir de datos muestrales. El objetivo de la inferencia estadística es ayudar a los investigadores a tomar decisiones sobre una población a partir de datos muestrales. Esto se logra a través de diferentes técnicas estadísticas. Estas técnicas incluyen pruebas de hipótesis, análisis de regresión, análisis de varianza, análisis de componentes principales y otros. Estas técnicas permiten a los investigadores descubrir patrones y relaciones entre las variables y extraer conclusiones acerca de la población a partir de la información de los datos muestrales. Algunas de las características más importantes de la estadística inferencial son:

- i. Se basa en muestras para hacer inferencias sobre una población más amplia.
- ii. Usa diferentes tipos de pruebas estadísticas para evaluar la significancia.
- iii. Establece un nivel de confianza para determinar si una hipótesis es cierta o no.
- iv. Utiliza técnicas como el análisis de regresión para predecir resultados futuros.

De esta manera, se pueden encontrar múltiples aplicaciones, entre las que se pueden mencionar:

1. Estudios de mercado: Los estudios de mercado se basan en los principios de la estadística inferencial para comprender los patrones de comportamiento y las tendencias de los consumidores. Los estudios de mercado se basan en encuestas, análisis de datos y análisis estadísticos para extraer información relevante. Esto ayuda a las empresas a tomar decisiones de marketing informadas.

2. Investigación médica: La estadística inferencial también se utiliza en la investigación médica para extraer conclusiones sobre la eficacia de un determinado tratamiento o medicamento. Los investigadores recopilan datos y usan métodos estadísticos para evaluar si un tratamiento puede ser útil para tratar una enfermedad.

3. Predicción de la demanda: Se utiliza la estadística inferencial para predecir la demanda de un producto o servicio. Esto se logra al analizar datos históricos, comparar los datos con modelos estadísticos y luego pronosticar el comportamiento futuro del mercado. Esto ayuda a las empresas a planificar de manera eficiente sus estrategias de suministro.

4. Ciencias sociales: La estadística inferencial se utiliza en las ciencias sociales para estudiar los comportamientos, actitudes y opiniones de la gente. Los investigadores recopilan datos a través de encuestas y luego usan la estadística inferencial para extraer información significativa.

5. Inteligencia artificial: La estadística inferencial también se utiliza en el campo de la inteligencia artificial para entrenar modelos predictivos. Estos modelos se basan en las estadísticas inferenciales para predecir resultados futuros. Esto ayuda a los desarrolladores a crear sistemas de inteligencia artificial que puedan tomar decisiones informadas.

III. METODOLOGÍA

En este trabajo se han analizado los usos de la estadística en la contabilidad y en la investigación contable, por lo tanto, se han evaluado y analizado un conjunto de documentos académicos y científicos, que permiten conocer cuáles es la relevancia de la estadística en la contabilidad y en las investigaciones asociadas. Se revisó material académico siguiendo los criterios de inclusión descritos.

A. Criterios de Inclusión (CI)

- **CI-1.** Fecha de publicación entre los años 2020-2022.
- **CI-2.** Estudios de bases de datos seleccionadas, como: Dialnet, Scopus, SciELO y Latindex con acceso abierto.
- **CI-3.** Trabajos de investigación primaria de diferentes idiomas, estudios cuantitativos y cualitativos que relacionen las dos variables de interés: estadística y contabilidad.

B. Criterios de exclusión (CE)

- Estudios de revisión sistemática
- Estudios de aplicaciones estadísticas en otras áreas
- Estudios de años previos al 2020, por ser este un estudio para evaluar los aportes actuales de la estadística.

C. Búsqueda bibliográfica

Las palabras clave y descriptores para generar la búsqueda bibliográfica, en español e inglés, fueron:

- Dos raíces: "Análisis estadístico", "Investigación en contabilidad" y "Contabilidad".
- Dos descriptores secundarios: "Estadística descriptiva", "Análisis contable" y "estadística"
- Varios marginales específicos: "stadistic", "accounting" y "research".

Por otro lado, las fuentes de información se obtuvieron siguiendo la Fig. 5. Puede observarse que las fuentes de información permitieron recabar datos importantes pero que debieron ser categorizados para cumplir con los objetivos de la investigación. Esta clasificación facilitó el uso adecuado de la información y la selección de esta para su aporte al estudio realizado.

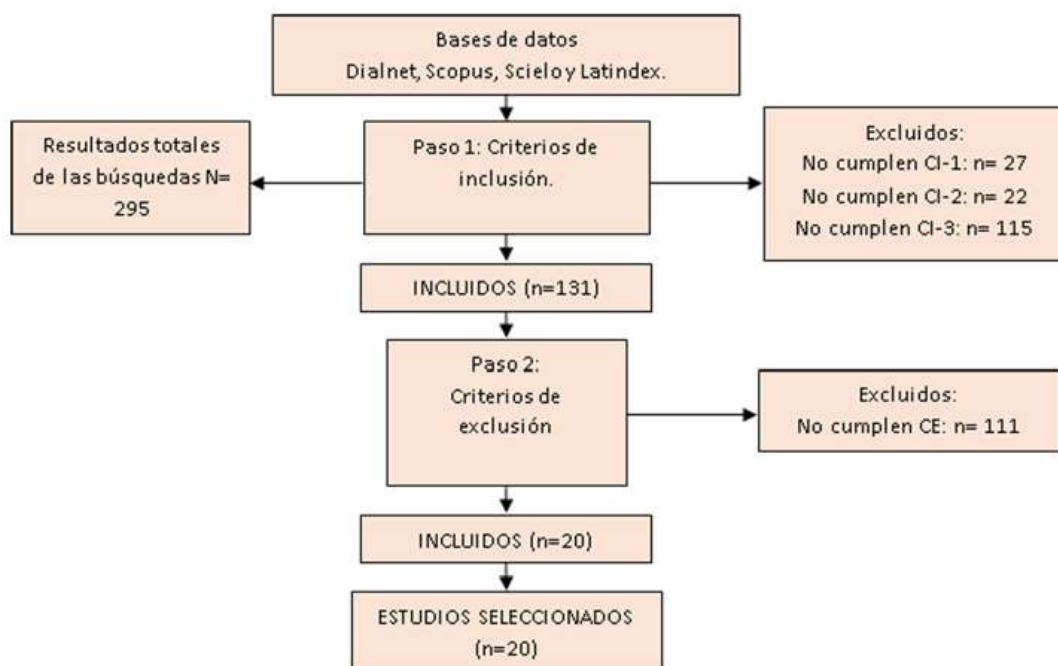


Fig. 5. Descripción de la revisión bibliográfica con el método PRISMA.

Fuente: Propia..

IV. RESULTADOS

Una vez realizada la investigación, es posible describir los siguientes resultados:

- La contabilidad ha abordado grandes sectores en los últimos años, y en países como Estados Unidos, se han reformulado los planes curriculares para incorporar elementos de investigación y de tratamiento de datos para la formulación de trabajos empíricos con argumentación suficiente para publicaciones científicas. Estos cambios en la formación de personal contable han permitido un mejor desempeño de los profesionales y una proyección a largo plazo de la carrera de contabilidad. Además, ha habido un auge de planteamientos multidisciplinarios que impulsan nuevas y mejores normativas.
- En Latinoamérica un gran número de instituciones públicas y privadas ofrecen la carrera de contabilidad, y estas han venido actualizando sus programas para incorporarles herramientas de investigación que deben ir asociadas a la estadística para la formulación de problemas empíricos que fortalezcan la visualización y presentación de datos, así como permiten la argumentación de información y la validación. En la figura 6 se muestran las principales instituciones que ofrecen la carrera de contabilidad en Latinoamérica. Puede observarse que la mayoría de los centros de estudios para la formación de contadores y ramas afines es en Ecuador.

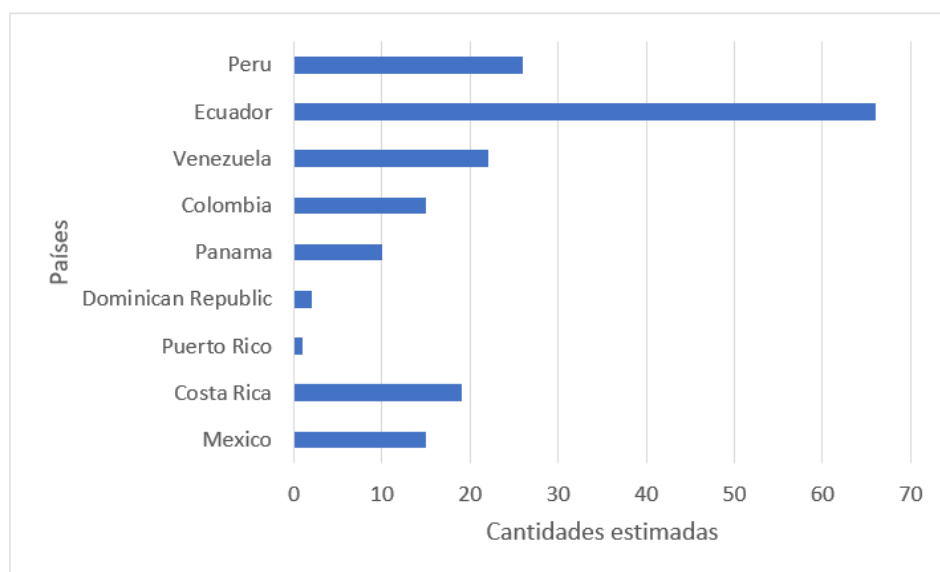


Fig. 6. Países latinoamericanos que ofrecen la carrera de contabilidad.

Fuente: Propia.

Los demás países de la región también ofrecen la carrera de contabilidad, pero no fueron tomados en cuenta en este estudio ya que se pretendía analizar la posición de Ecuador ante los vecinos más cercanos y competitivos.

- La estadística ha venido evolucionando en los últimos años, y se han venido desarrollando cada vez más recurso para su utilización y aplicación en todas las ramas profesionales. Estos usos son muy diversos y han incluido además características software que le permiten abordar escenarios más complejos. En este sentido, la estadística ha representado la base para importantes desarrollos tecnológicos, entre los que se pueden incluir las redes neuronales artificiales y la lógica difusa. Estos elementos son hoy en día fuentes de grandes aportes a la ciencia y los nuevos desarrollos tecnológicos que brindan soporte a numerosas aplicaciones en la medicina, la salud, la educación, la economía y entre otras.
- Los sistemas de financiamiento en la investigación científica latinoamericana siguen siendo uno de los principales obstáculos para impulsar el desarrollo local en áreas de investigación contable, e incluso en todas las áreas profesionales. Esta situación en el desarrollo de investigaciones no permite que se sigan los pasos de procesos estadísticos completos, amplios y eficientes, y por el contrario, promueven estudios estadísticos simples, de bajo análisis y poco alcance, lo cual no es representativo para trabajos de investigación competitivos con otros países. De allí que la investigación en contabilidad no sea un área destacada en el presente.
- La investigación científica en áreas de contabilidad no se ha reforzado en países Latinoamérica, y a pesar de que son múltiples las propuestas para desarrollar áreas de investigación en contabilidad aun no se formalizan y por ende, no se crean las investigaciones pertinentes en esta disciplina profesional. Sin embargo, el desarrollo de proyectos y áreas de investigación en este sentido podría aportar considerablemente a la región y la formación de nuevos profesionales con una nueva visión. En países como Estados Unidos ya se han formalizado las investigaciones en esta área y ha permitido la generación de nuevos espacios de desarrollo.

- El uso de la estadística y la contabilidad en diferentes profesiones puede promover al desarrollo de nuevas propuestas para el mejoramiento de problemas sociales, prevención de situaciones y proyección de propuestas para favorecer a diferentes sectores de la población e integrarlos a la economía, la educación, el arte, entre otras.
- Los nuevos desafíos de la educación online han significado un crecimiento notorio de las universidades en países desarrollados, donde tanto docentes como estudiantes se motivan a la enseñanza online, siendo necesario el uso de herramientas estadísticas más sofisticadas que aporten al tratamiento de información online, esto sumado al desarrollo de nuevas tecnologías como machine learning, big data, y todas aquellas que aporten a la generación de bases de datos para la formulación de nuevas propuestas empresariales, mejoramiento de servicios y mejores soluciones sociales. Estos desarrollos informáticos para la estadística y la contabilidad abren un nuevo camino para la investigación en áreas contables, y a su vez, abren un desafío para el tratamiento de la información y la presentación de prototipos más adaptados a la vida moderna.
- Los métodos predictivos y adaptativos que ofrece a la estadística al tratamiento de información en industrias mineras puede ser la clave para el descubrimiento de nuevos desarrollos tecnológicos que aporten oportunamente al ambiente y a las mejoras de las necesidades sociales, y que a su vez permitan la integración de nuevos usuarios remotos. Estas ideas pueden representar un camino para las propuestas en el ámbito contable y su participación en los desarrollos de ingeniería y de la industria digitalizada.
- La estadística representa una herramienta de apoyo en todas las áreas profesionales, y ofrece una visión de los posibles problemas que puedan analizarse en cada una de ellas, por eso conocer las predicciones y comportamientos de las variables de un suceso puede resultar de gran importancia para la valoración de importantes investigaciones científicas.
- En la investigación científica, la estadística se presenta como una disciplina indispensable para el tratamiento, análisis y presentación de información. Además, ofrece un recurso valioso para la comprensión de datos a través de gráficos, que favorecen la elaboración de resultados más confiables.

REFERENCIAS

- [1] G. Saavedra, L. María, G. Saavedra y E. Miriam, «La investigación contable en Latinoamérica,» Actualidad Contable FACES, pp. 99-121, 2015.
- [2] J. Dutra y L. Flach, «Percepción del profesional contable brasileño sobre operaciones sospechosas de lavado de dinero,» Contabilidad y negocios, vol. 16, n° 31, pp. 7-24, 2021.
- [3] S. I. Logroño-Naranjo, C. R. López-Paredes, M. G. Moyano-Jácome y E. S. Oyague-Bajaña, «El alcance de la teledetección satelital utilizando modelos estadísticos y físicos y sus beneficios en áreas contables,» Revista dominio de las ciencias, vol. 2, n° 25-40, p. 6, 2020.
- [4] S. Rodríguez, Y. Ramírez y R. Castañeda, «Aplicación de métodos estadísticos y software profesionales en la investigación de las ciencias contables y financieras,» Revista dilemas contemporáneos, vol. X, n° 1, pp. 2-16, 2022.
- [5] E. Limache, C. Vidal y M. Piaggio, «La gestión de la información en el aprendizaje de la estadística,» Revista Conrado, vol. 16, n° 72, pp. 222-233, 2022.
- [6] L. Zapata-Cardona, «Colaboración entre Profesores de Estadística e Investigadores: Aportes al Desarrollo Profesional,» Revista Bolema, vol. 34, n° 68, pp. 1285-1303, 2020.
- [7] J. Rivadeneira, M. Barrera y A. De la Hoz, «Análisis general del spss y su utilidad en la estadística».
- [8] Vocación Estadística, abril 2018.
- [En línea]. Available: <http://vocationxestadistica.blogspot.com/2018/04/metodologia-estadistica-en-una.html#:~:text=Los%20elementos%20estad%C3%ADsticos%20m%C3%A1s%20utilizados,y%20el%20inter%C3%A9s%20del%20investigador.>
- [9] C. Batanero, M. Gea, P. Arteaga y J. Contreras, «La estadística en la educación obligatoria: Análisis del currículo español,» Matemática, Educación e Internet, vol. 14, n° 2, pp. 1-14, marzo-agosto 2014.

- [10] A. Benavides, «Muestreo Estratificado,» Universidad de Bio Bio, Chile, 2022.
- [11] J. Calizaya, Y. Alemán, R. Bellido y F. Ceballos, La investigación cuantitativa en las ciencias sociales, Segunda ed., Quito: AutanaBooks, 2022.
- [12] E. Castillo Espitia, «La fenomenología interpretativa como alternativa apropiada para estudiar los fenómenos humanos,» Investigación y Educación en Enfermería, vol. XVIII, n° 1, pp. 27-35, 2020.
- [13] F. Enrique y M. Peña, «Improcedencias al usar la estadística en las investigaciones sociales,» VARONA, Revista Científico-Metodológica, n° 70, pp. 13-19, enero-junio 2020.
- [14] F. Ruz, E. Molina-Portillo y J. Contreras, «ACTITUDES HACIA LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y SU ENSEÑANZA EN FUTUROS PROFESORES,» Cuadernos de Pesquisa, vol. 50, n° 17, pp. 964-980, 2020.
- [15] E. Estrada, N. Gallegos y K. Huaypar, «Calidad metodológica de las tesis de pregrado de una universidad pública peruana,» Universidad y Sociedad, pp. 22-49, 2022.
- [16] N. Veiga, L. Otero y J. Torres, «Reflexiones sobre el uso de la estadística inferencial en investigación didáctica,» Revista Intercambios, vol. 7, n° 2, 2020.
- [17] C. Vásquez y I. García-Alonso, «La educación estadística para el desarrollo sostenible del profesorado,» Profesorado, vol. 24, n° 3, pp. 125-147, 2020.

LOS AUTORES



Paúl Cáceres, Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones con Maestría en Matemática Aplicada, con conocimiento y experiencia en matemáticas y áreas afines tales como: Matemática Básica, Matemática Superior, Matemática Financiera, Cálculo, Estadística.



Alex Mantilla, Ingeniero electrónico en control y redes industriales, magister en sistemas de control y automatización industrial, magister en matemática mención modelación y docencia en la facultad de Administración de Empresas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Patricia Mercedes Cepeda Silva, Ingeniera en Finanzas, Magister en Matemática Mención Modelación y Docencia, docente en las cátedras de Matemáticas y Estadística Inferencial en la Facultad de Administración de Empresas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Pamela Yallico, Ingeniera en Electrónica y Comunicaciones, con conocimiento y experiencia en electrónica, matemáticas y áreas afines. Manejo de plataformas virtuales, curso de especialización en Formador de Formadores; con aptitudes para aprender y trabajar en equipo de manera ética y eficiente.

Métodos multivariantes para la construcción de índices compuestos en la gestión cultural: una revisión de la literatura

Barreiro Linzán Mónica Daniela
<https://orcid.org/0000-0002-8904-9921>
monica.barreiro@utm.edu.ec
Maestría Académica con Trayectoria de
Investigación en Estadística
Instituto de Posgrado
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo, Ecuador.

Useche Castro Lelly
<https://orcid.org/0000-0002-4294-9009>
lelly.useche@utm.edu.ec
Departamento de Matemáticas y Estadística
Instituto de Ciencias Básicas
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo, Ecuador.

Recibido(01/10/2022), Aceptado(9/02/2023)

Resumen. - Toda institución de carácter cultural en el que se presta servicio a usuarios externos, debe ser evaluada frecuentemente, con el fin de conocer la satisfacción del usuario y la gestión de manera óptima; siendo los métodos multivariantes una alternativa en la construcción de índices por la bondad de las técnicas en interrelacionar un conjunto de características simultáneamente. Para iniciar la investigación se procedió a la búsqueda bibliográfica utilizándose palabras claves como "métodos multivariantes", "indicadores compuestos", "gestión pública", "servicio de calidad" y "satisfacción de usuario". Como resultado, las técnicas más encontradas son: regresión lineal múltiple y logística, factorial, análisis clúster, correlación canónica, componentes principales y análisis de correspondencias, la selección de variables y construcción de índices compuestos. Se concluye que los métodos multivariantes son metodologías óptimas para la construcción de índices compuestos, aunque falta una metodología basada en técnicas multivariantes que se aplique en mediciones de gestión cultural de manera estándar.

Palabras clave: Métodos multivariantes, Indicadores compuestos, gestión cultural.

Multivariate methods for constructing composite indices in cultural management:
a literature review.

Abstract. - Every cultural institution providing services to external users must be frequently evaluated to know user satisfaction and management optimally; multivariate methods are an alternative in constructing indexes due to the goodness of the techniques in interrelating a set of characteristics simultaneously. To initiate the research, a bibliographic search was carried out using keywords such as "multivariate methods," "composite indicators," "public management," "quality service," and "user satisfaction." As a result, the most frequently found techniques are multiple linear and logistic regression, factorial, cluster analysis, canonical correlation, principal components and correspondence analysis, variable selection, and construction of composite indexes. It is concluded that multivariate methods are optimal methodologies for constructing composite indexes. However, a methodology based on multivariate techniques applied in cultural management measurements in a standard way still needs to be improved.

Keywords: Multivariate methods, composite indicators, cultural management.

I. INTRODUCCIÓN

Los indicadores compuestos obtenidos mediante métodos multivariantes, son un tipo especial de indicadores que resumen en un solo número la medición de información obtenida mediante la recolección de datos, lo cual genera un llamativo y potencial resultado de idoneidad para la comparación de instituciones, empresas, sistemas, museos y demás espacios para diversas actividades culturales [1], generando gran expectativa al momento de conocer la satisfacción del usuario respecto al servicio y calidad de la gestión cultural que se brinda.

Por otra parte, los procesos de evaluación de las actividades de control y monitoreo son elementos claves en los procesos de gestión, de esta manera, se conoce si se está cumpliendo con los objetivos que persigue la empresa, su misión y si se orienta a la visión que se han planteado, si los servicios ofrecidos son eficientes o se debe mejorar. Para la evaluación, se incluye generalmente medición de la calidad de servicio, satisfacción del usuario y percepción del usuario.

En la elaboración de los índices, las herramientas utilizadas para dichos procesos evaluativos fueron el uso de los cuestionarios de SERVQUAL y SERVPERF las cuales permitieron una evaluación de calidad de servicio y percepción del servicio [2]. Comúnmente, se utilizan índices para cada parámetro que se desea evaluar en una gestión, sin embargo, un índice compuesto, el cual puede ser obtenido mediante metodología multivariante, puede englobar de manera simultánea los factores influyentes en la medición de la gestión cultural.

Sin embargo, sería conveniente identificar una metodología dentro del conjunto de herramientas multivariantes que optimice la creación de índices compuestos, para ello, un primer paso, es la búsqueda de información actualizada de investigaciones científicas, en el cual se formalice el uso de las metodologías multivariantes en la creación de índices compuestos, más específicamente, en los procesos de gestión cultural.

La investigación está estructurada en un resumen, una introducción, un desarrollo, la metodología de la búsqueda de la información, los resultados de la búsqueda, sintetizados en las principales técnicas investigadas y finalmente las conclusiones de los resultados obtenidos.

II. DESARROLLO

A continuación, describiremos las técnicas multivariantes más utilizadas para la construcción de estos índices:

A. Regresión lineal múltiple

El modelo de regresión múltiple (1) es la extensión del modelo de regresión simple a k variables explicativas, siendo la regresión simple el cálculo de la ecuación correspondiente a la línea que mejor describe la relación entre la respuesta y la variable que la explica [3]. El índice se construye mediante el modelo creado en el cual destaca la contribución de cada variable si las demás características permanecen constantes, se observó la aplicación de la técnica en investigaciones de satisfacción del cliente, en el cual, se puede hallar un índice a partir del puntaje obtenido en la aplicación de cuestionarios y la identificación de los factores que influyen en la satisfacción como variables independientes[4], también se utilizó para pronosticar indicadores de negocios y en gestión de culturales [5].

$$y' = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k \quad (1)$$

donde:

x_1, x_2, \dots, x_k son las variables independientes.

b_0 es el punto donde la línea de regresión cruza el eje de las.

b_1, b_2, \dots, b_k son los coeficientes de regresión.

B. Regresión logística

Es un método estadístico (2) que modela hechos o fenómenos cuya variable respuesta es cualitativa, estableciendo la probabilidad de pertenecer a una clase [6]. Para esta técnica, principalmente si es de carácter multinomial, la interpretación del índice se basa no en los coeficientes del modelo obtenido, sino de la predicción de la probabilidad de respuesta en particular en referencia a las características independientes que se comportan como variables de riesgo, por ejemplo, la probabilidad de que un cliente quede satisfecho con un servicio prestado y de esta manera se identifica clientes potenciales [4],[7].

$$p(x) = \frac{1}{1+e^{-(\beta_0+\beta_1x)}} = \frac{e^{(\beta_0+\beta_1x)}}{1+e^{(\beta_0+\beta_1x)}} \quad (2)$$

Conociendo que: $\frac{p(x)}{1-p(x)} = e^{(B_0 + B_1x)}$, donde $\frac{p(x)}{1-p(x)}$ son las probabilidades de éxito.

C. Análisis factorial exploratorio y confirmatorio

El análisis factorial exploratorio (3), se usa para tratar de descubrir la estructura interna de una numerosa cantidad de variables para el estudio [8]; esta técnica es una de las más utilizadas ya que se obtienen combinaciones lineales pero a diferencia de las componentes principales o del análisis de correspondencias su objetivo no es reducir el número de variables de estudio, sino el eje o la componente toma mayor importancia, es decir, la combinación lineal de las variables originales permite describir un comportamiento global de las mismas, es por ello que es una de las técnicas frecuentes en la construcción de índices, se observa en los documentos revisados el predominio de la técnica con rotación Varimax para mejor interpretación de los ejes [4],[9].

$$\begin{aligned} x_1 &= v_{1(1)}F_{(1)} + v_{1(2)}F_{(2)} + \dots + v_{1(m)}F_{(m)} + e_1 \\ x_2 &= v_{2(1)}F_{(1)} + v_{2(2)}F_{(2)} + \dots + v_{2(m)}F_{(m)} + e_2 \\ x_p &= v_{p(1)}F_{(1)} + v_{p(2)}F_{(2)} + \dots + v_{p(m)}F_{(m)} + e_p \end{aligned} \quad (3)$$

donde x_j , F_i , y e_j , contienen la puntuación de una persona en el ítem x_j , el factor común F_j , y el factor específico e_j , m : número de Factores comunes, p : número de ítems, F : factor común, $v_{j(1)}$ peso del factor común i -ésimo asociado a la j -ésima variable observada o ítem, $i=1, 2, \dots, m$; $j=1, 2, \dots, p$; e_j : factor único, $j=1, 2, \dots, p$.

D. Análisis por conglomerados

También conocida como análisis clúster (4) es una metodología de clasificación automática jerárquica, se reduce el número de individuos en grupos homogéneos y significativos, denominados conglomerados. En este punto, es preciso, por un lado, definir una medida de la distancia entre individuos que nos indique su grado de similitud o de semejanza y, por otro lado, determinar una estrategia de agrupación de los individuos para la constitución de las sucesivas clases [10]. Es una técnica que se basa en la clasificación de los individuos o elementos de estudio, por tanto, su enfoque no es como las técnicas anteriormente citadas

x_1, x_2, \dots, x_k son las variables independientes.

b_0 es el punto donde la línea de regresión cruza el eje de las.

b_1, b_2, \dots, b_k son los coeficientes de regresión.

B. Regresión logística

Es un método estadístico (2) que modela hechos o fenómenos cuya variable respuesta es cualitativa, estableciendo la probabilidad de pertenecer a una clase [6]. Para esta técnica, principalmente si es de carácter multinomial, la interpretación del índice se basa no en los coeficientes del modelo obtenido, sino de la predicción de la probabilidad de respuesta en particular en referencia a las características independientes que se comportan como variables de riesgo, por ejemplo, la probabilidad de que un cliente quede satisfecho con un servicio prestado y de esta manera se identifica clientes potenciales [4],[7].

$$p(x) = \frac{1}{1+e^{-(\beta_0+\beta_1x)}} = \frac{e^{(\beta_0+\beta_1x)}}{1+e^{(\beta_0+\beta_1x)}} \quad (2)$$

Conociendo que: $\frac{p(x)}{1-p(x)} = e^{(B_0 + B_1x)}$, donde $\frac{p(x)}{1-p(x)}$ son las probabilidades de éxito.

C. Análisis factorial exploratorio y confirmatorio

El análisis factorial exploratorio (3), se usa para tratar de descubrir la estructura interna de una numerosa cantidad de variables para el estudio [8]; esta técnica es una de las más utilizadas ya que se obtienen combinaciones lineales pero a diferencia de las componentes principales o del análisis de correspondencias su objetivo no es reducir el número de variables de estudio, sino el eje o la componente toma mayor importancia, es decir, la combinación lineal de las variables originales permite describir un comportamiento global de las mismas, es por ello que es una de las técnicas frecuentes en la construcción de índices, se observa en los documentos revisados el predominio de la técnica con rotación Varimax para mejor interpretación de los ejes [4],[9].

$$\begin{aligned} x_1 &= v_{1(1)}F_{(1)} + v_{1(2)}F_{(2)} + \dots + v_{1(m)}F_{(m)} + e_1 \\ x_2 &= v_{2(1)}F_{(1)} + v_{2(2)}F_{(2)} + \dots + v_{2(m)}F_{(m)} + e_2 \\ x_p &= v_{p(1)}F_{(1)} + v_{p(2)}F_{(2)} + \dots + v_{p(m)}F_{(m)} + e_p \end{aligned} \quad (3)$$

donde x_j , F_i , y e_j , contienen la puntuación de una persona en el ítem x_j , el factor común F_j , y el factor específico e_j , m : número de Factores comunes, p : número de ítems, F : factor común, $v_{j(1)}$ peso del factor común i -ésimo asociado a la j -ésima variable observada o ítem, $i=1, 2, \dots, m$; $j=1, 2, \dots, p$; e_j : factor único, $j=1, 2, \dots, p$.

D. Análisis por conglomerados

También conocida como análisis clúster (4) es una metodología de clasificación automática jerárquica, se reduce el número de individuos en grupos homogéneos y significativos, denominados conglomerados. En este punto, es preciso, por un lado, definir una medida de la distancia entre individuos que nos indique su grado de similitud o de semejanza y, por otro lado, determinar una estrategia de agrupación de los individuos para la constitución de las sucesivas clases [10]. Es una técnica que se basa en la clasificación de los individuos o elementos de estudio, por tanto, su enfoque no es como las técnicas anteriormente citadas. Esta técnica, se observó que ha sido aplicada cuando el objetivo de estudio es la segmentación de los clientes con respecto a la satisfacción, luego se identifica los factores mediante la aplicación de un análisis discriminante [4].

$$x = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mp} \end{pmatrix} \quad (4)$$

x_{11} : Valor que presente el primer individuo en la primera variable.

x_{12} : Valor que presente el primer individuo en la segunda variable

x_{ij} : Valor que presente el individuo i-ésimo en la variable j-ésima.

E. Correlación canónica

Formulada para estudiar relaciones entre individuos y hechos, es una técnica basada en la búsqueda de un modelo que relaciona un conjunto de variables dependientes con un conjunto de variables independientes o factores de manera simultánea (5). Se encontró investigaciones, en el cual, la técnica destacar las características más resaltantes en procedimientos de prestación de servicios para evaluación de la gestión mediante indicadores de calidad [11].

La idea básica del análisis de correlación canónica comienza buscando una combinación lineal de las y , tal como

$$U_1 = a_1 y_1 + a_2 y_2 + \dots + a_q y_q \quad (5)$$

y una combinación lineal de las x , tal como

$$V_1 = b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_q x_q$$

F. Análisis de componentes principales

Es una técnica para comprimir un conjunto de datos multivariantes manteniendo solo la información que se considere importante simplificando la descripción de un conjunto de datos y analizar la estructura de las observaciones y de las variables [12]. Se observa que la función (6) del uso de componentes principales en la construcción de índices compuestos es generalmente, como en una etapa previa a la construcción del mismo, ya que como bien es conocido, esta técnica permite reducir la información, generalmente cuando se tiene un gran conjunto de variables, por ejemplo, gran cantidad de preguntas en los cuestionarios y necesitamos depurar aquellas preguntas que no aportan información a la dimensión del estudio o al objetivo principal, de esta manera queda la información necesaria que, por lo general, se aplica un análisis factorial [13].

Se considera una serie de variables (x_1, x_2, \dots, x_p) sobre un grupo de objetos o individuos y se trata de calcular, a partir de ellas, un nuevo conjunto de variables (y_1, y_2, \dots, y_p) correlacionadas entre sí, cuyas varianzas vayan decreciendo progresivamente.

Cada y_j ($j = 1, \dots, p$), es una combinación lineal de las (x_1, x_2, \dots, x_p) originales, es decir:

$$y_j = a_{j1} x_1 + a_{j2} x_2 + \dots + a_{jp} x_p = a_j x \quad (6)$$

siendo $a_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj})$ un vector de constantes, y $x = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_p \end{bmatrix}$

G. Análisis de correspondencias

Se considera una técnica de gran ayuda cuando se investiga con datos cualitativos, como los recolectados en encuestas sociales. [14]. El objetivo del análisis de correspondencias es reducir un espacio generando nuevas variables llamadas factores que describen las diferencias entre los individuos de estudio de acuerdo con las combinaciones de las características originales. Los individuos semejantes estarán cercanos en el espacio, y las modalidades relacionadas presentarán coordenadas similares, así mismo, los individuos más relacionados a ciertas modalidades, se encontrarán cercanos a las mismas, permitiendo así construir tipologías y visualizándose estructuras del conjunto de objetos o individuos y las modalidades de las diferentes características en estudio [15] es también una técnica de reducción de variables (7) pero a diferencia del análisis de componentes principales es adecuado para variable cualitativas, es por ello, que son muy adecuados en cuestionarios cuando no son de escala tipo Likert, y para los que si son de escalas tipo Likert, se analiza según la categoría de respuesta y no con el puntaje obtenido en el mismo [16],[17].

Dadas dos variables aleatorias X e Y , son independientes si:

$$P(X = x_i, Y = y_j) = P(X = x_i) \cdot P(Y = y_j) \text{ para todo } i, j.$$

Por otra parte, la distancia Chi-cuadrado entre las columnas i y j se define, entonces, como

$$d_{ij}^{col} = \sum_{k=1}^r \frac{1}{p_k} (p_{ki} - p_{kj})^2 \quad (7)$$

donde

$$p_k = \frac{n_k}{n}$$

Se denominan tablas de perfiles fila y perfiles columna.

Finalmente, una vez descrita las principales técnicas multivariantes encontradas en la construcción de índices compuestos para la gestión cultural, se aprecia que, como método para la validación de las técnicas predominó los análisis de sensibilidad.

}

Otro punto para resaltar en los procedimientos de construcción de índices para la gestión es el uso de los cuestionarios de SERVQUAL, SERVPERF, diseñadas para la evaluación de calidad de servicio y percepción del servicio, estandarizadas y validadas por expertos, y que las adaptan a un estudio específico validándolas de nuevo para los escenarios, luego se aplican y se analizan a través de métodos factoriales [2].

III. METODOLOGÍA

A. Materiales y métodos

La investigación inicia con la búsqueda de los documentos en modalidad de artículo científico, mediante el uso de descriptores "Composite Management Indicator", "Multivariate analysis", "Cultural Quality" en idioma inglés y español, en los buscadores: "Google Académico", "Springer Link" e "IEEE Xplore".

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión para la búsqueda de información.

Criterios de inclusión.	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios en el campo de técnicas estadísticas y análisis multivariante • Artículos publicados desde 2017, con excepciones de artículos de suma importancia de años anteriores • Artículos científicos, Páginas Web, libros, entre otros publicadas desde el 2017.
Criterios de exclusión:	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios duplicados • Páginas web sin autor • Información publicada antes del 2015 que no pertenezca a un artículo científico o libro
Bases de Datos de Búsqueda:	<ul style="list-style-type: none"> • IEEE Xplore • Springer Link • Google Academic • Google

La búsqueda primaria según los criterios de inclusión y exclusión, permitió la recolección de 45 documentos del cual fueron revisados y leídos uno por uno, descartando aquellos que se consideraron que no guardaban relación con el objetivo principal de la investigación, quedando un total de 21 artículos el cual forma el corpus final de la revisión de la literatura. Luego se procedió a sintetizar la información mediante tablas y se establecieron las técnicas más utilizadas destacándose el objetivo teórico principal de la técnica y la aplicación obtenida.

IV. RESULTADOS

Los métodos multivariantes permiten reducir o sintetizar información sin perder la brindada por las mediciones originales, muy utilizada en el campo de las ciencias sociales [17], según las revisiones bibliográficas se puede obtener a través de técnicas de programación lineal, de optimización, entre otros, inclusive desde el punto de vista teórico, dado por lo que los expertos indiquen, sin embargo, las herramientas estadísticas ofrecen una manera muy óptima de crear índices ya que muchas de estas técnicas multivariantes están basadas en combinaciones lineales de variables originales, entonces esta combinación lineal puede originar una respuesta en una variable dependiente que pudiera ser el propio índice.

Así mismo una vez revisado el corpus conformado por los veinte y uno artículos obtenidos se aprecia y se describen las principales metodologías multivariantes aplicadas. Por una parte, para la construcción de índices compuestos, son varios los métodos y enfoques que existen; métodos basados en programación lineal [18], Fuzzy logit [19], normalización de matrices [20], redes neuronales [21], sin embargo, basando el estudio sólo en metodologías multivariantes para la construcción de índices compuestos se tiene específicamente: Las basadas en combinaciones lineales en el cual los coeficientes de las combinaciones obtenidas permiten detectar los factores más importantes.

Las combinaciones lineales que se forman en técnicas como regresión multivariante, regresión logística, análisis factorial, análisis de componentes principales y análisis de correspondencias tienen la ventaja de ofrecer a través de su coeficientes, las variables originales que más impactan o influyen en el índice a construir y también, sirven para la toma de decisiones en la parte administrativa o gestión cultural, que serán aquellas que tengan los coeficientes más altos ya sean positivos o negativos ya que influirá de manera inversa o directamente proporcional con la variable respuesta.

CONCLUSIONES

Una vez analizado y discutido el corpus o portafolio de veinte y uno documentos relacionados con la aplicación de los métodos multivariantes para la creación de índices compuestos se puede concluir: Tomando en cuenta el tipo de variable o característica que más predomina en la construcción del índice compuesto dependerá la recomendación de la técnica multivariante a usar, si se predomina variables de tipo cualitativo, hay técnicas específicas como el análisis de correspondencia, si predominan las variables cuantitativas, el análisis de componentes principales es el más adecuado, ambas, tienen la finalidad principal de reducir el número de variables sobre todo cuando existen gran cantidad de características y deseamos escoger las principales para la construcción del índice final, que posterior a la aplicación de algunas de las dos técnicas de reducción de datos, se obtiene a través de métodos donde se resalte la importancia de esa combinación y eso lo ofrece los análisis factoriales.

En investigaciones más novedosas enfocan sus estudios a la aplicación mediante la minería de datos sobre todo cuando abundan los datos, técnicas como redes neuronales, sin embargo, a aún falta investigar la metodología, que desventajas hay de estos procedimientos.

Una de las desventajas en estos índices es la revisión o actualización periódica, para reformulación de este índice, porque en este mundo tan cambiante, sobre todo en la gestión pública, pudieran incorporarse o desincorporarse algunas variables que pierdan importancia o al contrario variables que cobren importancia en la construcción de los índices, entonces son índices muy volátiles que tienen que irse renovando cada cierto periodo de tiempo según lo determinen las personas creadoras de estos índices dependiendo de la institución donde se encuentren [21].

Otra desventaja de los índices o una precaución a la hora de crearlos es, que deben ir de la mano con los expertos o con la teoría que contempla esos índices, es decir, se puede crear índices de análisis de factores, pero puede ser que aparezca una variable con un gran predominio en su respuesta pero teóricamente se contradiga y ahí es donde entra en discusión cual puede prevalecer, si es que se está descubriendo una nueva contribución a una variable respuesta o un índice o simplemente es una contradicción con lo que ocurre en los fenómenos de la naturaleza o fenómenos reales, es por ello la importancia de tener precaución con respecto a estos índices compuestos.

En líneas generales los índices compuestos deben estar creados por parte de un especialista en análisis de datos, pero también de la mano de una mesa de quienes van a gerenciar y a hacer uso de estos indicadores para discutir al fin el resultado final.

REFERENCIAS

- [1] P. J. Saturno, "The invasion of compound indicators. Risks and benefits for the management of the quality," *Rev. Calid. Asist.*, vol. 19, no. 6, pp. 407–415, 2004, doi: 10.1016/s1134-282x(04)77732-5.
- [2] M. Márquez and A. Mejías, "Dimensiones De La Calidad Del Servicio Ofrecido Por El Departamento De Ingeniería Industrial De La Unet," *Universidad, Cienc. y Tecnol.*, vol. 17, no. 67, pp. 68–74, 2013.
- [3] A. Carrasquilla-Batista, A. Chacón-Rodríguez, K. Núñez-Montero, O. Gómez-Espinoza, J. Valverde-Cerdas, and M. Guerrero-Barrantes, "Regresión lineal simple y múltiple: aplicación en la predicción de variables naturales relacionadas con el crecimiento microalgal," *Rev. Tecnol. en Marcha*, vol. 29, no. 8, p. 33, 2016, doi: 10.18845/tm.v29i8.2983.
- [4] Á. Gómez Degraes, "Técnicas estadísticas multivariantes para valorar la satisfacción de clientes," 2021, [Online]. Available: https://tauniversity.org/sites/default/files/articulo_tecnicas_estadisticas_multivariantes_para_valorar_la_sat_isfaccion_de_clientes.pdf.

- [8] K. P. Romero, "Análisis factorial exploratorio mediante el uso de las," vol. 5, pp. 903–924, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4453224>.
- [9] C. D. Helfrich, Y. F. Li, D. C. Mohr, M. Meterko, and A. E. Sales, "Assessing an organizational culture instrument based on the Competing Values Framework: Exploratory and confirmatory factor analyses," *Implement. Sci.*, vol. 2, no. 1, 2007, doi: 10.1186/1748-5908-2-13.
- [10] I. Aguado Moralejo, C. Echebarria Miguel, and J. M. Barrutia Legarreta, "Aplicación de un análisis clúster para el estudio de la segregación social en el municipio de Bilbao," *Boletín la Asoc. Geógrafos Españoles*, no. 81, pp. 1–35, 2019, doi: 10.21138/bage.2763.
- [11] C. Joaquín Duany, "ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE INDICADORES DE CALIDAD DEL HOSPITAL 'DR. JOAQUÍN CASTILLO DUANY,'" pp. 1–17, 2013.
- [12] J. Polanco, "El papel del análisis por componentes principales en la evaluación de redes de control de la calidad del aire," *Comun. en Estadística*, vol. 9, no. 2, pp. 271–294, 2016.
- [13] J. A. Arciniegas and A. A. Mejías, "Perception of the quality of services provided by the Military University of Granada based on the Servqualing scale, with factorial analysis and multiple regression," *Comuni@cción*, vol. 8, no. 1, pp. 26–36, 2017, [Online]. Available: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2219-71682017000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- [14] M. Greenacre, *La práctica del análisis de correspondencias*, vol. 44, no. 8. 2008.
- [15] V. H. Algañaraz Soria, "El 'Análisis de Correspondencias Múltiples' como herramienta metodológica de síntesis teórica y empírica. Su aporte al estudio del locus universitario privado argentino (1955-1983)," *Rev. Latinoam. Metodol. las Ciencias Soc.*, vol. 6, no. 1, pp. e003–e003, 2016.
- [16] R. C. Elisondo and M. F. Melgar, "Museos virtuales y enseñanza creativa en arquitectura y diseño," *ReiDoCrea Rev. electrónica Investig. Docencia Creat.*, no. 2016, pp. 154–166, 2020, doi: 10.30827/digibug.57751.
- [17] L. Maria, L. Useche, and C. M. Rodríguez, "A student 's academic index using multivariate techniques To cite this version : HAL Id : hal-03551705," *HAL open Sci.*, 2022.
- [18] M. Ziaabadi, M. Malakootian, M. R. Zare Mehrjerdi, S. A. Jalaei, and H. Mehrabi Boshrahadi, "How to use composite indicator and linear programming model for determine sustainable tourism," *J. Environ. Heal. Sci. Eng.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–11, 2017, doi: 10.1186/s40201-017-0271-5.
- [19] S. M. Famurewa, C. Stenström, M. Asplund, D. Galar, and U. Kumar, "Composite indicator for railway infrastructure management," *J. Mod. Transp.*, vol. 22, no. 4, pp. 214–224, 2014, doi: 10.1007/s40534-014-0051-1.
- [20] A. Deepak, D. Kumar, and V. Sharma, "Developing an effectiveness index for biomedical waste management in Indian states using a composite indicators approach," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 28, no. 45, pp. 64014–64029, 2021, doi: 10.1007/s11356-021-13940-4.
- [21] P. Centorrino, A. Corbetta, E. Cristiani, and E. Onofri, "Managing crowded museums: Visitors flow measurement, analysis, modeling, and optimization," *J. Comput. Sci.*, vol. 53, p. 101357, 2021, doi: 10.1016/j.jocs.2021.101357.

LAS AUTORAS



Daniela Barreiro Linzán, Ing. en Informática y Ciencias de la Computación, Maestrante de la Maestría de Estadística Aplicada mención Estadística de la Universidad Técnica de Manabí.



Lelly María Useche Castro, Ingeniero Industrial, PhD en Estadística. Directora del Grupo de Análisis Multivariante y Estocástico (G.A.M.E). Instituto de Ciencias Básicas. Departamento de matemáticas y estadística. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador.

La depresión como agravante del acné en estudiantes universitarios

Bejarano Lizano Byron Omar
<https://orcid.org/0000-0003-0953-2866>
cnbbyronomar@hotmail.com
Instituto Tecnológico Superior Lezaeta
Ambato - Ecuador

Paul Quinde
<https://orcid.org/0000-0002-4539-5531>
paul_fernando12@hotmail.com
Instituto Tecnológico Superior Lezaeta
Ambato - Ecuador

Rafael Raúl Silador Utrera
<https://orcid.org/0000-0003-0972-1552>
rafe4116@gmail.com
Instituto Tecnológico Superior Lezaeta
Ambato - Ecuador

Richard Santiago Paredes Rodríguez
<https://orcid.org/0000-0001-7155-325X>
santy_p01@hotmail.com
Instituto Tecnológico Superior Lezaeta
Ambato - Ecuador

Francisco Javier Murillo Guaman
<https://orcid.org/0000-0001-8200-9698>
mg.francismurillo84@gmail.com
Instituto Tecnológico Superior Lezaeta
Ambato - Ecuador

Recibido(04/09/2022), Aceptado(17/0/2023)

Resumen. - El acné presenta puntos negros, pápulas, pústulas o quistes en la piel, al hablar del acné se puede decir que es una deficiencia dermatológica muy común en los jóvenes estudiantes, que causa consecuencias emocionales como la depresión. Este estudio observacional descriptivo prospectivo de corte transversal, donde participaron 40 estudiantes de todos los niveles aplicando instrumentos de recolección de datos y posterior interpretación estadística, con una correlación de acné – depresión de 0,723 y edad – acné 0,495 estableciendo una correlación significativa en las variables de estudio. Respecto a las variables de depresión - edad un valor de correlación de 0,372 lo que indica que la depresión y edad son un factor relacionado con la aparición de acné en la población de estudio. Se determinó que el acné tiene relación con el estado psicológico en personas que presentan habitualmente ansiedad provocando un aislamiento social y la aparición de síntomas depresivos.

Palabras clave: Acné, depresión, edad, estado psicológico, consecuencias emocionales.

Depression as an aggravate of acne in university students

Abstract. - Acne presents blackheads, papules, pustules, or cysts on the skin. When talking about acne, it can be said that it is a very common dermatological deficiency in young students, which causes emotional consequences such as depression. This prospective descriptive cross-sectional observational study, where 40 students of all levels participated, applying data collection instruments and subsequent statistical interpretation, with a correlation of acne-depression of 0.723 and age-acne of 0.495, establishing a significant correlation in the variables of the study. Regarding the variables of depression - age, a correlation value of 0.372 indicates that depression and age are related to the appearance of acne in the study population. It was determined that acne is related to the psychological state in people who habitually present anxiety, causing social isolation and the appearance of depressive symptoms.

Keywords: Acne, depression, age, psychological state, emotional consequences.

I. INTRODUCCIÓN

La depresión y ansiedad es muy común en la sociedad actual, aunque con frecuencia no es reconocida ni tratada en pacientes con enfermedades que afectan la piel, siendo el acné la de mayor prevalencia, el acné ha sido ampliamente documentado más no tratado, los pacientes que sufren de dichas enfermedades suelen ser los adolescentes, al hablar del acné se puede decir que es una deficiencia dermatológica muy común en los jóvenes teniendo la capacidad de causar consecuencias emocionales como la depresión y baja autoestima en sus portadores [1]. El acné se presenta en forma de puntos negros, espinillas o quistes en la piel del rostro principalmente, lo que ocasiona una visibilidad imposible de ocultar en las personas que lo padecen, y considerando que la sociedad es cada vez más observadora y crítica con la apariencia, es muy probable que las personas que padecen de acné se sientan en desventaja. Además, esta enfermedad trae consecuencias físicas como la aparición de cicatrices, provocando una gran carga psicológica, que conduce a la ansiedad, la vergüenza y el estigma social, desencadenando síntomas depresivos [2].

Este trastorno afecta a varias glándulas sebáceas de la cara aquejando a todos los grupos de edad, y aunque es más común en la adolescencia, puede ser un factor clave en el desarrollo de diversas enfermedades. Muchos jóvenes utilizan diversos métodos para tratar la enfermedad, pero muchos de ellos no tienen resultados y algunos casos son perjudiciales para la salud y la autoestima. El acné es la afección más común en adolescentes y adultos jóvenes y, probablemente, el principal motivo de visita al dermatólogo. Es una enfermedad inflamatoria crónica y multifactorial, caracterizada por comedones, pápulas y pústulas, que eventualmente pueden convertirse en abscesos, quistes y áreas cicatriciales de la piel [3]. La adolescencia es una etapa caracterizada por cambios físicos, psíquicos y emocionales, afecta el desarrollo tanto del individuo como de la sociedad, por lo que el acné puede llegar a perturbar sus relaciones con quienes lo rodean, debido a que muchas veces aparece en el rostro, se suele afirmar que traen consigo pensamientos de inseguridad en las personas porque probablemente serán criticadas perturbando principalmente su estado de ánimo, provocando que abandonen sus actividades diarias y tengan poco contacto con otras personas experimentando inseguridad en las interacciones sociales [4].

Suele aparecer a partir del desarrollo hormonal, que en algunos casos empiezan sus cambios físicos atravesando la etapa de la adolescencia, pero también hay casos que les dura hasta los 20 años, pero a otras les llega un tipo de acné conocido como el "acné tardío" que resulta a partir de los 25 años en adelante [5]. En el género femenino se presenta un porcentaje más elevado de acné en referencia al masculino por causa de la menstruación y así tiende a oscilar una mayor sensibilidad en ellas teniendo como consecuencia la inflamación del rostro este acné menstrual, hay factores psicológicos como el estrés, obesidad y causas genéticas porque hay casos en familiares ya sea por parte del padre o de la madre que ya pasaron el mismo y esto tiene como resultado un acné hereditario.

II. DESARROLLO

La aparición del acné también está estrechamente relacionada con la dieta occidental (es una dieta cada vez más común caracterizada por un consumo excesivo de carnes rojas, alimentos procesados, grasas saturadas, azúcar refinada y bajo consumo de fibra y vitaminas). Las personas con acné deberían realizar una dieta armoniosa, equilibrar el consumo total de calorías y restringir los carbohidratos refinados (por ejemplo, panificados, galletas, golosinas, refrescos, papas fritas, etc.) [6].

Las heridas en la dermis dejan secuelas y son el producto de la relación de 4 procesos: hiperqueratosis folicular, el incremento de la producción de grasa u otras imperfecciones a la piel estas transitan por las glándulas sebáceas, estimulación de la contestación inmune del huésped por la bacteria *Cutibacterium Acnes* es la principal bacteria que causa el acné y procesos inflamatorios. Además, las propiedades genéticas del sujeto, el contenido de la dieta, el estrés, el Índice de Masa Del cuerpo (IMC), la resistencia a la insulina, conforman componentes que intervienen en la patogenia del acné. Clínicamente, se afirma como heridas de diversos tipos; comedones tanto abiertos como cerrados y nódulos inflamados [7].

Éstos constantemente ocurren en rostro, cuello, tórax, proyección de espalda y proyección de brazos y además tienen la posibilidad de pasar consecuencias como marcas permanentes y/o eritema macular transitorio. Estas heridas cambian el aspecto de los individuos y tienen la posibilidad de tener efectos psicológicos. Los efectos psicológicos mencionados anteriormente se manifiestan en la baja autoestima, percepción de nuestra imagen y salud mental, tendencia al aislamiento social y la soledad, perturbaciones escolares, laborales y sociales, condiciones que pueden derivar en enfermedades como depresión, ansiedad, pensamientos suicidas [8].

Existen estudios realizados por diferentes campañas que han demostrado que el tener acné desarrolla una forma de enfermedad mental, dependiendo cual sea la gravedad, esta patología tiene efectos emocionales negativos y dramáticos y se asocia con mayores niveles de ansiedad. En Estados Unidos, según un estudio realizado por Flores Santander V [4]. En Ecuador, se concluyó que el 56% de las personas con acné padecen trastornos de ansiedad, lo que representa 1,7 veces la tasa de trastornos de ansiedad. Este fue un factor de riesgo asociado con los participantes sin acné. Además, se encontró que el acné era más de cuatro veces más común en los participantes deprimidos en comparación con los participantes sin depresión. En Colombia, la prevalencia de acné en pacientes entre 12 y 18 años es del 90%. Por esta razón, la carga emocional de esta condición ha llevado a Colombia a lanzar una "Campaña de Discriminación del Acné" a partir de 2011, no solo para concientizar a las personas sobre el impacto psicológico de esta condición, sino también para brindar una atención médica amplia a través de una evaluación dermatológica. Finalmente, el desarrollo de este proyecto en la región hospitalaria de la Provincia Atlántica brinda una perspectiva única para determinar la prevalencia de depresión y ansiedad entre adultos jóvenes con acné vulgar en esta región [8].

El estrés puede causar acné, se han demostrado que los estudiantes desarrollan acné durante períodos de estrés, como la temporada de exámenes u otros problemas que los tienen muy preocupados causando así lo antes mencionado. Durante la fase de estrés, nuestro cuerpo produce grandes cantidades de hormonas llamadas andrógenos, y son las encargadas de estimular la producción de exceso de sebo, lo que puede provocar la aparición de manchas u otras imperfecciones. Puede haber otros componentes relacionados como por ejemplo el de que los especialistas no han determinado con precisión el origen de los efectos del estrés [9].

Existen tres tipos de clasificación de lesiones asociadas a la gravedad del acné:

- Acné leve: se presenta en comedones y múltiples pápulas y pústulas.
- Acné Moderado: es el número de lesiones inflamatorias (pápulas y pústulas) es mayor, en algunos casos, acaban dejando huella.
- Acné Severo: se presenta en todo tipo de heridas, entre ellos se encuentran nódulos, quistes y un alto porcentaje de abscesos nodulares, los efectos del acné son más pronunciados que moderados, y las marcas son permanentes que dejan secuelas del mismo [9].

La adolescencia es la etapa de la vida que consta de una serie de acontecimientos que marcan el paso de la niñez a la adultez donde una de las principales dificultades es la magnitud de los cambios físicos. En la edad adulta, el desarrollo físico está asociado con la formación de la identidad, incluida la imagen corporal y la autoestima. En este sentido, el acné es un problema de salud bastante básico para los jóvenes, ya que puede ser la base para la discriminación grupal y conducir a autolesiones debido a los problemas psicológicos que pueden provocarse; todo a causa de compañeros o chistes escolares, comentarios hirientes y exclusión [10].

Se sabe que la imagen corporal es fundamental para mantener una alta autoestima durante la juventud, algunos de los cambios que experimentan los adolescentes en su estructura biopsicosocial son los siguientes: el paso de escuela a escuela, el interés por la interacción de pareja, el crecimiento acelerado y disonante, la definición de su identidad, el razonamiento onnipotente, la explicación de los proyectos de vida y las liberta-

des que hace de la juventud una época de la vida propensa a las crisis depresivas, al suicidio, al consumo de drogas, al abuso, al embarazo no deseado, a las enfermedades de transmisión sexual. De esta forma, conociendo los peligros a los que nos enfrentamos durante la adolescencia se debe prevenir el desarrollo de problemas de autoestima, mantener el control sobre las manifestaciones patológicas y evitar posibles complicaciones y consecuencias [11].

Las personas que sufren depresiones durante la adolescencia y que tienden a desarrollar problemas psiquiátricos durante su adultez temprana se han caracterizado como jóvenes que presentan episodios depresivos más severos, es decir, de mayor duración, con múltiples episodios, mayor número de síntomas e historia de intentos de suicidio. En general, estos casos se caracterizan por elevados niveles de estrés, conflicto y dependencia interpersonal. En el caso contrario, se ha reportado que la presencia de un trastorno mental no afectivo en la adolescencia no predice la presencia de un trastorno afectivo en la adultez temprana. [12].

El acné presenta una condición de la piel caracterizada por los folículos pilosos que se "cubren con sebo y células muertas de la piel", creando los llamados "comedones" o puntos blancos, "comedones" o puntos negros, entre otras cosas. Hay varios remedios disponibles para tratar el acné en la cara de la mayoría de los adolescentes, pero antes de hacerlo, es una buena idea consultar a un especialista para ver si existen problemas de alergia a algún producto recomendado [3].

Por consiguiente, las personas que son más vulnerables a sufrir acné son aquellas que:

- Los familiares, o exactamente padres, hayan sufrido de acné, por lo que aumentan las probabilidades de padecerlo.
- La presión con objetos en la piel, ya sean dispositivos móviles o cascos, entre otros.

Así mismo, es prudente saber qué tipo de piel se tiene y qué cremas son las más adecuadas y seguras, ya que algunos aceites pueden estimular el desarrollo de acné en la cara. Existen varios tipos de acné que aparecen o desaparecen con el tiempo, unos más rápidos que otros, sin embargo, muchos de ellos dejan marcas en el rostro que pueden afectar las emociones de una persona. No solo esto, la aparición de acné puede influir en un bajo autoestima que puede ser acompañado con cambios hormonales. Es tal el impacto que tiene, que perjudica la calidad y estilo de vida de quien lo sufre.

- Los trastornos mentales pueden incidir más que la dieta.
- El bajo consumo de vegetales también provoca su aparición.
- Siendo la autoestima del portador la más afectada [13].

III. METODOLOGÍA

La presente investigación se basó en la revisión documental de varios autores, con la finalidad de establecer una definición científica de las variables de estudio acné y depresión; la misma se plasmó con una tipología descriptiva; el diseño de la investigación fue de campo recabando información de las fuentes primarias, en cuanto a la temporalidad, se recopilaron y analizaron los datos en un único momento siendo esta transversal. Población estuvo comprendida por los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior "Manuel Lezaeta Acharran" mediante una muestra de 40 estudiantes que están divididos entre los 5 semestres de la carrera: Primer semestre cuenta con 14 estudiantes (Mujeres), con una edad desde los 17 años hasta los 27 años. Segundo semestre cuenta con 3 estudiantes (Mujeres), con una edad 18 hasta los 24 años, tercer semestre cuenta con 4 estudiantes (Mujeres), con una edad de 18 años hasta los 40 años de edad. Cuarto semestre cuenta con 7 estudiantes (Mujeres), con una edad de 19 años hasta los 26 años de edad y quinto semestre con 11 estudiantes (10 mujeres, 1 hombre) con una edad de 20 años hasta los 34 años.

Para el estudio, se asigna un método de observación directa, mediante el test “Inventario de Depresión de Beck”, se aplica la técnica de la encuesta mediante 21 preguntas, entre ellas: Me siento triste continuamente y no puedo dejar de estarlo; No me siento especialmente desanimado respecto al futuro; Creo que he fracasado más que la mayoría de las personas; Las cosas no me satisfacen tanto como antes; Me siento culpable en bastantes ocasiones. Son algunas de las opciones que pueden elegir los estudiantes y de esta manera se conocerá que tanto afecta el acné en el estado psicosocial. Es importante realizar esta investigación ya que la depresión es una alteración mental, que se presentará por medio de la tristeza excesiva, falta de interés en diferentes ámbitos de su vida, siendo una enfermedad psicológica que puede permanecer por lo bajo 6 semanas y por lo general está presente en todo el día [15].

Existen diferentes métodos para entender la depresión, tiene un enfoque clínico que se basa en un trastorno de personalidad que afecta a nivel cognitivo, afectivo y temperamental, también tiene un enfoque conductual, entre la falta de refuerzo y conducta y por último la teoría cognitiva que se presta a crear pensamientos negativos donde influye en la realidad de quienes tengan esta enfermedad. Por esta clase de problema existe una disfunción social donde no se enfocará completamente en el trabajo, estudios, relaciones, como en la parte familiar [16].

Se conoce y recomienda que nunca deben ser infravaloradas las personas que tienen depresión ya que puede existir decisiones autodestructivas y por ende existe una incidencia evaluada que llega al 3%, un poco subestimada por los adolescentes que deciden guardarse para sí mismo los problemas, sin acudir a algún familiar o a un profesional por la falta de confianza. Ahora, las preguntas están desarrolladas por cuatro elecciones que serán escogida posterior al análisis de cada estudiante, dependiendo de su vida diaria y como conlleva la lesión junto con un estado mental que por lo general es bajo.

También se aplicó un cuestionario para valorar la Patología del acné, con la técnica de la encuesta donde se estimaron 15 preguntas, estructuradas por el requerimiento de información al encuestado como: género, edad, posteriormente las preguntas sobre que lesiones presenta cada paciente, en que zona y como se ve el estado de la piel por la causa del acné.

El acné tiene relación con el estado psicológico en las que se presenta habitualmente la ansiedad provocando un aislamiento social y la aparición de la depresión. Para mejorar el estado psicosocial se debe iniciar con un tratamiento lo antes posible de esta manera, dará ventajas para evitar las lesiones físicas como psicológicas, volviendo a su vida normal y reestableciéndose en la convivencia entre compañeros y familiares [17]. Si no se trata con rapidez esta enfermedad, puede afectarse la autoestima y por ello afecta la confianza, en el cual este estudio toma interés desde un estrés leve siendo: tristeza, irritación, despreocupación, fatiga, desinterés, insatisfacción, culpabilidad, decepción o una mala alimentación, hasta llegar a un punto severo como es conocido, las autolesiones y el suicidio, ya que se verifica que el paciente se verá afectado por el aspecto de su piel donde tratará de esconder su rostro si presenta lesiones severas en la zona facial siendo la carta de presentación de todo ser humano. En la figura 1(Fig. 1) se presenta una descripción del proceso metodológico empleado en este trabajo.

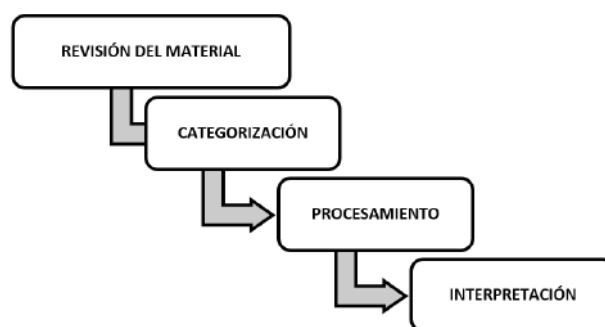


Fig. 1. Proceso metodológico empleado.

Fuente: propia.

Dentro de la investigación planteada se inició con la compilación de información sobre el contexto y la situación actual del sector objeto de estudio, se realizó una selectiva revisión bibliográfica, donde se obtuvieron 185 artículos científicos de bases de datos como SCOPUS, Latindex y Scielo. Seguido a esto se realizó una categorización de la información, estableciendo criterios de inclusión como: conveniencia de variables, similitud de población de estudio, base de datos de mayor relevancia y criterios de exclusión como: fecha de publicación y pertinencia. Una vez realizado este proceso se procedió con el procesamiento de la información se realizó mediante un análisis descriptivo de los resultados, utilizando las medidas de tendencia central y distribución de frecuencias y posteriormente realizar un análisis lógico para interpretar la relación de la depresión como agravante del acné en la población de estudio.

IV. RESULTADOS

Los niveles de depresión encontrados en la población de estudio son manejables puesto que no se enmarcaron en niveles altos, sin embargo, el seguimiento e intervención oportuna deben ser una prioridad para las autoridades institucionales como medida de previsión desde un abordaje de acompañamiento psicológico.

Por su parte el acné se evidencia que se relaciona con la depresión sin embargo también se suman factores como: la alimentación, actividad física, predisposición genética, edad entre otros; un abordaje adecuado conjuntamente con la socialización de estos temas en los estudiantes para su conocimiento y correcto manejo es un factor crítico para mejorar su calidad de vida.

El acné y la depresión son tópicos muy comunes en el segmento debido a las nuevas tendencias alimentarias y el sedentarismo siendo más notorias en la población debido a la hiperconexión digital, que ha desencadenado una afectación en la salud mental del estudiantado.

Tabla1. Género

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Hombre	1	2,5%
	Mujer	39	97,5%
	Total	40	100,0%

Fuente: propia.

Dentro de la población encuestada se establece que el género femenino tiene un peso de 97.5% y el grupo masculino el 2.5% dentro de la muestra estimada en la presente investigación.

Tabla2. Depresión

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Altibajos son considerados normales	22	55.0%	55.0%
	Leve perturbación del estado de ánimo	10	25.0%	80.0%
	Estados de depresión intermitentes	6	15.0%	95.0%
	Depresión moderada	2	5.0%	100.0%
	Total	40	100.0%	

Fuente: propia.

Respecto a la información recopilada la depresión con niveles normales es de 55% en los encuestados, con leves perturbaciones del estado de ánimo un 25%; en el mismo orden de ideas estados de depresión intermitentes, con una presencia del 15% y finalmente con depresión moderada con un 5% en la percepción de los encuestados.

Tabla 3. Acné.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Acné leve	26	65.0%	65.0%
	Acné moderado	10	25.0%	90.0%
	Acné grave	4	10.0%	100.0%
	Total	40	100.0%	

Fuente: propia.

En referencia al acné se puede identificar que dentro de la población existe una presencia de un acné leve con el 65%, acné moderado en un 25% y finalmente acné grave en un 10% de la población encuestada.

Tabla 4. Edad.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	De 17 a 25	28	70.0%	70.0%
	De 26 a 35	10	25.0%	95.0%
	De 36 a 40	2	5.0%	100.0%
	Total	40	100.0%	

Fuente: propia.

Así mismo dentro de la población de estudio se puede evidenciar los rangos de edad como se indica en la tabla 4; de 17 a 25 años el 70%, de 26 a 35 años un 25% y de 36 a 40 años un 5%.

Correlación de variables

La correlación bivariada está basada en la asociación lineal, es decir, que cuando los valores de una variable aumentan los valores de la otra variable pueden aumentar o disminuir proporcionalmente. En este sentido, la Correlación indica el nivel de significación si existe o no relación entre dos variables cuando la significación es menor de 0,05 sí existe correlación significativa. Por otro lado, Sig. (bilateral) es el coeficiente de correlación que oscila entre -1 y +1, cuanto más se aleja de 0, más fuerte es la relación entre las dos variables. El signo (positivo o negativo) de la correlación indica la dirección de la relación [18].

Una vez correlacionadas las variables de estudios se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 5. Correlación.

		DEPRESIÓN	ACNE	EDAD
DEPRESIÓN	Correlación de Pearson	1	0.723**	0.372*
	Sig. (bilateral)		0.000	0.001
	N	40	40	40
ACNE	Correlación de Pearson	0.723**	1	0.495**
	Sig. (bilateral)	.000		0.018
	N	40	40	40
EDAD	Correlación de Pearson	0.372*	0.495**	1
	Sig. (bilateral)	0.001	0.018	
	N	40	40	40
**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).				
*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).				

Fuente: propia.

En virtud de los resultados obtenidos en la aplicación del instrumento de recolección de datos, se observa que existe correlación muy alta entre la depresión y el acné (Correlación de Pearson = 0.723**, N = 40, p < 0,01).

Se estima que existe una correlación alta entre la depresión y edad (Correlación de Pearson= 0.372*, N = 40, p < 0,01).

Se identifica que existe una correlación muy alta entre edad y acné (Correlación de Pearson= 0.495**, N = 40, p < 0,01).

CONCLUSIONES

1. Se determinó que el acné tiene relación con el estado psicológico en personas que presentan habitualmente la ansiedad dando un aislamiento social y la aparición de la depresión.
2. La correlación del acné y la depresión presenta un valor de 0,723 en los estudiantes del Instituto "Lezaeta", destacando la influencia del acné en la depresión.
3. La edad y el acné se correlacionan con un valor de 0,372 lo que indica que la edad es un factor relacionado con la aparición acné en la población de estudio.
4. Los niveles de la depresión en los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior "Lezaeta" fueron los siguientes: normales en un 55% en los encuestados, con leves perturbaciones del estado de ánimo un 25%; en el mismo orden de ideas estados de depresión intermitentes, con una presencia del 15% y finalmente con depresión moderada con un 5% en la percepción de los encuestados.
5. El acné es una de las dermatosis más frecuentes, esta enfermedad multifactorial debe valorarse y tratarse por un profesional en la materia con la finalidad de evitar repercusiones tanto en el aspecto social como en el psicológico, por tal motivo es importante un diagnóstico y manejo oportuno.
6. La intervención psicológica mejorar directa o indirectamente el desempeño cognitivo de los individuos con depresión. por lo que un enfoque integrado que aborde tratamientos farmacológicos y no farmacológicos podría dar mejores resultados en el paciente, acompañada de una adecuada remisión de los individuos que padecen depresión.

REFERENCIAS

- [1] E. Arévalo García, D. A. Castillo-Jimenez, I. Cepeda, J. López Pacheco, and R. Pacheco López, "Ansiedad y depresión en estudiantes universitarios: relación con rendimiento académico," *Interdiscip. J. Epidemiol. Public Heal.*, vol. 2, no. 1, 2019, doi: 10.18041/2665-427x/ijeph.1.5342.
- [2] N. Hazarika, "Acne vulgaris: new evidence in pathogenesis and future treatment modalities," *Journal of Dermatological Treatment*, vol. 32, no. 3. 2021. doi: 10.1080/09546634.2019.1654075.
- [3] C. Mayslich, P. A. Grange, and N. Dupin, "Cutibacterium acnes as an opportunistic pathogen: An update of its virulence-associated factors," *Microorganisms*, vol. 9, no. 2. 2021. doi: 10.3390/microorganisms9020303.
- [4] D. R. Basantes Moscoso, L. del C. Villavicencio Narvaez, and L. F. Alvear Ortiz, "Ansiedad y depresión en adolescentes," *Rev. Boletín Redipe*, vol. 10, no. 2, pp. 182–189, 2021, doi: 10.36260/rbr.v10i2.1205.
- [5] D. Velastegui-Hernández and M. Mayorga-Lascano, "ESTADOS DE ÁNIMO, ANSIEDAD Y DEPRESIÓN EN ESTUDIANTES DE MEDICINA DURANTE LA CRISIS SANITARIA COVID-19," *Psicol. UNEMI*, vol. 5, no. 9, 2021, doi: 10.29076/issn.2602-8379vol5iss9.2021pp10-20p.
- [6] E. Bagatin, T. H. P. De Freitas, M. C. Rivitti Machado, B. M. Ribeiro, S. Nunes, and M. A. D. Da Rocha, "Adult female acne: A guide to clinical practice," *Anais Brasileiros de Dermatologia*, vol. 94, no. 1. 2019. doi: 10.1590/abd1806-4841.20198203.
- [7] S. M. Gallitano and D. S. Berson, "How Acne Bumps Cause the Blues: The Influence of Acne Vulgaris on Self-Esteem," *International Journal of Women's Dermatology*, vol. 4, no. 1. 2018. doi: 10.1016/j.ijwd.2017.10.004.
- [8] P. Duru and Ö. Örsal, "The effect of acne on quality of life, social appearance anxiety, and use of conventional, complementary, and alternative treatments," *Complement. Ther. Med.*, vol. 56, 2021, doi: 10.1016/j.ctim.2020.102614.
- [9] R. Bibliográfica, M. T. Corea, and D. Cid, "La depresión y su impacto en la salud pública Depression and its impact in public health," *Rev Méd Hondur*, vol. 89, no. 1, 2021.
- [10] M. T. Corea Del Cid, "La depresión y su impacto en la salud pública," *Rev. Med. Hondur.*, vol. 89, no. Supl.1, 2021, doi: 10.5377/rmh.v89isupl.1.12047.
- [11] R. E. Ochoa Martínez, R. Castro Torres, N. Vázquez Orozco, M. G. Carrillo Toledo, G. R. Capetillo Hernández, and L. Lecourtois Amézquita, M Tiburcio Morteo, "Ansiedad y depresión en estudiantes del área de la salud de la Universidad Veracruzana," *Cienc. en la Front. Rev. Cienc. y Tecnol. la UACJ.*, no. 1, 2021.
- [12] G. Pardo A., A. Sandoval D., and D. Umbarila Z., "Adolescencia y depresión," *Rev. Colomb. Psicol.*, no. 13, 2004, doi: Dialnet-Adolescencia Depresion-3246301.
- [13] J. M. A. Defez and M. L. M. Martínez, "Acné," *Pediatr. Integr.*, vol. 25, no. 4, 2021, doi: 10.1016/s1761-2896(16)80894-8.
- [14] Y. H. Say et al., "Modifiable and non-modifiable epidemiological risk factors for acne, acne severity, and acne scarring among Malaysian Chinese: a cross-sectional study," *BMC Public Health*, vol. 21, no. 1, 2021, doi: 10.1186/s12889-021-10681-4.
- [15] E. Platsidaki and C. Dessinioti, "Recent advances in understanding Propionibacterium acnes (Cutibacterium acnes) in acne [version 1; referees: 2 approved]," *F1000Research*, vol. 7. 2018. doi: 10.12688/f1000research.15659.1.
- [16] B. Dréno, S. Pécastaings, S. Corvec, S. Veraldi, A. Khammari, and C. Roques, "Cutibacterium acnes (Propionibacterium acnes) and acne vulgaris: a brief look at the latest updates," *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, vol. 32. 2018. doi: 10.1111/jdv.15043.
- [17] D. E. Castillo, S. Nanda, and J. E. Keri, "Propionibacterium (Cutibacterium) acnes Bacteriophage Therapy in Acne: Current Evidence and Future Perspectives," *Dermatology and Therapy*, vol. 9, no. 1. 2019. doi: 10.1007/s13555-018-0275-9.
- [18] M. E. Rendón-Macías, M. Á. Villasís-Keever, and M. G. Miranda-Novales, "Descriptive statistics," *Rev. Alerg. Mex.*, vol. 63, no. 4, pp. 397–407, 2016, doi: 10.29262/ram.v63i4.230.

Aplicación de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje de Biología en la educación secundaria

Pico Tuarez Alexandra Claribel
<https://orcid.org/0000-0003-3046-5127>
clarydani3@hotmail.com
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo, Ecuador

Oviedo Mirna C.
<https://orcid.org/0000-0003-3058-4345>
mirna.oviedo@cutm.edu.ec
Departamento de Ciencias Biológicas
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo, Ecuador

Recibido(23/10/2022), Aceptado(17/03/2023)

Resumen. - La educación ha sufrido importantes cambios en los últimos años, estas transformaciones involucran el uso de las tecnologías en su amplio espectro, desde recursos metodológicos hasta herramientas de acceso para el desarrollo de la academia. En este sentido, el manejo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la enseñanza resulta de gran importancia tanto para estudiantes como docentes, de manera que sea posible integrar conocimientos con habilidades, que produzcan un egresado más apto a los retos del mundo moderno. En este trabajo se analizó el desempeño estudiantil a partir del uso de las herramientas digitales desde una perspectiva de clase invertida, con el fin de conocer qué tan oportuno y útil es el uso de herramientas TIC para la enseñanza y qué tan cómodo es para el aprendizaje. Los principales resultados muestran que el uso de las TIC resulta de gran interés para los estudiantes y aporta significativamente al aprendizaje.

Palabras clave: Tecnologías de la información y comunicación, herramientas digitales, enseñanza-aprendizaje, educación secundaria.

Application of ICT in the teaching-learning process of Biology in secondary education

Abstract. - Education has undergone significant changes in recent years. These transformations involve technologies in their broad spectrum, from methodological resources to access tools for the development of academia. In this sense, the management of Information and Communication Technologies (ICT) in teaching is of great importance for both students and teachers so that it is possible to integrate knowledge with skills, which produces a graduate more apt to the challenges of the modern world. This paper analyzed student performance using digital tools from a flipped class perspective to know how convenient and valuable ICT tools are for teaching and how comfortable it is for learning. The main results show that using ICT greatly interests students and contributes significantly to learning.

Keywords: Information and communication technologies, digital tools, teaching-learning, secondary education.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la educación ha sufrido transformaciones desde su concepción inicial, cuando se pensaba en la formación de profesionales técnicos para la industria, para el desempeño de funciones específicas dentro del sector empresarial, específicamente en los tiempos de la primera revolución industrial [1]. Más adelante la educación se fue integrando a las necesidades sociales, destacando la educación a distancia y mucho más adelante, la educación online, donde se dieron a conocer recursos informáticos para la transferencia de conocimientos. Por largo tiempo se mantuvo la educación presencial como la principal forma de impartir conocimiento, y en este espacio, se usaron, también por largos años la enseñanza a través de clases magistrales, con el uso del pizarrón como principal recurso de enseñanza. Sin embargo, las situaciones presentadas por el COVID-19 en años recientes, incitaron de forma involuntaria a la creación de nuevas estrategias de enseñanza, que no solamente incluían la educación online, sino que, además, incluían recursos y metodologías educativas que distintas a las que se venían implementando previo al período de pandemia. Entre estas metodologías, surgieron, casi por necesidad, las estrategias del uso de las TIC para la enseñanza, que se convirtieron en un abanico de opciones para el desarrollo de material didáctico y educativo que impulsa al aprendizaje de los estudiantes, sea de manera presencial o de manera online [1].

La educación online ofrece un camino ventajoso para aquellas personas que desean trabajar y estudiar, pero además para aquellas personas que eligen el aprendizaje autodidacta y la auto gestión del tiempo [2]. Sin embargo, en los países latinos la situación puede no ser tan aventajada, ya que el acceso a internet es un privilegio que no todos tienen, y son muchos los hogares que carecen de recursos que le faciliten el acceso a internet, además las empresas proveedoras no ofrecen calidad de servicios, por lo que, si bien se accede al internet, este puede no ser de buena calidad y estabilidad. Según el Banco Mundial [3], Ecuador es el noveno país más pobre de Latinoamérica, por 0,1 puntos de diferencia con relación a Venezuela, a pesar de que este último enfrenta una situación política de más de 20 años. Esto significa que Ecuador, a pesar de tener escasa población en comparación con otros países, y de tener un sistema político estable, presenta altos grados de pobreza, por lo que, existe un gran número de personas que no tienen acceso a la educación, y en este mismo orden de ideas, existe un importante número de personas que no tienen acceso al internet de forma permanente [4].

Durante el período de pandemia, la situación en Ecuador fue realmente crítica, y se posicionó como el primer país de Latinoamérica con el mayor índice de deserción escolar. En principio porque los niños no tenían acceso al internet, pero más allá de eso no tenían equipos de computación, y adicional a todo, tenían situaciones familiares precarias, necesidades familiares muy grandes, sin desligar la situación de salud que debían enfrentar. Sin embargo, una de las principales situaciones que debió enfrentar el estudiantado fue la falta de preparación docente para las metodologías de enseñanza online, ya que no se contaba con la debida capacitación y no había tiempo para afrontar retos tan grandes [5]. El uso de herramientas digitales se verá mejor aprovechado si existe una motivación importante de parte del docente, pero si este profesional no tiene la preparación adecuada, resultará más complejo encontrar el camino a la motivación, la innovación y la integración de conocimientos [6].

El uso de las TIC en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología ha despertado en el estudiante mayor motivación, debido al enfoque integrador del contenido, lo estimulan a investigar, indagar, debatir, redescubrir, reflexionar, es decir, pensar en el por qué y el cómo de lo que sucede en la vida natural, a la vez que influye en el desarrollo de pensamientos, comportamientos, y formación profesional [7]. Algunos autores [7] muestran que la educación y aprendizaje (23.2%) son la tercera razón que justifican el uso del internet en los hogares del Ecuador. Por lo tanto, la innovación en el campo académico resulta imprescindible para mejorar los estándares educativos. Otros autores [8], [9], afirman que los indicadores de la calidad de la educación en los países desarrollados tecnológicamente se enfocan en evaluar cómo las instituciones reducen la creciente brecha digital para mejorar sus relaciones sociales y laborales.

Las herramientas digitales cumplen un papel interactivo y creativo a la hora de enseñar, permiten que los estudiantes se mantengan incentivados durante una clase, además ayudan en la comprensión de los conceptos por las animaciones que se pueden hacer, facilitando la comprensión de los temas, como es el caso de la comprensión de los modelos anatómicos en tres dimensiones, en movimiento, que recrean la función real del organismo [10]. Todas estas alternativas son posibles gracias al uso apropiado de la tecnología, que brinda una oportunidad de recrear aspectos visuales, que facilitan el aprendizaje.

Por lo antes expuesto, en este trabajo se dará a conocer la contribución de las tecnologías de información y comunicación, en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura de biología de bachillerato. Para esto se realizó un proceso de evaluación de las metodologías de enseñanza y aprendizaje en la unidad educativa fiscal Olga Patricia Acebo Álvarez de la ciudad de Manta, Ecuador, con el fin de aplicar las herramientas informáticas en la asignatura de biología, y conocer la postura de docentes y estudiantes, evaluar el aprendizaje efectivo, las dinámicas de grupo de trabajos, la motivación y las habilidades que puedan mostrar en el proceso académico [11].

II. DESARROLLO

Algunos autores afirman que el uso de las TIC en el aula promueve el desarrollo del pensamiento crítico, habilidades, actitudes y valores que fortalezcan la formación científica [10]. Es notorio que la sociedad necesite, con urgencia, la formación en las futuras generaciones de un sistema de valores de vida, donde la preservación de la naturaleza y de la salud humana, sean la condición importante para alcanzar la sostenibilidad del desarrollo de la humanidad [12], [13]. Es notorio que los países menos desarrollados son aquellos que aún no han conocido ni explotado las herramientas TIC para su progreso social, educativo, profesional e industrial [14]. El impacto de las TIC en el área de la educación ha establecido nuevas formas de recibir, procesar y crear conocimiento, por lo que nos vemos rodeados en una sociedad, en la que la información está a la orden del día colmando de nuevos conocimientos, que se están creando diariamente. Por lo tanto, estudiantes y docentes requieren estar actualizados para enfrentar estos nuevos desafíos, especialmente aquellos quienes buscan alcanzar un grado académico más alto, donde se amplíen y desarrollen los conocimientos para la solución de problemas profesionales, disciplinarios e interdisciplinarios, y además de adquirir los instrumentos básicos que los habiliten como investigadores en un área específica [15], [16].

El uso de las herramientas tecnológicas resulta de gran importancia en el sector académico, ya que, el modelo educativo va a estar estableciendo cambios, especialmente porque vivimos en un mundo globalizado, en el que el conocimiento no corresponde solo con aquello que se sabe, sino además, con abrir en el individuo la capacidad de separar habilidades que permitan establecer saberes desconocidos, en un universo cambiante y competitivo como en el que estamos y durante el pasar de los años las condiciones de trabajo en las aulas han sido perenne; es razón que las diferentes instituciones educativas se han interesado en equipar de tecnología, así como de renovar los procesos de planificación de los docentes, ya que hay que estar a la par de los estudiantes porque son partes de un mundo de diversos medios tecnológicos [17].

Algunos autores afirman que la influencia entre el uso de las TIC y el aprendizaje, tienen una correspondencia directa y significativamente entre la utilización de la tecnología y el aprender en educación. Otros estudios revelan que el uso de las TIC y el aprendizaje en el área de Ciencia y Tecnología en instituciones educativas privadas mantienen una correspondencia directa demostrativa, moderada y claramente conveniente entre las fuentes proporcionadas. Estudios previos muestran que las herramientas tecnológicas [18], [19], son indispensables para la formación de profesionales, más aún en la industria digitalizada donde los procesos, sistemas y gestiones implican un alto uso de herramientas tecnológicas. Si bien es cierto, que el uso irresponsable de las tecnologías puede ocasionar daños en los estudiantes, la promoción de las tecnologías en la enseñanza, como herramienta complementaria a la formación académica, puede significar además del conocimiento propio de una asignatura, el conocimiento sobre el uso adecuado de estas herramientas, de tal manera, que una apropiada formación académica con herramientas tecnológicas, puede fomentar el desarrollo profesional, las habilidades técnicas y la responsabilidad en la comunicación digital [4], [20].

Sin duda el mundo de la tecnología ha dado un giro inesperado ya que las TIC se ha venido manifestando en distintos ámbitos de la vida, tales como el educativo y personal, pero tienen un gran obstáculo, el cual es superar las barreras de desigualdad [22]. De la misma forma, las TIC buscan fortalecer la enseñanza añadiendo un plus a la educación, al proporcionar material didáctico interactivo. Uno de los grandes retos de las TIC en la enseñanza de las ciencias como la Biología es la ansiedad que provoca no lograr crear materiales didácticos, puesto que no poseen conocimientos en dichas áreas, las tecnologías de información y comunicación han beneficiado la educación en cuanto a que se han logrado crear y encontrar materiales interactivos y dinámicos para que el estudiante sea motivado [23].

III. METODOLOGÍA

La perspectiva de esta investigación es de tipo de campo - descriptivo. La muestra seleccionada corresponde a los alumnos del segundo de bachillerato de la Unidad Educativa fiscal Olga Patricia Acebo Álvarez, que corresponde a 64 estudiantes, por lo que se formaron dos grupos para el desarrollo de este trabajo; uno experimental y otro de control. El tema que se eligió para comparar los métodos de enseñanza-aprendizaje fue mitosis. La clase en el grupo de control se planificó considerando que era necesario demostrar habilidades de pensamiento científico a fin de lograr flexibilidad intelectual; espíritu crítico; curiosidad acerca de la vida y con respecto a los seres vivos y el ambiente; trabajo autónomo y en equipo, colaborativo y participativo; creatividad para enfrentar desafíos e interés por profundizar los conocimientos adquiridos y continuar aprendiendo a lo largo de la vida. Además, se buscaba que el estudiante desarrollara habilidades cognitivas con relación a experimentar con los procesos de Mitosis y demostrar la transmisión de la información genética a la descendencia por medio de la fertilización. También se consideró incluir la metodología de la clase invertida y las estrategias de gamificación y resolución de ejercicios, para finalmente hacer una discusión socializada para el reforzamiento de los conceptos. Por otro lado, en el grupo experimental, se pretendía brindar un espacio interactivo entre el docente y el estudiante, generando así diferentes subactividades en las que los estudiantes pudieron intervenir, preguntar, participar, atender y entender lo que el docente menciona. Además, se utilizaron las mismas herramientas metodológicas de resolución de ejercicios, clase invertida y gamificación, pero tomando en cuenta el uso de las TIC en cada caso (Fig.1).

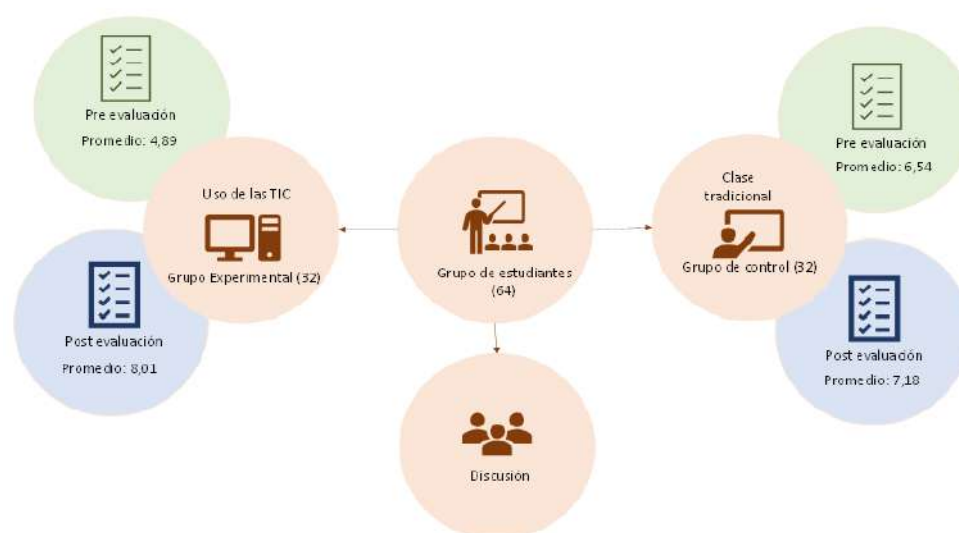


Fig. 1. Aspectos metodológicos de los grupos de control y experimental.

Fuente: propia.

Una vez finalizada la implementación de la propuesta diseñada, se aplicó el post test que, disponía de diez preguntas; las ocho primeras eran las mismas que se aplicaron en el pre-test; y las dos preguntas restantes, tenían un mayor grado de complejidad. El cuestionario fue presentado a los estudiantes de los dos grupos mediante la página web "Socrative" para mayor facilidad y rapidez en la recolección de calificaciones, y a la vez, mayor supervisión ante posible plagio por parte de los estudiantes.

IV. RESULTADOS

Una vez realizada la actividad, se pudieron obtener los siguientes resultados:

Tomando en cuenta varios parámetros hay que hacer énfasis en el uso las Tecnologías de Información y Comunicación como creador de contenidos y refuerzos académicos, pues estas le permitirán al docente hacer de su clase más dinámica, creativa y participativa manteniendo despierta la atención del estudiante. La asignatura de Biología de acuerdo con el pensum educativo es compleja por lo que el docente busca las oportunidades de escoger los contenidos precisos, así como las actividades que le faciliten al estudiante el aprendizaje haciendo la asignatura sea fácil y dinámica.

La estrategia didáctica que incluye el uso de las tecnologías informáticas en las clases de biología permitió que el promedio de notas de los estudiantes subiera significativamente. Se observó que, en la evaluación previa a la estrategia en el grupo experimental, las calificaciones eran medias a bajas con un promedio de 4,89 puntos, sin embargo, estas notas se elevaron al aplicar las TIC de forma oportuna y coherente en el proceso de enseñanza, alcanzando un promedio de 8,01 puntos. Los resultados en el grupo de control estuvieron también importantes, obteniendo en promedio 6,54 puntos antes del experimento y 7,18 después del experimento. Alcanzando un aumento significativo, pero por debajo del encontrado en el grupo experimental.

Por otro lado, teniendo en cuenta que, con el grupo de control se trabajó adoptando la misma metodología tradicional observada en el período de diagnóstico, no se logró observar el mismo progreso que obtuvo el grupo experimental en base a su nivel de aprendizaje, ya que, luego de haber repasado la temática, obtuvieron un promedio general de 7,18 puntos sobre un total de 10 puntos en su calificación, detectándose básicamente las mismas falencias antes analizadas en el pre test.

Se evidenció que el progreso es totalmente satisfactorio, puesto que las dos últimas preguntas que conformaron el post test consideradas de mayor complejidad superaron el 50% de aciertos obtenidos, equivaliendo a un total de 21 y 18 respuestas correctas correspondientemente. De la misma manera, observando también el progreso en las preguntas relacionadas a la definición de Mitosis y a las etapas que se presentan en esta.

Por consiguiente, se trabajó y se cumplió con el diseño de la propuesta para el proceso de enseñanza – aprendizaje del tema de ciclo celular de la Mitosis, que constó de distintas actividades, juegos interactivos, resolución de ejercicios y la implementación de plataformas virtuales educativas.

De acuerdo con los resultados de la propuesta implementada a los estudiantes y comparando otras conclusiones de distintos autores referente a la aplicación de las TIC en el proceso de enseñanza – aprendizaje de Biología en la educación secundaria, se pudo verificar que durante el desarrollo de la aplicación se encontró que para poder gestionar los contenidos multimedia, el docente debería estar en capacidad de crear nuevos marcadores, para lo cual necesitará una adecuada capacitación en el uso de determinadas herramientas de desarrollo, para que el docente pueda actualizar y dinamizar el material de estudios. Dada la facilidad de comunicación que se tiene hoy en día, se recomienda orientar a los padres de familia sobre las ventajas de uso que tienen los smartphones, despejando la idea común que se tiene de este recurso como fuente de distracción y ocio. Del mismo modo que en el área de las Ciencias Naturales, la experiencia del uso de recursos didácticos TIC, esta puede extenderse al ámbito de las otras áreas que conforman los diferentes campos de saber. Asumiendo como una responsabilidad del docente competitivo, actualizarse.

CONCLUSIONES

Se cumplió con el objetivo que responde a la ejecución de la propuesta de la investigación, teniendo en cuenta lo establecido en la guía de planificación desarrollada por cada sesión de clase, considerando que la aplicación de la estrategia se desarrolló en dos sesiones diferentes. De esta forma, se evaluó satisfactoriamente la eficacia de la implementación de la propuesta, mediante los instrumentos de recolección de datos como el pre test y post test, que demostraron la efectividad, contribución y congruencia de esta.

Para lograr tener a alumnos capacitados en el manejo y uso de las TIC, primero se debe contar con profesores con actitudes positivas hacia las nuevas tecnologías de la información y comunicación, que se comprometan hacia la adopción de estas herramientas, ya que, si no se logra que el educador crea y muestre disposición en conocer dichas herramientas, se tendrá como resultado, una resistencia y rechazo hacia la adopción de las TIC en los procesos educativos.

Si bien, el trabajo de investigación realizado se basó en el desarrollo de una estrategia metodológica para aplicar las Tecnologías de la Información y Comunicación en el proceso de enseñanza-aprendizaje de Biología en los estudiantes de segundo de bachillerato de la Unidad Educativa Olga Patricia Acebo Álvarez, del cantón Manta, esta puede ser adaptable a cualquier otra área y tema de estudio, dependiendo de las características y necesidades del grupo de estudiantes con el que se trabaje, así como también puede ser implementada en un entorno virtual o presencial. Todas las acciones y/o decisiones han de ser encaminadas hacia el bien común de mejorar el nivel de aprendizaje de los estudiantes, fomentando así una educación de calidad. Es necesario que los docentes estén en formación continua, no solo para aprender a usar las herramientas tecnológicas sino para involucrarlas en el proceso de enseñanza-aprendizaje y motivar el uso de estas en los estudiantes, como una forma de aprender y desarrollar habilidades útiles para la vida moderna.

Es importante que la educación se proyecte como una alternativa competitiva en diversos países, que no esté aislada y sectorizada en cada país, sino que la formación de los estudiantes esté siempre a la vanguardia de los países industrializados, con el fin de promover la calidad de la educación y del futuro profesional.

REFERENCIAS

- [1] S. Basu, G. Biswas, P. Sengupta, A. Dickes, J. Kinnebrew y D. Clark, «Identifying middle school students' challenges in computational thinking-based science learning.» Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 2016.
- [2] M. Bodin y M. Winberg, «Role of beliefs and emotions in numerical problem-solving in university physics education,» Physical Review Special Topics – Physics Education Research, 2012.
- [3] Banco Mundial, «Banco Mundial,» 17 agosto 2022. [En línea]. Available: <https://www.bancomundial.org/es/home>.
- [4] Y. Bosse y M. Gerosa, «Why is programming so difficult to learn: Patterns of Difficulties Related to Programming Learning Mid-Stage,» ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, p. 41, 2016.
- [5] E. Brewster, « Modeling theory applied: Modeling Instruction in introductory physics,» American Journal of Physics, pp. 25-37, 2008.
- [6] Infobae, «La pobreza estructural de América Latina: el gráfico que muestra cómo está la región,» 11 02 2023. [En línea]. Available: <https://www.infobae.com/america/america-latina/2022/12/28/la-pobreza-estructural-de-america-latina-el-grafico-que-muestra-como-esta-la-region/>.
- [7] M. Caballero, «Computation across the curriculum: What skills are needed,» de Proceedings of the Physics Education Research Conference, MD, 2015.
- [8] A. Dyson y C. Genishi, «On the Case: Approaches to Language and Literacy Research,» de Teachers College Press, New York, 2005.
- [9] P. Hamerski, D. McPadden, M. Caballero y P. Irving, «Students' perspectives on computational challenges in physics class,» Physics Education, pp. 1-27, 2022.

- [10] S. Kapon, A. Laherto y O. Levryni, «Disciplinary authenticity and personal relevance in school science,» Science Education, p. 102, 2018.
- [11] T. Jenkins, «On the Difficulty of Learning to Program,» de 3rd Annual LTSN-ICS Conference Proceedings, Londres, Reino Unido, 2002.
- [12] P. Irving, M. Obsniuk y M. Caballero, «P3: A Practice Focused Learning Environment,» European Journal of Physics, p. 055701, 2017.
- [13] P. Irving, D. McPadden y M. Caballero, «Communities of practice as a curriculum design theory in an introductory physics class for engineers,» Phys. Rev. Phys. Educ. Res, p. 16, 2020.
- [14] D. Weintrop, E. Beheshti, M. Horn, K. Orton, K. Jona, L. Trouille y U. Wilensky, «Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms,» Journal of Science Education and Technology , p. 25, 2016.
- [15] UNESCO, «Ingeniería para el desarrollo sostenible,» 2021. [En línea]. Available: <https://agenda2030lac.org/es/organizaciones/unescoingenieria-para-el-desarrollo-sostenible>.
- [16] M. Caballero, K. Fisler, R. Hilborn, C. Romanowicz y R. Vieyra, «American Association of Physics Teachers,» The American Association of Physics Teachers, College Park, 2020.
- [17] R. Serbanescu, P. Kushner y S. Stanley, «Putting computation on a par with experiments and theory in the undergraduate physics curriculum,» American Journal of Physics, 2011.
- [18] M. Fidan y M. Tuncel, «Integrating augmented reality into problem-based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education,» Computers & Education, p. 142, 2019.
- [19] H. Fennell, J. Lyon, A. Magana, S. Rebello, C. Rebello y Y. Peidrahita, «Designing hybrid physics labs: combining simulation and experiment for teaching computational thinking in first-year engineering,» IEEE, 2019.
- [20] A. Schweinle, D. Meyer y J. Turner, «Striking the Right Balance: Students' Motivation and Affect in Elementary Mathematics,» The Journal of Educational Research, p. 99, 2006.
- [21] K. Kennedy, «Top 10 Smart technologies for Schools: Artificial Intelligence,» 2002. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=MMjVjirQuFM>.
- [22] A. Gupta, A. Elby y B. Danielak, «Exploring the entanglement of personal epistemologies and emotions in students' thinking,» Physical Review Physics Education Research, p. 14, 2018.
- [23] Ministerio de Educación del Ecuador, 2020. [En línea]. Available: <https://educacion.gob.ec/>.
- [24] L. Malmi, J. Sheard, P. Kinnunen, K. Simon y J. Sinclair, «Theories and Models of Emotions, Attitudes, and Self-Efficacy in the Context of Programming Education,» de Proceedings of the 2020 International Computing Education Research Conference, New Zelanda, 2020.

Calidad del sueño en estudiantes de ingeniería

Cristhian Martínez
<https://orcid.org/0000-0003-1778-0560>
cristhianmoises00@hotmail.com
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo-Ecuador

Ana Chacón
<https://orcid.org/0000-0003-3382-5407>
anaidesch@gmail.com
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo-Ecuador

Víctor Márquez
<https://orcid.org/0000-0003-2458-2415>
victore.maqrquez@gmail.com
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo-Ecuador

Recibido (09/08/2022), Aceptado (10/01/2023)

Resumen. - En este trabajo se determinaron los factores que influyen en la calidad de sueño de los estudiantes de ingeniería, mediante un estudio descriptivo y trasversal. Se empleó una muestra aleatoria de 930 estudiantes de ingeniería eléctrica (124), mecánica (184), civil (281), industrial (164) y química (177). Se utilizó el cuestionario auto aplicable de Índice de Calidad de Sueño de Pittsburg que valora siete componentes hipotéticos, añadiendo al análisis algunas variables socioeconómicas. Se observó que un número importante de estudiantes duermen menos de 8 horas, además se pudo confirmar que la calidad del sueño afecta el desempeño académico ocasionando necesidades médicas, también se pudo constatar que las situaciones socioeconómicas, la carrera, el sexo, la edad y el lugar de procedencia son factores determinantes en la calidad de sueño.

Palabras clave: Calidad de sueño, estudiantes universitarios, variables socioeconómicas.

Sleep quality of engineering students at the Universidad Técnica de Manabí

Abstract. - In this work, the factors that influence the sleep quality of engineering students were determined through a descriptive and cross-sectional study. A random sample of 930 electrical (124), mechanical (184), civil (281), industrial (164), and chemical (177) engineering students was used. The self-applied Pittsburgh Sleep Quality Index questionnaire was used, which assesses seven hypothetical components, adding some socioeconomic variables to the analysis. It was observed that a significant number of students sleep less than 8 hours. In addition, it was possible to confirm that sleep quality affects academic performance, causing medical needs. It was also possible to verify that socioeconomic situations, career, sex, age, and place of origin determine the sleep quality.

Keywords: Sleep quality, university students, socioeconomic variables.

I. INTRODUCCIÓN

La alteración del sueño puede provocar problemas físicos o mentales, que van a influir directamente en la calidad de vida y desempeño diario de las personas. De allí la importancia de tener un diagnóstico certero a través de instrumentos confiables, válidos y sensibles. El índice de Calidad de sueño de Pittsburgh (ICSP), se encarga de determinar alteraciones en la calidad del sueño durante el último mes [1]. En este sentido, son varios factores que pueden influir en el tiempo necesario de sueño, pueden ser atribuidos al mismo individuo, al ambiente y a la sociedad. Estudios previos [2] han demostrado que cada persona tiene una necesidad de sueño diferente, algunas requerirán entre 6 y 8 horas, mientras es posible que otras requieran más de 8 horas. Esta necesidad de horas de descanso no tiene una explicación aun validada. Investigaciones respecto a la calidad de sueño y su relación con la calidad de vida, indican que desviaciones del dormir de siete a ocho horas, se asocian a mala calidad de vida con alteraciones en la salud física y psicológica [2].

Estudios asociados a la calidad de sueño [3] evaluaron las propiedades clínicas y clinimétricas del ICSP durante un período de 18 meses con “buenos” durmientes (sujetos sanos, $n = 52$) y “pobres” durmientes (pacientes deprimidos, $n = 54$; pacientes con trastornos del sueño, $n = 62$). Se obtuvieron medidas aceptables de homogeneidad interna, consistencia (confiabilidad test-retest) y validez. Una puntuación ICSP global >5 arrojó una sensibilidad diagnóstica del 89,6% y una especificidad del 86,5% ($\kappa = 0,75$, $p \leq 0,001$) para distinguir entre buenos y malos durmientes. Los autores concluyen que las propiedades clinimétricas y clínicas del índice sugieren su utilidad tanto en la práctica clínica psiquiátrica, como en actividades de investigación.

En América Latina la literatura muestra que son varios los estudios que se han realizado sobre la calidad de sueño de la población universitaria utilizando el índice de Pittsburg. Entre estas investigaciones realizadas se encuentra un estudio realizado con estudiantes universitarios de medicina en una universidad del Perú [4], esta investigación tuvo como objetivo analizar el grado de somnolencia y calidad de sueño, utilizando como instrumentos la escala de somnolencia de Epworth e Índice de Calidad de Sueño Pittsburgh. Los autores concluyeron que existe relación entre calidad de sueño y somnolencia en los estudiantes considerados en la investigación.

Otro de los estudios en los que la población de análisis fueron estudiantes universitarios [5], fue el desarrollado en la universidad de Quintana Roo en la ciudad de México, cuyo propósito fue la caracterización del patrón del sueño y la percepción de hábitos de sueño de 467 estudiantes, tomando en cuenta factores de corte socioeconómico. Los autores encontraron evidencia de que la mala calidad de sueño puede afectar el rendimiento académico de los universitarios.

En Ecuador no existen mayores estudios realizados acerca de la medición de la calidad de sueño en estudiantes universitarios, pero si se han realizado estudios relacionados en el área de la medicina, considerando como variables la calidad de sueño y la calidad de vida. En esta línea de investigación se encuentra un estudio realizado en el año 2021 [6], cuyo propósito fue determinar si existe una asociación entre la calidad del sueño, valorada según el Índice de Calidad de Sueño de Pittsburg y el World Health Organization Quality of Life (WHOQOL-BREF), medida genérica de calidad de vida diseñada por la Organización Mundial de la Salud, y a partir de esta relación determinar cuáles son los factores de riesgo más prevalentes para trastornos de sueño en estudiantes de medicina. La principal conclusión a la que llegan los autores es que existe una correlación inversa entre los resultados de la escala ICSP y los resultados de la WHOQOL-BREF sobre calidad de vida, observando que el principal problema asociado a la calidad de vida y calidad del sueño, son los factores relacionados a la salud física.

Con el propósito de determinar la calidad del sueño en estudiantes universitarios se realizó el presente estudio, tomando como escala de medida el Índice de Calidad del Sueño de Pittsburg, considerando variables socioeconómicas que caracterizan la población de estudio. Esta investigación fue desarrollada en la Universidad Técnica de Manabí, con estudiantes de las carreras de ingeniería.

En la primera parte del presente estudio se aborda la problemática con un enfoque general citando varios estudios desarrollados en el contexto mundial, regional, nacional y universitario. En la segunda parte del trabajo se exponen los referentes teóricos que sustentan la investigación y los resultados de esta. En el siguiente apartado se describen la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación, a continuación, se muestran los resultados obtenidos y el análisis de estos. Finalmente se exponen las principales conclusiones obtenidas como producto de la investigación.

II. DESARROLLO

A. Funciones del sueño

Respecto a la función del sueño en el ser humano hay dos teorías, de alguna forma opuestas: por una parte, se le atribuye una función fisiológica esencial y por otra, se le asigna una función más bien adaptativa (un estado conductual de inactividad) [7]. Estas dos hipótesis han sido ampliamente debatidas y todo hace pensar que no son mutuamente excluyentes.

B. Trastorno del sueño

Los trastornos del sueño constituyen un grupo numeroso y heterogéneo de procesos. Muchas enfermedades cursan con algún trastorno del sueño, como uno más de sus síntomas. De hecho, es difícil encontrar alguna enfermedad que no altere el sueño nocturno o la tendencia a dormir durante el día [8]. Por ello, las clasificaciones han buscado tipificar los trastornos del sueño como enfermedades propias y no sólo como síntomas. Sin embargo, el modo de clasificar tales enfermedades se ha basado, en la mayoría de los casos, en el síntoma principal y por ello los autores las dividen en insomnios, hipersomnias, parasomnias, entre otras.

C. Horas necesarias de sueño y calidad del sueño.

La calidad del sueño es un concepto psiquiátrico difícil de abstraer y por lo tanto difícil de medir. Sin embargo, según el ICSP, ésta puede ser medida por medio de los siguientes componentes: Calidad del sueño subjetiva, latencia del sueño, duración del dormir, eficiencia del sueño habitual, alteraciones del sueño, uso de alguno de entre 14 de medicamentos para dormir y disfunción diurna.

Varios autores de la National Sleep Foundation [9], elaboraron recomendaciones sobre la duración del sueño según grupo etario y establecieron un intervalo ideal de duración de sueño, especificando el número de horas mínimo que se debe cumplir y el número de horas que no debemos exceder en cada subgrupo. Los intervalos se definieron considerando: estado de bienestar, salud física, salud emocional y función cognitiva. En el caso de Adolescentes (14-17 años), la duración del sueño adecuado es 8-10 horas; en Adultos jóvenes (18-25 años) y adultos de edad media (26-64 años), la duración de sueño adecuada es de 7-9 horas.

D. La calidad del sueño y la salud

La Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que el sueño es un proceso biológico complejo, debido a que mientras se duerme, las funciones del cerebro y cuerpo siguen activas para mantener saludable al cuerpo, por lo tanto, si no hay un sueño de calidad las consecuencias pueden conllevar daño a la salud mental y física, al pensamiento y a la vida diaria.

Estudios relacionados con trastornos del sueño, salud y calidad de vida [10] concluyen que una buena calidad de sueño es tan importante para la salud como practicar actividad física y una alimentación saludable, el dormir bien permite llevar adecuadamente las actividades cotidianas, disminuyendo el estrés y equilibrando el estado de ánimo, por lo que los espacios de descanso son fundamentales a pesar de un ritmo de vida acelerado. Contrario a esta condición, el no dormir las horas adecuadas, tener trastornos de sueño al dormir, disminuye la calidad de sueño y aumenta la probabilidad de tener afectaciones en la salud.

Entre los principales problemas de salud que puede presentar la persona por no tener una buena calidad del sueño, están:

- Insomnio.
- Síndrome de apnea obstructiva del sueño.
- Hipersomnia y narcolepsia.
- Bruxismo.
- Parasomnias.
- Síndrome de piernas inquietas.
- Depresión y problemas sociales.

E. Índice de calidad de Pittsburg

El Índice de Calidad de Sueño de Pittsburg (ICSP) creado en el Departamento de Psiquiatría de la Universidad de Pittsburgh en el año 1988, con la intención de calcular la calidad del sueño y sus cambios clínicos durante el mes previo a la aplicación del cuestionario. El Cuestionario está constituido por 19 preguntas de autoevaluación y 5 preguntas dirigidas al compañero de cama o de habitación, donde las primeras 19 preguntas, se emplean para la elaboración de la puntuación global. Las preguntas están agrupadas en 7 componentes, entre ellos: calidad subjetiva de sueño, latencia de sueño, duración de sueño, eficiencia de sueño habitual, perturbación del sueño, uso de medicación hipnótica y disfunción diurna (somnolencia).

F. Dimensiones del Índice de Calidad del Sueño de Pittsburg

El ICSP contiene 19 reactivos que evalúan 7 dimensiones relacionadas con la calidad de sueño. Dichas dimensiones son:

- Calidad de sueño subjetiva, se refiere a que tan “bien” o “mal” las personas perciben que duermen.
- Latencia de sueño, se refiere al tiempo que toma quedarse dormido a partir de que se comienza a intentarlo.
- Duración del dormir, es decir, la cantidad de horas que duermen.
- Eficiencia de sueño, se refiere al porcentaje de tiempo que se duerme respecto al tiempo que se pasa en cama acostado.
- Alteraciones de sueño, implica síntomas de insomnio, apnea y dificultad para mantener el sueño por mencionar algunos.
- Uso de medicamentos para dormir
- Disfunción diurna, se refiere a la sensación de somnolencia durante el día y las posibles dificultades que se pueden presentar a causa de esta.

III. METODOLOGÍA

La población objeto de estudio estuvo conformada por estudiantes de la Facultad de Ciencias, matemática, física y química de la Universidad Técnica de Manabí, dentro de la cual se imparten las siguientes ingenierías: mecánica, química, eléctrica, civil e industrial. En tal sentido, se aplicó un muestreo estratificado aleatorio, con una muestra de 930 estudiantes de los diferentes semestres, quedando distribuida según se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Muestra estratificada por Carrera.

Carrera	Frecuencia	Porcentaje
Ing. Eléctrica	124	13,30%
Ing. Mecánica	184	19,80%
Ing. Civil	281	30,20%
Ing. Industrial	164	17,60%
Ing. Química	177	19,00%
Total	930	100,00%

Se plantearon las variables que había que cuantificar, de tal forma que se resumieron en un solo instrumento que fue aplicado a los estudiantes. Para el primer objetivo se plantearon preguntas referentes a la información sociodemográfica como: edad, sexo, estado civil, promedio de notas, número de hermanos, número de hijos, procedencia, condición laboral, ingreso familiar, nivel educativo de los padres, tipo de institución de educación secundaria en la cual estudió, procedencia, tipo de vivienda, con quién vive. Para el segundo objetivo se empleó la puntuación global del índice de calidad de sueño de Pittsburgh, el cual está dividido en 7 componentes. Para resolver el tercer objetivo se aplicó la estadística descriptiva multivariante con la idea de crear nuevas variables de forma más resumida que determinen como es la relación entre las variables sociodemográficas y el ICSP.

Para la aplicación de la encuesta se realizó mediante los principios éticos de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, las encuestas fueron anónimas, la participación fue voluntaria, los resultados se muestran de forma global, de tal manera, respetando confidencialidad de la información.

IV. RESULTADOS

Para el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en el estudio, se ha considerado los siete indicadores del Índice de Pittsburgh como son, calidad subjetiva del sueño, latencia de sueño, duración del sueño, eficiencia de sueño habitual, perturbaciones de sueño, uso de medicación hipnótica y disfunción diurna. Luego de este análisis descriptivo individual de los indicadores, se realiza una interpretación general con la respectiva discusión de los resultados.

A. Calidad subjetiva del sueño

La Tabla 2 contiene las frecuencias reportadas para cada categoría subjetiva de sueño. De acuerdo con los resultados predomina una calidad subjetiva bastante buena (487 encuestados) seguida por muy buena (253 encuestados).

Tabla 2. Distribución por calidad subjetiva del sueño.

Calidad Subjetiva de Sueño	fs	fr	fsa	fra
C1. Bastante Buena	487	0,52	487	0,52
C2. Muy Buena	253	0,27	740	0,8
C3. Bastante Mala	142	0,15	882	0,95
C4. Muy Mala	48	0,05	930	1

B. Latencia de sueño

En cuanto a la latencia del sueño, la Tabla 3 muestra las categorías en que se dividió esta variable. Predomina la latencia 1 con 448 encuestados que dijeron estar en dicha categoría, seguida de la latencia 0 con 270 encuestados.

Tabla 3. Distribución por latencia de Sueño

Latencia de Sueño	fs	fr	fsa	fra
C1. 0	270	0,29	270	0,29
C2. 1	448	0,48	718	0,77
C3. 2	188	0,2	906	0,97
C4. 3	24	0,03	930	1,00

C. Latencia de sueño

En cuanto a la latencia del sueño, la Tabla 3 muestra las categorías en que se dividió esta variable. Predomina la latencia 1 con 448 encuestados que dijeron estar en dicha categoría, seguida de la latencia 0 con 270 encuestados.

Tabla 4. Distribución por la duración del sueño

Duración de Sueño	fs	fr	fsa	fra
C1. > 7	281	0,30	281	0,3
C2. 6 - 7	442	0,48	723	0,78
C3. 5 - 6	140	0,15	863	0,93
C4. < 5	67	0,07	930	1,00

D. Eficiencia de sueño habitual

La Tabla 5 incluye las frecuencias de aparición de cada categoría de eficiencia del sueño. Ampliamente predomina la categoría 0, seguida por la 1. Es notable que 135 encuestados resultaron en la categoría 3 (la de menor eficiencia).

Tabla 5. Distribución por las eficiencia del sueño

Duración de Sueño	fs	fr	fsa	fra
C1. 0	528	0,57	528	0,57
C2. 1	176	0,19	704	0,76
C3. 2	91	0,10	795	0,85
C4. 3	135	0,15	930	1,00

Los datos demuestran las proporciones de cada categoría de eficiencia del sueño. Aunque la categoría 0 es mayoritaria (57 %), las restantes no son para nada despreciables en la muestra (43 %).

E. Perturbaciones de sueño

De la Tabla 6 se deduce que la mayoría de los encuestados resultan con algún tipo de perturbación del sueño. 890 de ellos resultaron estar en las categorías 1,2 o 3, mientras que solo 40 resultaron estar en la categoría 0.

Tabla 6. Distribución por Perturbaciones de sueño.

Duración de Sueño	fs	fr	fsa	fra
C1. 0	40	0,04	40	0,04
C2. 1	674	0,72	714	0,77
C3. 2	212	0,23	926	1,00
C4. 3	4	0,00	930	1,00

F. Uso de medicación hipnótica

La Tabla 7 contiene las frecuencias de los encuestados que reportar haber necesitado de medicación hipnótica para dormir. 722 dijeron no haberla necesitado (categoría 0), mientras que 208 las requirieron en alguna medida.

Tabla 7. Distribución por el uso de medicación hipnótica.

Duración de Sueño	fs	fr	fsa	fra
C1. 0	772	0,78	722	0,78
C2. 1	155	0,17	877	0,94
C3. 2	40	0,04	917	0,99
C4. 3	13	0,01	930	1,00

Los datos señalan un 78% de los encuestados en la categoría 0 de medicación hipnótica y un 22% en las categorías 1, 2 o 3.

G. Disfunción diurna

En cuanto a la disfunción diurna, la Tabla 8 muestra las categorías en que se dividió el bajo nivel de enfoque y energía para realizar diferentes tareas durante el día que perciben los encuestados causados por la falta de sueño. Predomina la categoría 2 con 429 encuestados que dijeron sentir disfunción diurna menos de una vez a la semana, seguida de la latencia 0 con 296 encuestados que declararon no haber sentido ninguna vez en el último mes este mal.

Tabla 8. Distribución para Disfunción Diurna.

Disfunción diurna	fs	fr	fsa	fra
C1. 0	296	0,31	296	0,31
C2. 1	429	0,46	725	0,77
C3. 2	167	0,18	892	0,95
C4. 3	38	0,05	930	1,00

H. Puntuación general del Índice de Pittsburg

A través del Índice de Calidad de Sueño de Pittsburg se ha calculado para cada encuestado y sintetizado en forma de frecuencias absolutas y relativas. 318 encuestados cayeron en la categoría "sin problemas de sueño", 330 en la categoría "merece atención médica", 266 en la categoría "merece atención y tratamiento" y los restantes 16 en la categoría "problema de sueño grave" como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Distribución por la puntuación del Índice de Pittsburg

Duración de Sueño	fs	fr	fsa	fra
C1. 0	40	0,04	40	0,04
C2. 1	674	0,72	714	0,77
C3. 2	212	0,23	926	1,00
C4. 3	4	0,00	930	1,00

Con la sumatoria de las puntuaciones de los 7 componentes se obtiene una puntuación general que se encuentra entre 0 y 21 puntos, por lo que se encontró en esta investigación que el promedio de las puntuaciones es de 6,19; con una desviación estándar de 3,16. Lo que indica que en promedio los estudiantes merecen atención médica o atención médica y tratamiento (promedios entre 5 y 7), así como en el estudio Ansiedad y calidad de sueño en estudiantes universitarios [10] donde se establece un índice general de sueño con un promedio de 7,41 y desviación estándar de 3,13, lo que indica que los estudiantes del Cantón de Ambato, Ecuador necesitan igual atención médica y atención médica y tratamiento.

Los datos permiten afirmar que un importante número de encuestados no presenta problemas del sueño, sin embargo, un número similar de personas muestra necesitar atención médica (35%). Por otro lado, una cantidad significativa de encuestados debería tener atención médica además de un tratamiento apropiado para mejorar los problemas de salud asociados a la mala calidad del sueño, lo que puede significar el grupo más preocupante del estudiante, ya que están en una fase delicada que debería ser atendida a la brevedad posible. Además, la encuesta reveló que existe un pequeño grupo de personas (2%) que requiere atender los problemas del sueño con prontitud, ya que están en la categoría de problemas graves del sueño.

Al igual que el estudio Calidad de sueño, somnolencia diurna y salud auto percibida en estudiantes universitarios de Pía Bórquez [11] donde se encontró que más de la mitad de los estudiantes señalaron como malos dormidores (66%), mientras que tres tercios de los encuestados pensaban que su calidad de sueño era muy buena y excelente, lo que sugiere que la discordancia entre la calificación subjetiva que el encuestado pone al sueño y el puntaje global de la calidad de sueño mostrarían una sobreestimación de la calidad subjetiva del sueño por parte de los estudiantes.

Estudios relacionados con la calidad del sueño, han demostrado que ésta no solo es fundamental para la salud, sino también como elemento propiciador de una buena calidad de vida. Así también estos hallazgos resaltan la importancia de estudiar la incidencia de los trastornos que influyen en la calidad del sueño, así como los factores que influyen en ésta. A la luz de estos antecedentes, la discusión de los resultados encontrados en el estudio, se la ha centrado en la comparación con otros estudios realizados con estudiantes universitarios.

Estudios sobre la calidad del sueño [12] muestran que un número importante de estudiantes puede sufrir de mala calidad del sueño afectando la salud y bienestar de estos, coincidiendo con lo presentado en este estudio, donde se pudo observar que de las muestras estudiadas, un porcentaje mayor al 50% requiere atención médica, lo cual es una cifra importante y preocupante, ya que pueden sufrir problemas de salud asociados a la falta de sueño, que incluyen estrés, problemas cardíacos, problemas dérmicos, problemas de socialización con el entorno, entre otros. Estos problemas también pueden afectar de manera colateral a familiares y allegados.

Otra de las investigaciones [13] encontraron que el porcentaje de estudiantes con mala calidad de sueño causados por diferentes factores era de 75.4%, este porcentaje es similar al de estudiantes considerados en la investigación (73%), que tienen mala calidad del sueño causada por las perturbaciones y otros factores que lo afectan. Estos autores recomiendan que fuese oportuno que se desarrollen estrategias de intervención en las universidades que les permita a los jóvenes estudiantes el desarrollo de técnicas de afrontamiento asertivo aplicable ante situaciones que constituyen una amenaza para la preservación de la propia calidad del sueño.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que las variables académicas y las socioeconómicas están relacionadas a la calidad de sueño, unas en mayor medida que otras, por lo que un estudiante con mala calidad de sueño experimenta bajas calificaciones, o en contrapartida problemas económicos influirán en una mala calidad de sueño.

En cuanto a la calidad subjetiva del sueño los resultados evidenciaron que los estudiantes consideran que su calidad de sueño es bastante buena, hecho que permite inferir que existe un alto grado de desconocimiento de los estudiantes en cuanto a la definición de calidad de sueño, mucho más si ésta se compara con los resultados obtenidos en cuanto a la influencia significativa de las variables académicas y socioeconómicas.

Los resultados muestran que una cantidad importante de estudiantes requiere atención médica, lo cual deberá ser considerado por la institución educativa para brindar apoyo en las mejoras de la calidad del sueño, pero además para abordar las capacitaciones necesarias para que las personas puedan organizar su tiempo y actividades y poder mejorar las horas de sueño y los momentos de descanso.

Es importante que se realicen chequeos constantes para evaluar el estrés en las personas, no solamente en estudiantes, ya que el estrés es una causa importante de la mala calidad del sueño, mayoritariamente presente en situaciones académicas y problemas económicos, que afectan de muchas maneras a la tranquilidad de las personas y más aún en los estudiantes.

Las carreras de ingeniería suelen ser bastante demandantes, no solamente en Ecuador, sino en todas las universidades, debido a que deben formar profesionales con amplias habilidades técnicas y de cálculos, que son mundialmente conocidas como temas de alta demanda cognitiva y que exigen una responsabilidad profesional elevada. Estos elementos hacen que las carreras de ingeniería sean complejas, exigentes y requieren gran cantidad de tiempo y recursos para su aprendizaje y puesta en práctica. De esta manera, resulta necesario, que las personas que eligen estas carreras consideren la vocación como elemento principal, para poder sobrellevar las diferentes situaciones con mayor asertividad y equilibrio. Así también resulta indispensable que los estudiantes de estas carreras, previo a su elección, analicen su situación personal, pues existen factores socioeconómicos influyentes que determinaran su permanencia, promoción y culminación de la carrera.

APÉNDICE

RECONOCIMIENTO

Los autores agradecemos a los miembros de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de Universidad Técnica de Manabí por participar en las encuestas las cuales proporcionaron los datos necesarios para este estudio, de igual manera agradecemos la colaboración de Mg. Lic. Alba Alay Giler por su guía y colaboración durante el desarrollo presente artículo.

REFERENCIAS

- [1] Y. Luna, Y. Robles y Y. Agüero, «Validación de calidad de sueño de Pittsburgh en una muestra peruana,» *Anales de Salud Mental*, vol. 31, n° 2, pp. 23-30, 2015.
- [2] E. Miró, M. d. C. Cano y G. Buela, «Sueño y calidad de vida,» *Revista Colombiana de Psicología*, n° 14, pp. 11-27, 2005.
- [3] D. Buysse, C. Reynolds, T. Monk, S. Berman y D. Kupfer, «The Pittsburgh sleep quality index: A new instrument for psychiatric practice and research,» *Psychiatry Res*, vol. 28, n° 2, pp. 193-213, 1989.
- [4] E. Rosales, M. Egoavil, C. La Cruz y J. Rey de Castro, «Somnolencia y calidad del sueño en estudiantes de medicina de una universidad peruana,» *Anales de la Facultad de Medicina*, vol. 68, n° 2, pp. 150-158, 2007.
- [5] A. Alejandra, R. Gracian, M. Beatriz, C. Marta, S. Cuauhtémoc y S. José Isaías, «Caracterización del patrón de sueño en estudiantes de la Universidad de Quintana Roo,» *Revista Salud Quintana Roo*, vol. 7, n° 29, pp. 16-20, 2014.
- [6] A. Zúñiga, M. Coronel, C. Naranjo y R. Vaca, «Correlación entre calidad de sueño y calidad de vida en estudiantes de Medicina,» *Revista Ecuatoriana de Neurología*, vol. 30, n° 1, pp. 77-80, 2021.
- [7] L. Fabres y P. Moya, «Sueño: conceptos generales y su relación con la calidad,» *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. 5, n° 32, pp. 527-534, 2021.
- [8] J. Gállego Pérez-Larraya, J. Toledo, J.-B. Urrestarazu y J. Iriarte, «Clasificación de los trastornos del sueño,» *SciELO Analytics*, vol. 30, pp. 19-36, 2007.
- [9] M. Hirshkowitz, K. Whiton, S. Albert, C. Alessi, O. Bruni, L. DonCarlos, N. Hazen, J. Herman, E. Katz, L. Kheirandish-Gozal, N. D.N, O. A.E, M. Ohayon, P. J, R. Rawding, S. R.C y B. Setters, «National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary,» *Sleep Health*, vol. 1, n° 1, pp. 40-43, 2015.
- [10] H. Marín, A. Franco, S. Vinaccia, S. Tobón y B. Sandín, «TRASTORNOS DEL SUEÑO, SALUD Y CALIDAD DE VIDA: UNA PERSPECTIVA DESDE LA MEDICINA COMPORTAMENTAL DEL SUEÑO,» *Suma Psicológica*, vol. 15, n° 1, pp. 217-239, 2008.
- [11] P. Sánchez, «Ansiedad y calidad de sueño en estudiantes universitarios del Cantón Ambato, Ecuador,» *Repositorio institucional de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato*, 2021.
- [12] P. Borquez, «Calidad de sueño, somnolencia diurna y salud autopercebida en estudiantes universitarios,» *Eureka (Asunción) en Línea*, vol. 8, n° 1, pp. 80-90, 2022.
- [13] S. Portilla, C. Dussán, D. Montoya, J. Taborda y L. Nieto, «Calidad de sueño y somnolencia diurna excesiva en estudiantes universitarios de diferentes dominios,» *Hacia Promoción Salud*, vol. 24, n° 1, pp. 84-96, 2019.
- [14] M. M. Saravia, P. Cazorla y L. Cedillo, «Nivel de ansiedad de estudiantes de medicina de primer año de una universidad privada del Perú en tiempos de Covid-19,» *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, vol. 20, n° 4, pp. 568-573, 2020.

LOS AUTORES



Cristhian Moisés Martínez Alay, es economista y técnico docente de la Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas en la Universidad Técnica de Manabí.



Ana Chacón Contreras, PhD. Docente de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Manabí.



Víctor Márquez, PhD. Docente de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Manabí.

Aplicación de organizadores gráficos en el aprendizaje de las teorías atómicas

Eddie Manuel Delgado Muñoz
<https://orcid.org/0000-0003-4959-3583>
edelgado2945@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo-Ecuador

Kerly Leomar Toala-Vera
<https://orcid.org/0000-0002-2751-666X>
kerlyta13@hotmail.es
kerly.toala@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo-Ecuador

Recibido (24/11/2022), Aceptado (5/02/2023)

Resumen. - El uso de herramientas didácticas en la enseñanza en los cursos de bachillerato puede significar una decisión contundente para las mejoras en el aprendizaje efectivo de los estudiantes, así como su motivación para afrontar los retos académicos propios de esta fase escolar. En este trabajo se ha analizado el uso de organizadores gráficos para la enseñanza de las teorías atómicas en el estudio de la química inorgánica. Para ello se utilizó una muestra de 150 estudiantes, divididos en dos grupos de trabajo, con el fin de que uno sea el grupo de control y otro el grupo experimental. Los principales resultados muestran que el uso de organizadores gráficos facilita la comprensión del contenido estudiado y además fortalece el desarrollo de habilidades como la síntesis, organización de ideas, coherencia de trabajo y creatividad.

Palabras clave: Organizadores gráficos, enseñanza-aprendizaje, química inorgánica, teorías atómicas.

Application of graphic organizers in learning atomic theories

Abstract. - This article focused on the practical application of graphic organizers in the teaching-learning process in the learning of atomic theories in the subject of Chemistry in the first year of the BGU baccalaureate in the Rocafuerte Educational Unit. The purpose of the study is that students. Through the various graphic organizers, one better understands inorganic chemistry, and, in turn, the planned guides that involve graphic organizers allow for improving the learning of atomic models. As an applied methodology, it has a design with a non-experimental approach, of a qualitative type, at a descriptive level. The population determined for this article is represented by 150 first-year high school students from the Rocafuerte Educational Unit plus 4 Chemistry teachers. Regarding expected results, students achieve better performance by applying these strategies to understanding atomic models. In conclusion, the frequent use of graphic organizers encourages students to significantly develop skills such as synthesis, comprehension, and analysis of ideas.

Keywords: Graphic organizers, teaching-learning, inorganic chemistry, atomic theories.

I. INTRODUCCIÓN

La Química es considerada una asignatura difícil, corresponde a una ciencia concreta y al mismo tiempo abstracta, comprende elementos que no son visibles al ojo humano y por ende, presenta una gran dificultad para las personas que se inician en estas ramas de estudios. Además, involucra la comprensión de símbolos y nomenclaturas que no es el habitual, lo que conforma una dificultad mayor para asimilar los conceptos, más aún cuando estos conceptos intentan vincularse con aspectos de la vida diaria [1]. Estudios previos [2], [3] han demostrado que un número importante de jóvenes llegan a los 16 años sin conocer elementos simples de la química, así como el desconocimiento de las terminologías asociadas y la ubicación de estos en la tabla periódica.

En el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química [4], ha presentado dificultades a lo largo de la historia, tanto en el aspecto pedagógico como didáctico. Ante la dificultad que representa el estudio y comprensión de la química, es difícil predecir resultados positivos en el aspecto cognitivo utilizando diferentes procesos pedagógicos. De acuerdo con el nivel de comprensión, Bloom desarrolló una jerarquía de los objetivos educativos que se querían alcanzar con el alumnado, dividiéndolo en tres ámbitos: Ámbito cognitivo, ámbito afectivo y ámbito psicomotor. En este sentido, la enseñanza de la química debe comprender estos tres ámbitos para considerarse efectiva y perdurable en el tiempo. Además, que resultan de gran importancia para la integración con el resto de las asignaturas necesarias para el futuro bachiller.

La comunicación humana, a través de gráficos, es parte de nuestra historia. Las pinturas rupestres y representaciones en las cuevas y otros lugares muestran el uso de estos medios como forma de comunicación de mensajes o conocimiento. Algunos autores [5] mencionan técnicas memorísticas basadas en imágenes desde hace 2500 años, y cómo el arte de la memoria fue creado por el poeta Simónides de Ceos hacia el año 500 a. C [1]. Desde entonces formó parte de la educación en las escuelas del mundo griego y romano. De esta manera, el sistema nemotécnico se formó hace muchos años atrás, combinando palabras e imágenes, para estructurar ideas y conceptos.

Los primeros organizadores gráficos consistían en una prosa textual, era escrito con un alto nivel de generalidad y abstracción, y servía de andamiaje entre el nuevo conocimiento y el que ya poseía el estudiante [6], [7]. Sin embargo, estas primeras ideas no se comprendieron en su totalidad, y fue más adelante, en los años 60, que se dio inicio al concepto de mapas mentales, y logró vincular la abstracción de las ideas, a través de imágenes y textos. La aplicación de estos modelos en las áreas científicas, no solo han sido útiles en estudiantes de bachillerato, sino que además se usa en estudiantes de primaria y también en estudios superiores, ya que permiten concebir conceptos e ideas a partir de esquemas simplificados que facilitan la concepción de los temas.

Con estas premisas, se ha considerado en este trabajo, evaluar la influencia de los organizadores gráficos en la enseñanza de asignaturas más complejas como la química, específicamente en el área de las teorías atómicas. El trabajo fue desarrollado en la Unidad Educativa Rocafuerte, en Ecuador, y para su implementación se consideraron a los estudiantes y docentes del primer año de bachillerato.

II. DESARROLLO

El aprendizaje de Química requiere siempre de la orientación e instrucción responsable del docente, con el fin de que se logre desarrollar completamente su proceso estratégico-metodológico y que al cumplir con cada una de las etapas se consiga un aprendizaje significativo. Será responsabilidad del docente conseguir las estrategias necesarias para ayudar a los estudiantes en el desarrollo de habilidades del pensamiento, motivación, desarrollo de la creatividad y la innovación [8], [9]. Cada una de ellas tiende a que los alumnos aprendan a pensar razonablemente y como consecuencia logren tomar decisiones con destreza, analizando las alternativas y valorando su importancia, ventajas y desventajas de la situación o idea.

De esta manera, se desarrolla en pensamiento creativo, de una forma natural, motivando el análisis y el razonamiento [10]. En este sentido, el pensamiento crítico es la capacidad de comprender un tema o idea a un nivel más profundo, analizar argumentos y opiniones, evaluar evidencias y llegar a conclusiones independientes. Se trata de un proceso que involucra la identificación, el análisis y la evaluación de la información, ideas, argumentos y puntos de vista, y la generación de soluciones a problemas complejos. Por tanto, requiere pensamiento reflexivo, creativo y sistemático, que permita a los individuos evaluar la información que reciben, identificar patrones y generar nuevas ideas [8], [6].

Para todo docente, resulta un reto desarrollar el pensamiento crítico en sus estudiantes, pues es una habilidad esencial para la educación, el trabajo y la vida. Además, ayuda a comprender mejor el mundo y a tomar mejores decisiones. Esta habilidad se puede desarrollar a través de la práctica y el autoaprendizaje. El pensamiento crítico nos permite evaluar críticamente la información que recibimos, discernir entre hechos, opiniones y argumentos, y tomar decisiones informadas. Por ello resulta especialmente importante en un mundo cada vez más complejo, en el que la cantidad de información disponible aumenta diariamente [10]. También es importante que se vea el pensamiento crítico como algo útil para la vida diaria, para la convivencia y la vida común, pues puede ayudar a las personas a detectar errores y contradecir el pensamiento convencional. Esto puede conducir a nuevas y mejores soluciones a los problemas y desafíos enfrentados por los individuos y la sociedad. Una persona con pensamiento crítico puede llegar a comprender el pensamiento de los demás y explicar sus propias ideas de manera clara y efectiva. Al desarrollar esta habilidad, los individuos pueden construir mejores relaciones, mejorar su comunicación y contribuir al intercambio de ideas [6], [9].

Ya que, se sabe que el pensamiento crítico es una habilidad esencial para la educación, el trabajo y la vida, que ayuda a evaluar la información que recibimos, identificar patrones y generar nuevas ideas, además ayuda a tomar mejores decisiones, detectar errores y contradecir el pensamiento convencional. Los maestros y docentes en general deben motivar al desarrollo de actividades y metodologías que promuevan el pensamiento crítico, y en estas ideas, incluir mecanismos que se integren con las asignaturas para la mejor comprensión de los temas y de las actividades grupales, para la generación de profesionales más aptos para las nuevas sociedades.

Entre las estrategias metodológicas que pueden motivar al desarrollo del pensamiento crítico en el aula, están los organizadores gráficos, que consiste en una forma de organizar y presentar las ideas, destacando aspectos relevantes de la información mediante el uso de figuras y etiquetas [11]. Su aplicación dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje permite a los educandos enfocar sus ideas resaltando conceptos y vocabularios específicos, integrar el conocimiento; enriquecer el hábito de la lectura, escritura y pensamiento; desarrollar un aprendizaje cooperativo; desarrollar habilidades para seleccionar y jerarquizar la información; elaborar, discutir y evaluar un organizador gráfico; propiciar su participación activa en la investigación y le sirve al docente como una herramienta de evaluación y retroalimentación [8]. Algunos autores [12] afirman que los mapas mentales, que son también una forma de organizador gráfico, permiten la organización del conocimiento incluyendo aspectos visuales y estructurales. Se considera además un aprendizaje holístico que motiva al uso total del cerebro [4], [10].

Existe una gran variedad de esquemas gráficos que son utilizados a nivel del aprendizaje, pero de acuerdo con sus funciones y características los más factibles de utilizar en el ámbito escolar son los descritos en la figura 1.

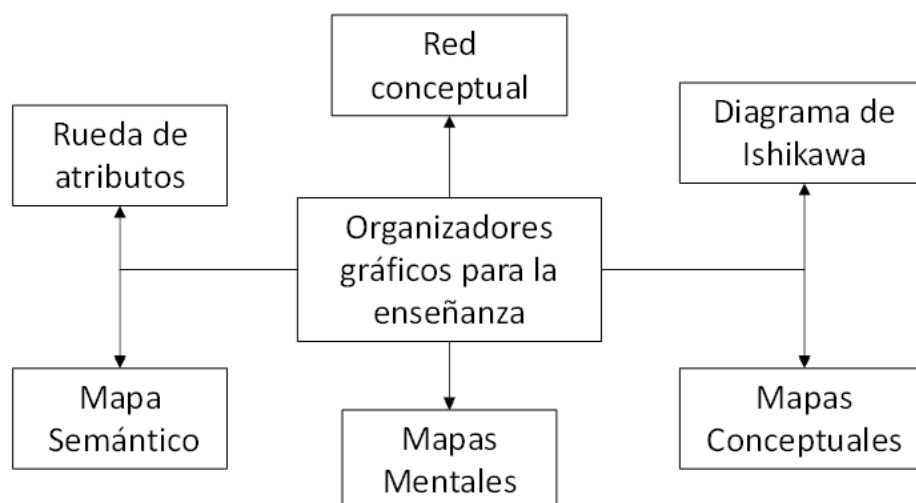


Fig. 1. Organizadores gráficos comúnmente utilizados en la docencia.

Fuente: Propia.

A. Mapa conceptual

Simboliza textos escritos de forma esquemática y ordenada, consta de conceptos que incluyen una o más palabras donde se puntualiza la descripción, acciones, sucesos, pensamientos o características de un tema determinado. Dentro del ámbito educativo es muy utilizado debido a su función de representar contenidos pedagógicos de forma jerárquica en beneficio de la comprensión de los educandos pues permite estructurar los conceptos relacionados y precisos que facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje de un tema determinado [13], [14].

B. Mapa Mental

El mapa mental es un tipo de organizador gráfico que está constituido por líneas curvas similares a unas ramas que surgen del tema central (imagen), se caracteriza por la variedad de colores, formas, imágenes y palabras claves que complementan las ideas sobre el tema de análisis [15]. En el ámbito educativo su manejo efectúa un fácil procesamiento de información pues son aplicados para aprender nuevos significados de conceptos o palabras, resumir textos y organizar temas complicados, rescatando ideas puntuales.

C. Mapa semántico

Es un tipo de mapa que sirve como medio para emitir gráficamente textos, se enfoca en discernir un tema por categorías donde describen de forma explícita las conceptualizaciones asociadas con el tema. Cabe recalcar que no se necesita jerarquizar las ideas, pues su estructura consiste en añadir el tema en el centro del cual se procede a desprender líneas para conectar con las categorías que posteriormente serán complementadas con definiciones.

D. Red conceptual

Barriga y Hernández [16] mencionan que es un instrumento adecuado para el accionar didáctico, transmite conocimientos por medio de símbolos gráficos, está constituido por conceptos ordenados desde un enfoque total e incluye la descripción explícita de todos los componentes vinculados con el tema (Fig2).

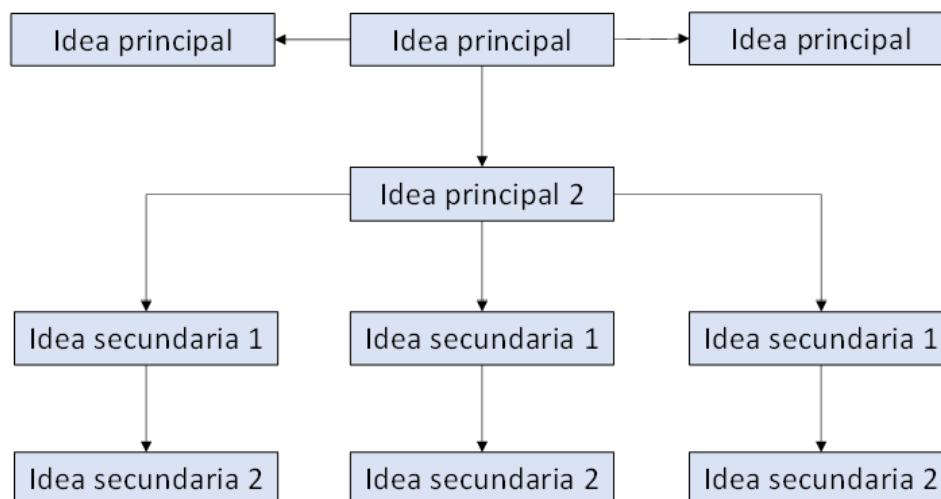


Fig. 2. Red conceptual básica.
Fuente: propia.

E. Rueda de atributos

La rueda de atributos es un instrumento dinámico que está constituido por un círculo central que contiene el tema u objeto a describir, en torno se ubican otros círculos conexos al tema en los que se describe sus características, observe en la figura 3 cómo se vincula una idea principal con las ideas secundarias.

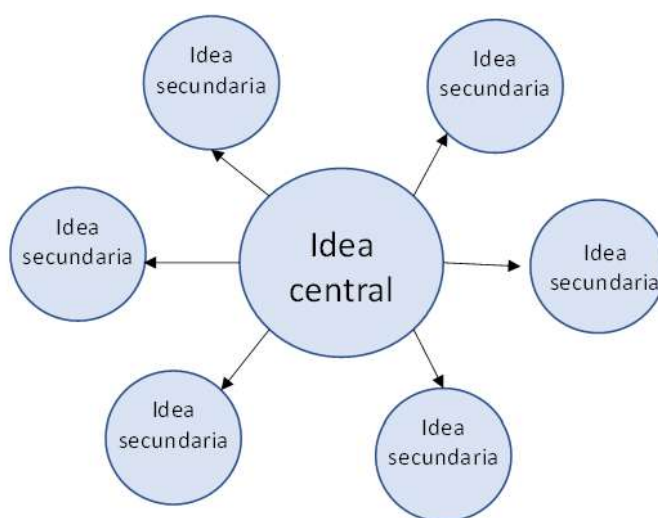


Fig. 3. Rueda de atributos básica.
Fuente: propia.

F. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa (Fig. 4) es conocido como diagrama causa-efecto o por su forma se suele denominar también espina del pescado, este tipo de organizador gráfico permite determinar las causas potenciales de un conflicto o asunto y a su vez los efectos que se generan por dichas causas expuestas entre dos o más fenómenos [17].

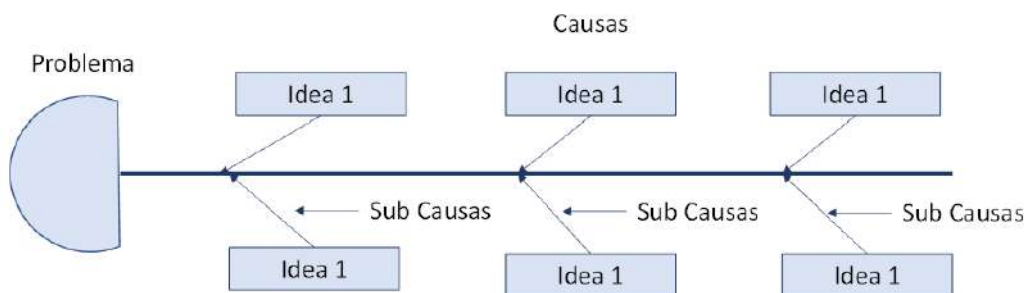


Fig. 4. Diagrama espina de pescado (Diagrama de Ishikawa)
Fuente: propia.

III. METODOLOGÍA

Este trabajo tiene un diseño con enfoque no experimental, de tipo cualitativa, en un nivel descriptivo. También puede decirse que es una investigación-acción con enfoque mixto. La población estuvo representada por 150 estudiantes de primero de bachillerato de la Unidad Educativa Rocafuerte, en Ecuador. Más 4 docentes de la asignatura Química. La muestra estuvo compuesta por 60 estudiantes, repartidos entre los grupos A y B por partes iguales, más los docentes del área.

Para la elaboración de la plantilla adecuada del organizador gráfico, se basó principalmente en la metodología del docente (Fig. 5) más que en el tipo de diagrama a utilizar, ya que la principal relevancia no está en el tipo de esquema sino en la forma que este sea implementado para su comprensión dentro de los conceptos de la asignatura.



Fig. 4. Modelos de estrategias docentes, equivalentes al modelo del comportamiento organizacional.
Fuente: propia.

En este sentido el organizador grafico que se utilizó para esta ocasión fue el Veen radial, el cual suele emplearse para mostrar relaciones superpuestas y la relación con una idea central en un ciclo. La primera línea del texto de Nivel 1 corresponde a la forma central y las líneas del texto de Nivel 2 corresponden a las formas circulares adyacentes. No aparece texto sin utilizar, pero queda disponible si cambia entre diseños. Las herramientas de software más comúnmente empleadas para la elaboración de organizadores gráficos son:

Microsoft Word: que aporta la herramienta de SmartArt que aporta un compendio de diferentes tipos de organizadores gráficos fáciles de rellenar y con modelos intuitivos para su organización.

Microsoft Power Point: ofrece la herramienta SmartArt, pero también permite la inclusión personalizada de bloques y figuras que facilitan la creatividad al momento de crear organizadores gráficos.

Canva: este software disponible en su versión gratis permite la creación de numerosos tipos de organizadores gráficos online, creativos y con diseños innovadores.

Procedimiento empleado

El grupo experimental debía desarrollar las actividades siguiendo una instrucción para trabajar con organizadores gráficos, mientras que el grupo de control debía usar los métodos clásicos de aprendizaje. Al inicio del proceso se realizó una evaluación para conocer las bases del conocimiento que ambos grupos poseían antes de la actividad, con el fin de indagar sobre los aspectos previos al proceso. Luego de aplicar la metodología señalada, ambos grupos fueron nuevamente evaluados, para conocer sobre la experiencia desarrollada y los alcances logrados. Se utilizó además el método de observación para conocer las actitudes ante la actividad, el trabajo en grupo y en la organización colectiva.

IV. RESULTADOS

El proceso de motivación es uno de los principales usados en el proceso de la enseñanza, ya que la motivación se implementa como un factor fundamental, siendo considerado incluso como el primer paso para que se dé un aprendizaje significativo, permitiendo que los estudiantes sean capaces de construir su propio aprendizaje. La motivación inicia con el cambio de metodología en donde se usa organizadores gráficos como una herramienta fundamental para captar la atención de los estudiantes, permitiendo que se interesen por la asignatura.

En el ámbito educativo el uso de herramientas que ayuden con el proceso educativo es fundamental, ya que estas herramientas permiten que el estudiante capte de mejor forma la información adquirida en las clases impartidas; una de las herramientas más usadas y conocidas son los organizadores gráficos ya que en la actualidad juega un papel importante al momento de sintetizar la información, haciendo que el proceso de enseñanza- aprendizaje sea pertinente y fácil de comprender.

Los principales resultados mostraron que los docentes de la asignatura usan los organizadores gráficos de forma regular, de manera que es algo conocido por los estudiantes para exponer ideas y organizar teorías y conceptos. Sin embargo, solo el 50% afirmó que los docentes utilizan material didáctico, lo que puede significar que los estudiantes no tienen una amplia motivación por la asignatura, posiblemente por la falta de recursos interactivos, motivadores y que promuevan el aprendizaje de la química. A pesar de que existe una importante actitud de los estudiantes por mejorar en el aprendizaje de química, manifestaron que no existe una didáctica visual en la enseñanza de los modelos atómicos, habiendo incluso escasez de proyección de diapositivas, videos u otros recursos visuales que motiven el aprendizaje y permitan la integración de imágenes didácticas.

Se pudo observar que el aporte y compromiso docente en las asignaturas de química, es bastante elevado, ya que en un alto porcentaje (40%) de docentes, se preocupa por darle apertura a la clase con un repaso global de los temas previamente vistos, haciendo lluvias de ideas e interactuando con el colectivo estudiantil para definir nuevamente los conceptos y poder definir la nueva clase. Así mismo se pudo verificar que gran parte de los docentes (40%) hace trabajos grupales, que permiten el desenvolvimiento de los estudiantes entre sus pares y que, además, permite la integración de conocimientos. Finalmente se pudo observar que gran parte de los docentes (54%) realiza el cierre de clase con un resumen, una actividad conversada sobre todos los temas tratados y la interacción con los estudiantes para reordenar las ideas de los conceptos, teorías y temas vistos durante la clase.

Al tratar de conocer la postura de los estudiantes por el uso de los organizadores gráficos, solo el 27% consideró que es útil usar esta herramienta de forma permanente, y un número importante de ellos (40%) considera que solo es bueno el uso regular pero no continuo de la herramienta. Además, casi todos (47%) de los jóvenes afirma que reciben asistencia del docente para entender los temas y las instrucciones dadas, lo que revela que los estudiantes no están desatendidos y que muy probablemente prefieran la formación clásica para la comprensión de las ideas.

La prueba de chi cuadrado reveló que la hipótesis nula se rechaza y que la hipótesis alterna se sostiene, ya que pudo comprobarse que el uso de organizadores gráficos mejora significativamente el aprendizaje de los modelos atómicos. Sin embargo, una propuesta futura podría incluir el uso de organizadores gráficos en otros temas de estudios, para evaluar si esta herramienta es útil en toda la asignatura o solamente en el tema de modelos atómicos, lo cual se correspondería con lo revelado en la encuesta estudiantil donde el 40% afirma que solo a veces es bueno implementar dicha metodología.

CONCLUSIONES

En la investigación realizada se tomó en cuenta la necesidad de adquirir conocimiento sobre el uso correcto de los organizadores gráficos, por ello se vio en la necesidad de elaborar una guía de organizadores gráficos acorde a las necesidades educativas que presenta la asignatura de Química Inorgánica. Esta guía posee como finalidad ser un material de apoyo en la materia, enfocado primordialmente en despertar el interés, la motivación, y curiosidad de los estudiantes para mejorar la adquisición de conocimientos que sean significativos y de esta manera los estudiantes puedan aprovechar y desarrollar sus habilidades de aprendizaje. Esta guía cuenta con todas las facilidades y explicaciones para que el docente pueda emplearla.

Los organizadores gráficos son herramientas activas, que pueden despertar la motivación en los estudiantes, esto se da debido a que los estudiantes pueden expresar sus habilidades creativas en el diseño de herramientas gráficas, además, pueden organizar sus ideas según se hayan comprendido los conceptos, también facilita la comunicación entre pares, la distribución de funciones y las cualidades estéticas que puedan desarrollar los grupos para la presentación de trabajos. En este sentido, es posible afirmar que el uso de herramientas didácticas creativas puede motivar la participación en el aula, así como la comprensión de conceptos y teorías en el área de química.

REFERENCIAS

- [1] E. Rodríguez, «El aprendizaje de la química de la vida.,» Revista de Postgrado FACE-UC, vol. 7, nº 12, p. 364, 2013.
- [2] G. Capote, N. Rizo y G. Bravo, «La formación de ingenieros en la actualidad. Una explicación necesaria.,» Revista Universidad y Sociedad Universidad y Sociedad, vol. 8, nº 1, pp. 21-28, 2016.
- [3] H. Cevallos, « Impacto de la aplicación del método científico con soporte informático en el aprendizaje de la química de los estudiantes del quinto semestre.,» Universidad Técnica de Manabí-Ecuador, Manabí-Ecuador, 2017.
- [4] C. Tejada, C. Chicangana y Á. Villabona, «Enseñanza de la química basada en la formación por etapas de acciones mentales (caso enseñanza.,» Revista Virtual Universidad Católica del Norte, vol. 1, nº 38, pp. 143-157, 2013.
- [5] A. Gutiérrez Mosquera y D. Barajas Perea, «Incidencia de los recursos lúdicos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química Orgánica I.,» Educación Química., vol. 30, nº 4, 2019.
- [6] J. González-Mendoza, J. Sánchez-Molina y M. Cárdenas-García, «Pensamiento estratégico y reestructuración industrial.,» Desarrollo Gerencial, pp. 1-20, 2022.
- [7] O. R. Lozano Lucia y A. Sánchez López De Andujar, «Diseño, aplicación y resultado de una estrategia de ludificación como actividad de cierre en clases de química.,» Educación Química, vol. 32, nº 4, pp. 60-73, 2021.
- [8] D. Mendoza, Y. Rojano y E. Salas, «El pensamiento estratégico como herramienta de innovación tecnológica en las PYMES.,» Sotavento MBA, pp. 50-65, 2018.
- [9] P. Núñez, «El pensamiento estratégico en el mundo empresarial.,» Iberian Journal of the History of Economic Thought, pp. 173-177, 2021.
- [10] L. Ángeles y A. Cadena, «La importancia del pensamiento complejo y de la transdisciplinariedad para el estudio de las organizaciones.,» Administración y organizaciones, pp. 10-29, 2021.
- [11] H. Cevallos, «Impacto de la aplicación del método científico con soporte informático en el aprendizaje de la química de los estudiantes del quinto semestre, Escuela de Química y Biología.,» Universidad Técnica de Manabí, Manabí-Ecuador, 2017.
- [12] A. Franco-Mariscal, A. Tomás-Serrano, V. Jara-Cano y F. Ortiz-Tudela, «El bingo como recurso didáctico en el aula de secundaria.,» Educación Química., vol. 21, nº 1, pp. 78-84, 2010.
- [13] F. Terán: y G. Apolo, «El uso de organizadores gráficos en el proceso de enseñanza-aprendizaje.,» ATLANTE, vol. 2, pp. 1-14, 2020.
- [14] A. Munayco, «Influencia de los organizadores gráficos en la comprensión lectora de textos expositivos y argumentativos.,» Comuni@ccion, vol. 9, nº 1, 2018.
- [15] R. Sandoval, «El uso de organizadores gráficos para la enseñanza de la comprensión de lectura.,» Acotaciones, nº 57, pp. 11-15, 2018.
- [16] K. Porras y D. Forero, «¿Cómo aportan las redes conceptuales en el aprendizaje significativo del concepto de excreción, en estudiantes de grado séptimo?,» Biografía, vol. 10, nº 19, 2017.
- [17] C. Tejada, D. Acevedo y A. Mendoza, «Didáctica para la Enseñanza del Concepto de Valencia Química.,» Revista Formación Universitaria. , vol. 8, nº 5, pp. 35-42, 2015.

Estimación de la resistencia a compresión del material rocoso mediante ensayos de carga puntual, granulometría y dimensiones de probetas

Feijoo Patricio
<https://orcid.org/0000-0001-6901-7933>
pfeijoo@uazuay.edu.ec
Universidad del Azuay
Cuenca-Ecuador

Recibido (23/11/2022), Aceptado (5/02/2023)

Resumen. - Es importante la caracterización del material rocoso en proyectos mineros, respecto a la resistencia a compresión, ya que mediante este parámetro se establecen factores de seguridad para taludes y túneles. Este trabajo tuvo como objetivo proponer una metodología simple y de aplicación práctica en campo, para la estimación de resistencia, con la aplicación de ensayos físicos, específicamente índices granulométricos e índice de carga puntual, con un predeterminado dimensionamiento de probetas. Los ensayos se valoran de forma sencilla, y se han ejecutado en 180 probetas, del mismo material, proveniente del sector Cojitambo, provincia del Cañar (Ecuador). Los resultados permiten su caracterización, estableciendo que la resistencia a compresión varía entre 75.9 MPa y 124.8 MPa, lo que categoriza al material como roca dura. Se concluye que la propuesta evita el envío permanente de muestras a laboratorio, ahorrando tiempo y dinero, por lo tanto, se ha estructurado una metodología para el objetivo planteado.

Palabras clave: Granulometría, compresión, roca, índice de carga puntual.

Estimation of the compressive strength of rock material employing point load test index, granulometry, and dimensions of test tube

Abstract. - Characterizing the rock material in mining projects is essential concerning the compressive strength since this parameter establishes safety factors for slopes and tunnels. The objective of this work was to propose a simple methodology for practical application in the field, for the estimation of resistance, with the application of physical tests, specifically granulometric indices and point load test index, with a predetermined dimensioning of specimens. The tests are evaluated thoroughly and carried out on 180 samples, of the same material, from the Cojitambo sector, province of Cañar (Ecuador). The results allow its characterization, establishing that the compressive strength varies between 75.9 MPa and 124.8 MPa, categorizing the material as hard rock. It is concluded that the proposal avoids permanently sending samples to the laboratory, saving time and money. Therefore, a methodology has been structured for the stated objective.

Keywords: Granulometry, compression, rock, point load test index.

I. INTRODUCCIÓN

Para la ejecución de proyectos mineros es importante determinar la resistencia a la compresión de las rocas (RCS) que afloran en los mismos, ya que mediante este parámetro se pueden desarrollar clasificaciones de los macizos rocosos, como la del Rock Mass Rating (RMR) o Índice Q, con las cuales se determina la estabilidad de las estructuras mineras, tanto a cielo abierto como en subterráneo. La resistencia de una roca o de sedimentos no bien consolidados está influida por la mineralogía de sus partículas y por el contacto que hay entre ellas [1]. Estas características han permitido que se desarrollen pruebas en laboratorio para la determinación de la resistencia a la compresión, pero en muchas ocasiones, debido a la distancia a la que se encuentran los proyectos mineros en desarrollo y a los altos costos que generan los análisis de laboratorio, no se envían muestras o probetas y la problemática se presenta permanentemente para los ingenieros encargados. Un ensayo alternativo para la determinación de la resistencia a la compresión es el denominado índice de carga puntual o I_s (50), el cual ha sido desarrollado ampliamente por algunos autores y el mismo es factible de realizarlo en el campo. En este trabajo se propone determinar propiedades físicas de las rocas, específicamente su granulometría, y correlacionarla con el índice de carga puntual, para de esta manera obtener de una manera aproximada la resistencia a la compresión del material rocoso. En la Mecánica de Rocas, que es la encargada de estudiar las propiedades de las rocas y de los macizos rocosos, es muy importante definir algunas de ellas, que, sin restar importancia a otras, se consideran prioritarias. El comportamiento de una masa o macizo de roca in situ es diferente de un material rocoso, debido a que el material rocoso es mucho más fuerte y un macizo rocoso presenta casi siempre sistemas de debilidades estructurales llamadas diaclasas (fracturas, fisuras, juntas, discontinuidades, fallas de varios tamaños). Prácticamente todas las rocas que forman los kilómetros de la corteza terrestre están atravesadas por fisuras y grietas de corta extensión [2].

En este punto cabe analizar cada una de las propiedades de las rocas, que se verán involucradas en las diferentes propuestas de correlación de este trabajo, tomando en consideración que la heterogeneidad de los materiales o rocas usados siempre puede ser un limitante para su análisis. También, incluso en rocas aparentemente isótropas y homogéneas, entendiéndose como homogeneidad si dos muestras cualesquiera de una masa rocosa del mismo volumen e igualmente orientadas son idénticas desde todos los puntos de vista [3], las propiedades pueden variar según el grado de cementación o variaciones en la composición mineralógica.

Este trabajo con una base teórica y el respectivo análisis de la misma, permite la variación de parámetros técnicos, dentro de los límites permitidos. En la parte metodológica se hace una explicación de esta variación. Los resultados obtenidos presentan un rango variable, pero aceptable, lo que nos hace demostrar la validez de la teoría, pero permiten establecer pautas para un desarrollo de los ensayos de manera más óptima. Las conclusiones evidencian lo expuesto anteriormente.

II. METODOLOGÍA

Se denomina resistencia a la compresión simple de una roca (RCS) al esfuerzo medido sobre la misma de una manera técnica. Esta valoración del parámetro se debe a la necesidad de emplear clasificaciones de macizos rocosos. Estas clasificaciones son conocidas como clasificaciones geomecánicas y derivan de la diferencia existente entre las propiedades de la roca por su naturaleza y las del macizo, que presenta diferentes grados de fracturación y meteorización. Las clasificaciones geomecánicas son sistemas de valoración del comportamiento del terreno rocoso. Se basan en calificar numéricamente las propiedades y características específicas de la roca en un emplazamiento determinado y posteriormente obtener una calificación final como la suma de las valoraciones parciales.

En la actualidad las clasificaciones geomecánicas se han generalizado y son ampliamente utilizadas, tanto en las fases de diseño como en las fases de ejecución, en todo tipo de obras en macizos rocosos. Es importante, por tanto, conocer las limitaciones y dificultades que presenta cada una de las clasificaciones[4]. Las diferentes clasificaciones toman en cuenta un parámetro fundamental, la resistencia a la compresión uniaxial o simple de la roca. La RCS es una medida de resistencia de la matriz rocosa, la cual representa el esfuerzo de compresión axial máximo que puede soportar una muestra de material antes de fracturarse. Este ensayo sirve para determinar la resistencia a compresión de una probeta cilíndrica de roca de altura entre el doble y el triple del diámetro [5]. Normalmente estas probetas se obtienen a partir de testigos de perforación. También se pueden obtener muestras a partir de bloques de roca; la extracción de estos bloques en la mina o en la obra se debe llevar a cabo sin voladuras, ya que éstas pueden generar en la roca nuevas microfisuras o aumentar las existentes, lo cual se traduciría en una pérdida de resistencia de las probetas que se obtengan de ellos. Averiguar la resistencia a compresión simple de una roca es importante porque permite clasificar la roca según su resistencia, es un parámetro importante en los criterios de rotura más utilizados (Mohr-Coulomb y Hoek-Brown), así mismo, conocer el grado de anisotropía de las rocas es importante para comprender su comportamiento ante las cargas, y su omisión puede ocasionar errores en la estimación de su resistencia[6].

Una alternativa para determinar la RCS es el ensayo de carga puntual, el cual consiste en romper un pedazo de roca entre dos puntas cónicas de acero endurecido. El equipo utilizado se lo puede observar en la figura 1.



Fig. 1. Equipo para determinación de I_s (50).

Fuente: propia.

Las muestras que son colocadas entre dichas puntas pueden ser de cualquier forma, pero lo recomendable es que su diámetro no sea inferior a 50 milímetros (mm), ya que, el volumen de dicha probeta influye en su resistencia [7]. La ecuación 1 permite calcular el índice de carga puntual sin corrección:

$$I_s = \frac{P}{De^2} \quad (1)$$

Dónde:

P=carga aplicada en N.

De=diámetro del núcleo equivalente en milímetros (mm).

Se toman las distancias de los fragmentos los cuales deben cumplir con las disposiciones que se indican en la norma. La razón $0.3 < D/W < 1$ que de preferencia quede cerca de 1. La distancia $L > 0.5W$ (L distancia del extremo de la roca a las puntas cónicas) y se conoce W. En la ecuación 2 se determina el diámetro equivalente (De) en función de las dimensiones de los fragmentos irregulares [8]:

$$De^2 = \frac{4WD}{\pi} \quad (2)$$

El índice de resistencia a la carga puntual corregido $Is(50)$, de una muestra de roca se define como el valor de Is que se ha medido por una prueba diametral con $D = 50$ mm. Cuando una clasificación de roca es fundamental, el método más fiable para conseguir $Is(50)$ es llevar a cabo las pruebas con diámetros de $D = 50$ mm o muy cercanos a dicho valor. La mayoría de las pruebas de carga puntual, son utilizando tamaños de muestras diferentes al diámetro mencionado [9]. En la ecuación 3 podemos obtener la corrección de tamaño:

$$Is(50) = \left(\frac{De^2}{50} \right)^{0.45} \cdot Is \quad (3)$$

Finalmente, en la ecuación 4, podemos observar la relación que existe entre la resistencia a la compresión simple de la probeta de roca, relacionada con el índice de carga puntual.

$$RCS = 25 \cdot Is(50) \quad (4)$$

Las rocas presentan relaciones lineales y/o no lineales entre las fuerzas aplicadas y las deformaciones producidas, obteniéndose diferentes modelos de curvas de tensión contra deformación para distintos tipos de rocas [10].

Ahora bien, la propuesta consiste en obtener una correlación entre la granulometría del material rocoso y el índice de carga puntual, por lo que cabe, a este punto, definir temas como trituración y clasificación de los materiales.

La trituración de rocas tiene como objetivo disminuir el tamaño de partícula de las muestras sólidas, siempre teniendo en cuenta que debe conservarse su homogeneidad. La principal herramienta que se utiliza para reducir el tamaño de partícula de los sólidos es una trituradora de mandíbulas (Figura 2). A la trituradora de mandíbulas también se le conoce como trituradora de quijada.



Fig. 2. Trituradora de mandíbulas.
Fuente: propia.

Es una máquina utilizada en la trituración primaria. El campo que más utiliza a las trituradoras de mandíbulas es el de la producción mineral e industrial [11]. Realizada la trituración de las muestras, usualmente se continúa con la clasificación de los elementos fragmentados.

Se han desarrollado diferentes sistemas de clasificación de las partículas. La separación de un suelo en diferentes fracciones, según sus tamaños, resulta necesaria para conocer su competencia y eficiencia, desde la perspectiva geotécnica. Esta acción comprende los ensayos de tamizado, que tienen por objetivo distribuir los diferentes tamaños de partículas del material rocoso mediante el empleo de una serie de tamices ordenados de forma decreciente en referencia al diámetro de apertura (Figura 3). Esta clasificación comprende dos partes: por tamizado para las partículas gruesas (gravas y arenas) y el de sedimentación para la fracción fina del suelo (limos y arcillas) [12].



Fig. 3. Tamices para clasificación.

Fuente: propia.

Una forma de representar gráficamente los resultados obtenidos de los ensayos de tamizado es mediante la curva granulométrica, donde el porcentaje de muestra pasante es graficado en las ordenadas y el diámetro de las partículas en las abscisas. A partir de la curva granulométrica, se pueden obtener diámetros característicos tales como el D50, D60, D70, D80, D90, etc. La letra D se refiere al diámetro aparente de la partícula y el subíndice (50, 60, 70, 80, 90) denota el porcentaje de material más fino. Por ejemplo, un parámetro muy utilizado luego de la generación de una curva granulométrica es el denominado D80, el cual se define como el tamaño que permite pasar el 80 % en peso de la población de partículas. Para determinar el D80 se utilizó el modelo de Schumann, descrito por la ecuación 5 [13].

$$F(x) = \left(\frac{x}{K_{Sch}} \right)^n \quad (5)$$

Donde:

F(x)= % en peso acumulado pasante por cada malla.

n = parámetro de distribución.

KSch = constante de Schumann.

x = tamaño de partícula.

La base de cualquier trabajo es la planificación de las actividades a realizar. Para cumplir con el objetivo disponemos de una serie de herramientas, unas para aplicar en campo y otras en laboratorio.

Para el desarrollo de la propuesta se inicia con la obtención de muestras de un sector denominado Cojitambo, presentan una morfología de tipo multiforme, es una formación volcánica en la provincia del Cañar (Ecuador) [14]. Estas muestras se toman de afloramientos, pero trabajando en los mismos para que la matriz rocosa extraída sea sana y no contenga ningún tipo de alteración o descomposición. Es muy importante que las muestras tengan superficies frescas y limpias, que nos permita realizar una valoración correcta del estado de la roca a la cual se procede a realizar los ensayos [15]. Realizada la toma de muestras se las prepara para la producción de probetas, las mismas que se elaboraron en tres grupos de 60 cada uno, el primer grupo con dimensiones, en centímetros (cm), de aproximadamente 5 cm x 10 cm x 10 cm, el segundo con dimensiones aproximadas de 7 cm x 10 cm x 10 cm y el tercer grupo con dimensiones aproximadas de 9 cm x 10 cm x 10 cm. Efectuado esto se separan cada grupo de 60 probetas en dos subgrupos, los subgrupos A con 30 probetas para el proceso de trituración y clasificación y los subgrupos B con 30 probetas para el ensayo de carga puntual.

En la primera fase se ejecutaron con el subgrupo A los ensayos de trituración y clasificación y finalmente con el subgrupo B los ensayos de carga puntual. En la figura 4 se pueden observar algunas probetas utilizadas para los ensayos.



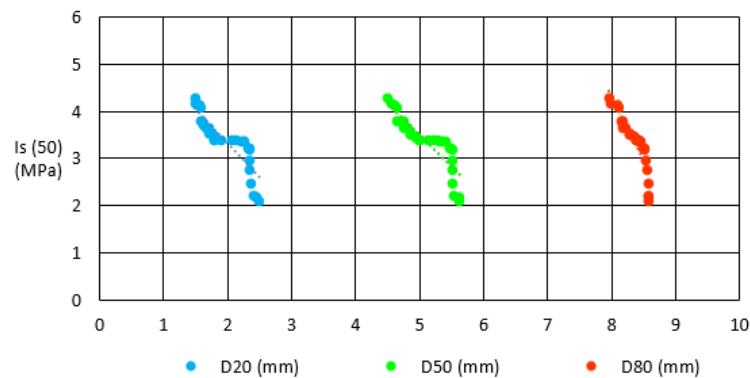
Fig. 4. Muestras o probetas de roca.

III. RESULTADOS

Luego de evaluar los resultados, Tabla 1, se han establecido las diferentes relaciones entre los índices granulométricos y el I_s (50), para las muestras de 5 cm x 10 cm x 10 cm, esto se observa en la figura 5 (Fig.5).

Tabla1. Datos de granulometría e $I_s(50)$ para las muestras de 5 cm.

MUESTRA	D20 (mm)	D50 (mm)	D80 (mm)	$I_s(50)$ (MPa)
1T5	2.493	5.624	8.582	2.099
2T5	2.456	5.615	8.582	2.175
3T5	2.405	5.542	8.576	2.213
4T5	2.363	5.521	8.565	2.473
5T5	2.343	5.516	8.538	2.757
6T5	2.340	5.515	8.529	2.962
7T5	2.337	5.496	8.511	3.186
8T5	2.330	5.484	8.505	3.198
9T5	2.317	5.471	8.501	3.204
10T5	2.269	5.390	8.446	3.345
11T5	2.242	5.362	8.434	3.351
12T5	2.214	5.334	8.427	3.355
13T5	2.127	5.282	8.424	3.365
14T5	2.058	5.228	8.400	3.384
15T5	1.900	5.126	8.388	3.396
16T5	1.805	4.996	8.374	3.399
17T5	1.803	4.978	8.374	3.408
18T5	1.789	4.954	8.351	3.445
19T5	1.789	4.947	8.334	3.465
20T5	1.763	4.855	8.280	3.526
21T5	1.713	4.853	8.266	3.530
22T5	1.709	4.815	8.223	3.649
23T5	1.655	4.752	8.190	3.654
24T5	1.632	4.751	8.163	3.713
25T5	1.614	4.745	8.160	3.795
26T5	1.575	4.657	8.145	3.804
27T5	1.570	4.650	8.121	4.087
28T5	1.554	4.606	8.093	4.124
29T5	1.485	4.555	7.998	4.172
30T5	1.480	4.499	7.959	4.266

**Fig. 5.** Valores de índices granulométricos e $I_s(50)$ de muestras 5 cm.

Las relaciones se presentan a continuación:

$$I_s(50) = -1.4304 \cdot D20 + 6.1694 \quad (6)$$

$$R^2 = 0.7632$$

$$I_s(50) = -1.341 \cdot D50 + 10.195 \quad (7)$$

$$R^2 = 0.7749$$

$$I_s(50) = -2.799 \cdot D80 + 26.716 \quad (8)$$

$$R^2 = 0.8131$$

En la Tabla 2 se presentan los resultados de las muestras de 7 cm x 10 cm x 10 cm y los mismos se los pueden observar en la Figura 6 (Fig. 6). De igual forma se han obtenido sus respectivas relaciones.

Tabla2. Datos de granulometría e $I_s(50)$ para las muestras de 7 cm.

MUESTRA	D20 (mm)	D50 (mm)	D80 (mm)	$I_s(50)$ (MPa)
1T7	1.950	5.180	8.550	1.546
2T7	1.897	5.111	8.511	1.746
3T7	1.854	5.039	8.497	2.062
4T7	1.837	5.004	8.378	2.568
5T7	1.814	4.966	8.367	2.571
6T7	1.814	4.949	8.367	2.655
7T7	1.812	4.926	8.332	2.765
8T7	1.793	4.914	8.325	2.770
9T7	1.771	4.907	8.305	2.778
10T7	1.734	4.896	8.279	2.991
11T7	1.731	4.869	8.279	2.997
12T7	1.729	4.869	8.265	3.155
13T7	1.729	4.859	8.245	3.289
14T7	1.722	4.851	8.242	3.535
15T7	1.716	4.834	8.231	3.647
16T7	1.712	4.812	8.224	3.766
17T7	1.711	4.809	8.208	3.821
18T7	1.675	4.803	8.197	3.824
19T7	1.669	4.797	8.177	3.833
20T7	1.658	4.778	8.173	3.897
21T7	1.642	4.755	8.138	4.017
22T7	1.640	4.741	8.120	4.078
23T7	1.618	4.706	8.112	4.102
24T7	1.611	4.691	8.108	4.117
25T7	1.584	4.689	8.096	4.151
26T7	1.576	4.615	8.090	4.210
27T7	1.493	4.562	8.080	4.216
28T7	1.463	4.468	7.988	4.239
29T7	1.307	4.351	7.922	4.271
30T7	1.297	4.277	7.858	4.330

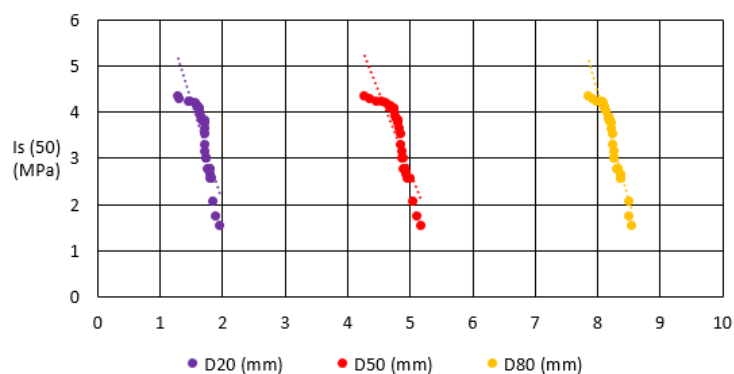


Fig. 6. Valores de índices granulométricos e $I_s(50)$ de muestras 7 cm.

Las relaciones se presentan a continuación:

$$I_s(50) = -4.5171 \cdot D20 + 11.011 \quad (9)$$

$$R^2 = 0.7303$$

$$I_s(50) = -3.4564 \cdot D50 + 19.992 \quad (10)$$

$$R^2 = 0.7543$$

$$I_s(50) = -4.671 \cdot D80 + 41.804 \quad (11)$$

$$R^2 = 0.8827$$

En la Tabla 3 se presentan los resultados de las muestras de 9 cm x 10 cm x 10 cm y los mismos se los pueden observar en la Figura 7(Fig. 7). De igual forma se han obtenido sus respectivas relaciones.

Tabla 3. Datos de granulometría e $I_s(50)$ para las muestras de 7 cm.

MUESTRA	D20 (mm)	D50 (mm)	D80 (mm)	$I_s(50)$ (MPa)
1T9	2.214	5.367	8.483	3.037
2T9	1.824	5.036	8.509	3.190
3T9	1.821	4.997	8.478	3.220
4T9	1.749	4.966	8.452	3.324
5T9	1.738	4.891	8.386	3.415
6T9	1.708	4.863	8.370	3.458
7T9	1.694	4.852	8.338	3.486
8T9	1.689	4.852	8.316	3.514
9T9	1.676	4.839	8.255	3.572
10T9	1.672	4.820	8.254	3.715
11T9	1.665	4.788	8.236	3.865
12T9	1.651	4.776	8.221	3.914
13T9	1.650	4.740	8.218	3.933
14T9	1.631	4.732	8.217	3.937
15T9	1.631	4.705	8.205	3.976
16T9	1.606	4.703	8.194	3.979
17T9	1.586	4.700	8.158	3.996
18T9	1.585	4.697	8.146	4.031
19T9	1.582	4.690	8.132	4.106
20T9	1.575	4.660	8.125	4.187
21T9	1.573	4.657	8.107	4.200
22T9	1.571	4.642	8.095	4.289
23T9	1.570	4.636	8.082	4.311
24T9	1.547	4.636	8.041	4.379
25T9	1.539	4.600	8.038	4.526
26T9	1.524	4.588	8.036	4.733
27T9	1.484	4.533	8.033	4.760
28T9	1.475	4.493	7.98	4.833
29T9	1.446	4.472	7.957	4.956
30T9	1.289	4.200	7.698	4.992

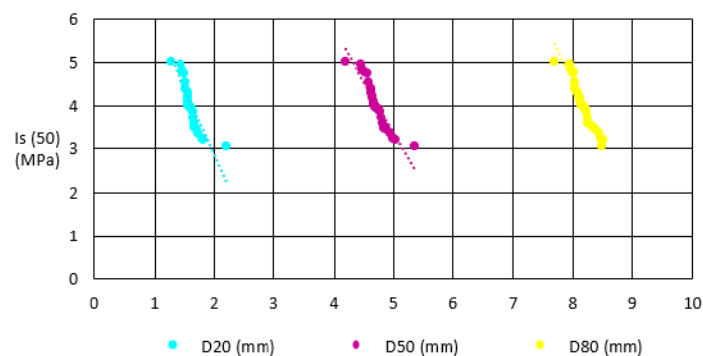


Fig. 7. Valores de índices granulométricos e $I_s(50)$ de muestras 9 cm.

Las relaciones se presentan a continuación:

$$I_s(50) = -3.0309 \cdot D20 + 8.9415 \quad (12)$$

$$R^2 = 0.7614$$

$$I_s(50) = -2.4239 \cdot D50 + 15.473 \quad (13)$$

$$R^2 = 0.862$$

$$I_s(50) = -2.8954 \cdot D80 + 27.714 \quad (14)$$

$$R^2 = 0.9228$$

Se puede observar en las tres tablas, entre los índices granulométricos y el Is (50), que el valor de R_2 aumenta en los resultados de los D80, así mismo mientras las muestras son de mayor dimensión, en lo que se refiere a su diámetro, la correlación tiene una mejor respuesta.

CONCLUSIONES

Una vez evaluados los resultados y las experiencias llevadas a cabo, reconocemos el empleo del procedimiento para la valoración del índice de carga puntual de las rocas y caracterizarlas por medio de los índices granulométricos presentados, específicamente D80 y con muestras de roca de dimensiones 9 cm x 10 cm x 10 cm.

La metodología planteada nos permite determinar que la roca del Cojitambo tiene un índice de carga puntual que varía desde 1.546 MPa hasta los 4.992 MPa, pero debido al análisis de correlaciones, se puede concluir que este rango es más reducido, debido a las muestras de 9 cm por su R_2 , por lo que los límites están entre los 3.037 MPa y 4.992 MPa, lo que la encasilla en un tipo de roca dura.

Debido a lo expuesto se concluye que la resistencia a compresión de la roca (andesita), presente en el sector de Cojitambo, tiene un valor entre 75.925 MPa y 124.8 MPa.

Este tipo de roca puede ser usada para elementos ornamentales o de construcción, debido a que su resistencia a compresión mantendría una durabilidad en el tiempo, pero al mismo tiempo permite una maniobrabilidad en el trabajo de destaje.

Este trabajo presenta una metodología de trabajo simple y sencilla, para la caracterización de la roca en un proyecto minero, por lo que su puesta a punto debe profundizarse con un mayor número de muestras de diferentes tipos de rocas y de esta forma el proceso sea avalado.

REFERENCIAS

- [1] F. Blyth, & M. Freitas. (2003). Geología para Ingenieros. México D.F.: CECSA.
- [2] M. Iriondo. (2006). Introducción a la Geología. Córdoba, Argentina: Ediciones del Río.
- [3] D. Ragan. (1980). Geología Estructural. Barcelona. España: Omega.
- [4] C. Iñiguez, "Velocidad de corte en rocas y su relación con la resistencia a la compresión simple," Tesis de Grado, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador, 2020. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9967>.
- [5] E. Feijoo, C. Flores and B. Feijoo. "The Concept of the Granulometric Area and Its Relation with the Resistance to the Simple Compression of Rocks," 2019 7th International Engineering. Sciences and Technology Conference (IESTEC). Panamá. pp. 52-56. 2019. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8943635>.
- [6] D. Burbano, & T. García. (2016). Estimación empírica de la resistencia a compresión simple a partir del ensayo de carga puntual en rocas anisótropas (esquistos y pizarras). Investigación y desarrollo, 1(2), 13-16. Disponible en: <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.862>
- [7] M. Galván (2015). Mecánica de Rocas. Correlación entre la Resistencia a Carga Puntual y la Resistencia a Compresión Simple. Cali. Programa Editorial.
- [8] A. Peralta, A. Tamayo, "Distribución del tamaño de partículas en material rocoso y su relación con el índice de carga puntual," Tesis de Grado, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador, 2022. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/11951>.
- [9] P. Almache, "Propuesta de correlación entre el corte de rocas y el índice de Point Load Test Is (50)," Tesis de Grado, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador, 2021. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10515>.

- [10] Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2016). Manual de Diseño y Construcción de Túneles de Carreteras. México D. F., México: Secretaría de Comunicaciones y Transporte.
- [11] E. Rodenas. (2020). Muestreo y operaciones unitarias de laboratorio. 1 ed. España. Síntesis.
- [12] E. Feijoo, E. Choco, G. Peláez, & B. Feijoo. (2022). Índice de Carga Puntual y su Relación con Dimensiones en Bloque Regular de Roca. Revista Tecnológica-Espol, 34(2), 28-39.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/886>.
- [13] C. Ureña, "Caracterización de material rocoso mediante granulometría e índice de carga puntual," Tesis de Grado, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador, 2021. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10802>.
- [14] M. Román, "Correlación entre la Deformación y la Resistencia a la Compresión Uniaxial en rocas," Tesis de Grado, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador, 2019. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8926>.
- [15] J. Padrón, "Correlación entre la resistividad de las rocas y la resistencia a la compresión simple," Tesis de Grado, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador, 2020. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10023>.

AUTOR



Ernesto Patricio Feijoo Calle, Ingeniero de Minas, egresado de la Universidad del Azuay (Cuenca-Ecuador), con estudios y pasantías en: Bolivia, Brasil, España, Australia en áreas de geología, geofísica y desarrollo de actividades mineras. Está vinculado a la docencia e investigación en la Universidad del Azuay desde 1991.

La química orgánica desde una perspectiva lúdica para la enseñanza en estudiantes de bachillerato

Fernando Mauricio Sánchez Sánchez
<https://orcid.org/0000-0003-2181-4567>
sanchez.sanchez.fernando@gmail.com
Ministerio de Educación 16d01
Puyo-Ecuador

Cano de Torres Yulixis Nohemi
<http://orcid.org/0000-0003-4442-9039>
yulixis.cano@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo-Ecuador

Recibido (02/11/2022), Aceptado (27/02/2023)

Resumen. - El bachillerato suele ser un espacio académico complejo, por la edad adolescente de los estudiantes y por las exigencias académicas que son, en cada época, un reto para los profesores. Entre las principales materias que causan dificultad a la población estudiantil, se encuentra la química orgánica, necesaria para la formación integral del futuro bachiller, y que incluye elementos básicos de la comprensión de las teorías químicas que son relacionadas de muchas maneras, a la vida cotidiana y futuro laboral. En este sentido, en este trabajo se ha realizado una propuesta lúdica para la enseñanza de la química orgánica en estudiantes de bachillerato, considerando un grupo experimental y un grupo de control. El experimento mostró que los juegos lúdicos favorecen el aprendizaje en un 21,91%, logrando una enseñanza más significativa en los estudiantes.

Palabras clave: Rendimiento académico, juegos lúdicos, química orgánica.

Organic chemistry from a playful perspective for teaching high school students

Abstract. - High school is usually a complex academic space due to the adolescent age of the students and the academic demands that are, at each time, a challenge for teachers. Among the main subjects that cause difficulty for the student population is organic chemistry, which is necessary for the comprehensive training of the future bachelor, and which includes basic elements of understanding chemical theories that are related in many ways to daily life. and future work. In this sense, in this work, a ludic proposal has been made for teaching organic chemistry to high school students, considering an experimental group and a control group. The experiment showed that playful games favor learning by 21.91%, achieving more significant teaching in students.

Keywords: Academic performance, playful games, organic chemistry.

I. INTRODUCCIÓN

Muchas estrategias utilizadas en la enseñanza de la química en diversos niveles educativos pueden no entusiasmar a los estudiantes, bien sea porque la perciben como una ciencia dura, muy familiar, monótona, tediosa, o porque no consiguen la relación con el entorno real de la vida cotidiana y en ocasiones, no se vislumbra la asociación a las actividades laborales. Esto debido a que, en la gran mayoría de los casos, la enseñanza de la química está asociada a clases magistrales con poca integración de los estudiantes [1]. De esta manera es más complejo que el aprendizaje sea dinámico y atractivo para la mayoría de los estudiantes [2], sin embargo, no significa que sean ineficientes, sino que es necesario fortalecer estas estrategias con nuevas propuestas de enseñanza para motivar al colectivo estudiantil.

Para Orozco [3], el aprendizaje basado en juegos permite integrar estrategias didácticas para mejorar el desarrollo de habilidades; además agrega que los juegos digitales son cada vez más utilizados en el área educativa, sin embargo, su integración se ve retrasada por el alto costo de producción. La química es una ciencia que está en constante renovación, gracias a ella nuestra vida cada día se facilita más y tiene aplicación en varias otras ramas de la ciencia con las que se está en contacto diariamente, como son: la física, la biología, la botánica y la medicina [4]. En el ciclo de aprendizaje Química General se aborda el impacto de la química en la vida cotidiana, la industria y el hogar, el estudio de la materia y compuestos inorgánicos, mientras que en Química Orgánica se estudia la química orgánica y el manejo de sustancias. La química orgánica es una rama de la ciencia denominada química y, como tal, posee un lenguaje y reglas especializados [5], [6] que deben dominarse para lograr su mejor aprovechamiento. Este lenguaje y reglas son establecidos por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC de sus siglas inglés).

En este trabajo se plantearon nuevas estrategias para la enseñanza de la química orgánica en estudiantes de bachillerato, para ello se realizaron ensayos con grupos de estudiantes de la Unidad Educativa Luis Freire Robalino de la ciudad de Pastaza en Ecuador. Se consideró esta institución porque en el período de 2018 se incorporó la asignatura mencionada y desde entonces se ha observado desmotivación por parte de los estudiantes ante el aprendizaje de esta. La asignatura se dicta en dos ciclos consecutivos, completando así las exigencias dispuestas por el Ministerio de Educación del Ecuador [7], [8], y cubriendo los requisitos de la química orgánica e inorgánica. En este sentido se plantearon dos juegos lúdicos para la enseñanza de la asignatura, tomando un grupo de control y un grupo de experimentación, ambos de quince estudiantes. Por un lado, se usaron los métodos tradicionales de enseñanza y se realizaron evaluaciones cotidianas, por el otro se emplearon las nuevas estrategias lúdicas y se emplearon las mismas pruebas. La idea fue conocer la forma en que los estudiantes se devuelven en ambos escenarios, además de conocer su apreciación en cada caso y evaluar el conocimiento adquirido con cada una de las estrategias. Este experimento pretende considerar las mejores estrategias para la enseñanza de la química, de manera que el estudiante se sienta cómodo en el proceso de aprendizaje y que este sea efectivo.

II. DESARROLLO

La Química es una rama de la ciencia que se encarga del estudio de la materia, su composición, estructura y propiedades, así como de los cambios que esta experimenta durante las reacciones químicas. La Química estudia la composición, la estructura y las propiedades de la materia, los cambios que la materia experimenta durante las reacciones químicas, la forma en que se relacionan estos cambios y la forma en que afectan a la materia [9]. La Química también estudia la forma en que los elementos se combinan para formar compuestos químicos y cómo se relacionan entre sí. Se estudian también los cambios de estado de la materia (sólido, líquido y gaseoso) y los cambios de energía que acompañan a estos cambios. En este sentido, puede decirse

que la química es una rama de la ciencia de gran importancia, ya que tiene aplicaciones en diferentes áreas profesionales como la medicina, la industria, la agricultura, la tecnología, la biología y muchas otras áreas. Los químicos pueden usar sus conocimientos para desarrollar nuevos productos, mejores procesos de fabricación y tecnologías más limpias. Además, los químicos pueden ayudar a diagnosticar y tratar enfermedades, desarrollar mejores materiales y comprender mejor el medio ambiente.

De esta manera, el estudio de la Química cubre un amplio rango de temas, desde la estructura atómica hasta la química orgánica, pasando por la química inorgánica, la física química, la química computacional y la química ambiental. El estudio de la Química es una de las ramas de la ciencia más importantes, ya que tiene aplicaciones en muchas áreas de la vida cotidiana [10], [4], [2].

Diferentes investigaciones muestran que el estudio de la química tiene una serie de beneficios para los estudiantes. En primer lugar, el estudio de la química ayuda a los estudiantes a entender mejor la composición de los materiales y cómo interactúan entre sí. Los estudiantes también pueden aprender acerca de la estructura de la materia, los tipos de reacciones químicas, y cómo los materiales se comportan en diferentes condiciones. Además, el estudio de la química también les ayuda a desarrollar habilidades analíticas, como la capacidad de pensar de forma crítica y razonar. Estas habilidades son muy útiles para el éxito académico y profesional. Finalmente, el estudio de la química también permite a los estudiantes tener una mejor comprensión de la ciencia y la tecnología [11], [12].

Otras investigaciones muestran que la química es una ciencia que estudia la composición, estructura, propiedades y transformaciones de la materia. Estudia cómo se forman y reaccionan los diferentes elementos químicos para formar compuestos, así como las leyes y principios que rigen estos procesos. Estudia también la forma en que los compuestos químicos se relacionan entre sí y con el medio ambiente. El estudio de la química involucra la realización de experimentos para comprender los procesos químicos y desarrollar nuevas aplicaciones en el campo de la medicina, la ingeniería, la tecnología y otras áreas [13], [10]. La química está estrechamente relacionada con otras ciencias como la biología, la física y la ingeniería, por lo que estudiar la química puede ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades en estas áreas.

Entre los aportes de la química en la vida cotidiana se pueden mencionar [9]:

1. La química ha contribuido a la tecnología de almacenamiento de alimentos. Esto ha permitido a la gente almacenar y disfrutar de alimentos frescos durante más tiempo.
2. La química también ha contribuido al desarrollo de medicamentos y tratamientos médicos que ayudan a mejorar la salud y la calidad de vida.
3. La química ha contribuido al desarrollo de productos de limpieza y cosméticos, que se utilizan en nuestra vida cotidiana para mantener la limpieza y mantener una apariencia saludable.
4. La química también ha contribuido al desarrollo de combustibles y energías renovables para mejorar la vida cotidiana.
5. La química ha contribuido al desarrollo de productos electrónicos, como computadoras, teléfonos celulares, tabletas y televisores, que han mejorado significativamente la vida cotidiana.
6. La química también ha contribuido al desarrollo de productos de embalaje, que permiten proteger los alimentos y otros productos mientras viajan a través del mundo.
7. La química también ha contribuido al desarrollo de productos que contribuyen a la preservación del medio ambiente, como productos de limpieza ecológicos, materiales de construcción sostenibles y combustibles alternativos.
8. La química también ha contribuido al desarrollo de productos químicos industriales, como plásticos, productos farmacéuticos y productos para el cuidado de la piel, que son esenciales para nuestra vida cotidiana.

De esta manera es posible afirmar que, la química ha contribuido en gran medida a mejorar la vida cotidiana, proporcionando productos y soluciones que mejoran la salud y calidad de vida.

A. Los juegos lúdicos en la enseñanza

Los juegos lúdicos son una excelente forma de enseñar de forma divertida y entretenida. Estos juegos permiten que los estudiantes interactúen entre sí mientras aprenden. Los juegos lúdicos pueden ser usados para enseñar una variedad de temas, tales como lenguaje, matemáticas, ciencias, historia, entre otros. Además, ayudan a los estudiantes a desarrollar habilidades cognitivas y habilidades sociales. Estos juegos también pueden ser utilizados como una herramienta para mejorar el comportamiento de los estudiantes, ya que, pueden ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades de trabajo en equipo, la coordinación, la comunicación y la creatividad [1], [6], [14].

Algunos autores afirman que, los juegos lúdicos son una forma divertida de aprender los conceptos básicos de un tema, además también ayudan a los estudiantes a desarrollar habilidades de pensamiento crítico, a mejorar su comprensión y a tener una mejor memoria. Los juegos lúdicos pueden ser usados para enseñar a los estudiantes diferentes maneras de solucionar problemas, ayudando a los estudiantes a pensar de manera creativa y a desarrollar habilidades de liderazgo. De esta manera puede decirse que los juegos lúdicos son una excelente herramienta para enseñar de forma divertida y entretenida. La aplicación de juegos en la enseñanza permite que los estudiantes interactúen entre sí mientras aprenden y desarrollan habilidades cognitivas, habilidades sociales y habilidades de pensamiento crítico [15], [16]. A pesar de que son muy eficientes en la enseñanza para niños, estudios previos han demostrado que también son muy útiles en la enseñanza en jóvenes y adultos.

Algunas estrategias para elaborar juegos lúdicos son:

1. Establecer un objetivo realista: Establecer un objetivo realista para el juego ayudará a mantener a los jugadores motivados. Las metas deben ser desafiantes pero alcanzables para evitar que los jugadores se sientan frustrados.
2. Utilizar elementos de la vida real: Los juegos lúdicos basados en la vida real pueden ayudar a los jugadores a conectar mejor con el juego. Esto les permite relacionar la experiencia de juego con la realidad.
3. Crear una narrativa interesante: Crear una historia interesante para el juego ayudará a motivar a los jugadores. Esto les permite conectar con el juego de una manera más profunda.
4. Utilizar una variedad de mecánicas: Utilizar una variedad de mecánicas de juego ayudará a mantener a los jugadores interesados. Esto les permite explorar y descubrir nuevas formas de jugar el juego.
5. Fomentar la cooperación: En los juegos lúdicos, incentivar la cooperación entre los jugadores es importante para asegurar que todos se sientan involucrados. Esto les permite disfrutar de la experiencia de juego juntos.
6. Incorporar la diversión: La diversión debe ser un aspecto clave de todos los juegos lúdicos. Introducir elementos divertidos en el juego ayudará a mantener el interés de los jugadores.
7. Establecer reglas claras: Establecer reglas claras para el juego ayudará a los jugadores a comprender mejor cómo funcionan las mecánicas del juego. Esto les permitirá disfrutar del juego de una manera más plena.
8. Promover la creatividad: Promover la creatividad entre los jugadores es una excelente manera de motivarlos. Esto les permitirá experimentar con nuevas formas de jugar el juego.
9. Utilizar la tecnología: La tecnología puede ser una excelente herramienta para crear juegos lúdicos interesantes. Esto le permite a los jugadores explorar y experimentar con nuevas formas de jugar el juego.
10. Verificar la usabilidad: Asegurarse de que el juego sea fácil de usar es crucial para el éxito de cualquier juego lúdico. Esto ayudará a los jugadores a navegar por el juego de una manera más plena.

11. Incentivar la competencia saludable: La competencia saludable es un gran elemento para mantener a los jugadores interesados en el juego. Esto les permite sentirse más conectados con el juego y disfrutar de la experiencia de juego.

12. Incorporar la retroalimentación: Incorporar la retroalimentación de los jugadores es una excelente manera de mejorar el juego. Esto les permite compartir sus opiniones y sugerencias para mejorar el juego.

13. Utilizar premios y recompensas: Los premios y recompensas son una excelente manera de alentar a los jugadores a seguir jugando. Esto les permite sentirse recompensados por su esfuerzo y les motiva a seguir jugando.

Los juegos lúdicos en la enseñanza de la química

Los juegos lúdicos son una forma divertida y efectiva de enseñar la química a los estudiantes. Estos juegos pueden ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades relacionadas con la química, como el razonamiento lógico, la solución de problemas y la comprensión de conceptos básicos de química. Algunos juegos lúdicos comunes utilizados en la enseñanza de la química incluyen los siguientes:

- Juego de memoria: los estudiantes tratan de adivinar los nombres de los elementos o las reacciones químicas desde una lista limitada de opciones.
- Juegos de tablero: los estudiantes tratan de adivinar los productos de una reacción química o responder preguntas sobre los elementos, usando diferentes tipos de fichas.
- Juegos de cartas: los estudiantes juegan con una baraja de cartas que contiene información sobre los elementos químicos. Ellos tienen que adivinar los productos de una reacción química y ganar el juego.
- Juegos de puzzle: los estudiantes tratan de armar un rompecabezas con los elementos o las reacciones químicas.
- Juegos de simulación: los estudiantes juegan un juego de simulación en el que tienen que diseñar y construir una fábrica química.

Estos juegos ayudan a los estudiantes a desarrollar habilidades de pensamiento crítico, lógica y solución de problemas, lo que les ayuda a comprender los conceptos básicos de la química. Además, estos juegos son divertidos y ayudan a mantener el interés de los estudiantes en la clase. Otros autores consideran que la lúdica en la enseñanza de la química, puede ser una herramienta útil para el fortalecimiento de las habilidades sociales, el trabajo en equipo, el liderazgo, la motivación en el aula y la integración del docente al aprendizaje del estudiante.

METODOLOGÍA

En este trabajo se consideraron dos hipótesis:

1. Hipótesis nula: Los juegos lúdicos facilitan el proceso de enseñanza aprendizaje de la química orgánica en alumnos de tercer año de bachillerato.
2. Hipótesis alternativa: Los juegos lúdicos no facilitan el proceso de enseñanza aprendizaje de la química orgánica en alumnos de tercer año de bachillerato.

Para llevar a cabo la investigación se trabajó con dos grupos de quince estudiantes cada uno, elegidos al azar. Un grupo conformaría el grupo de control y el otro, el grupo de experimentación (Fig.1). Se organizaron las actividades de tal manera que el grupo de control recibiera las clases magistrales tradicionales, y el grupo experimental recibiera las debidas indicaciones del docente y se acompañara con juegos para complementar la estrategia educativa.



Fig. 1. Proceso metodológico empleado.

Fuente: propia.

Se realizó además un proceso de recolección de información, a través de la guía de observación, las rúbricas de evaluación, el cuestionario y la guía de encuestas. También se utilizó la estadística descriptiva para fortalecer el tratamiento de datos, establecer comparaciones, utilización de pruebas paramétricas para la demostración de hipótesis (Shapiro Wilkis y T de Student). Para ello se consideró un nivel de confianza de 95%.

Las unidades temáticas consideradas para este trabajo de investigación fueron las nomenclaturas y las reacciones de los hidrocarburos. Y los juegos lúdicos considerados fueron la baraja de carbono, el monopolio químico y las maquetas estructurales.

1.Baraja del carbono: después de mezclarse todas las cartas, cada jugador elige una y la ubica de manera que el lado de la estructura quede hacia arriba y procede a sumar los números atómicos de cada uno de los elementos presentes. El jugador que obtenga el mayor resultado repartirá el juego así: se barajan las cartas, se reparten hasta completar 9 para cada uno y 10 para el repartidor, y se deja el resto en la mesa. El objetivo de esta actividad es formar estructuras químicas orgánicas uniendo átomos o grupos de átomos que solo pueden unirse con el símbolo de enlace (-) y procede a nombrar el compuesto orgánico. La actividad termina cuando sólo un jugador queda con cartas.

2.Monopolio Químico: El evento comienza barajando las cartas y entregando una a cada pareja. La pareja con mayor peso molecular dividirá el juego de la siguiente manera: se barajan las cartas, se reparten las cartas hasta que cada pareja obtenga 9 puntos, el banco o crupier obtiene 10 puntos y el resto queda en la mesa. Las parejas de crupieres organizan su juego y proponen y describen una ecuación química si las cartas que tienen y las cartas disponibles en la mesa designada cumplen las condiciones. El juego termina cuando la pareja deja las cartas.

3.Maquetas estructurales: Esta estrategia consiste en que los alumnos realizan una ponencia que consiste en la representación de estructuras moleculares orgánicas de los distintos grupos funcionales existentes, mediante la unión de esferas de espumaflex que simulan ser átomos. Estas esferas deben ser pintadas de distintos colores: los carbonos se representan de color negro, los hidrógenos rojos, los oxígenos azules, los halógenos verdes, los metales grises y los nitrógenos amarillos. Una vez concluidas las exposiciones, se pide a los estudiantes resolver un crucigrama y se lleva a cabo una retroalimentación por parte del docente para diferenciar las propiedades físicas y químicas de cada grupo funcional y así lograr una plena contextualización de los contenidos temáticos.

RESULTADOS

Una vez realizado el experimento académico, se pudieron encontrar los siguientes resultados: En la tabla 1 se muestra la homogeneidad de la prueba de Shapiro-Wilk, observando que los datos cumplen con los requisitos de la normalidad con base en el método de la hipótesis alternativa 1 (HA1) y la hipótesis nula 1 (HO1):

HA1: Las muestras CG y EG siguen una distribución normal.

HO1: Las muestras CG y EG no siguen una distribución normal.

Tabla 1. Pruebas de normalidad de Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk.

	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Nota Parcial 1 Grupo Experimental	0,194	15	0,134	0,925	15	0,230
Nota Parcial 2 Grupo Experimental	0,188	15	0,160	0,926	15	0,237
Nota Parcial 1 Grupo de control	0,138	15	0,200	0,955	15	0,606
Nota Parcial 2 Grupo de control	0,180	15	0,200	0,929	15	0,266

Fuente: propia.

En vista de que p-valor obtenido corresponde a $p=0.8 > \alpha=0.05$, se puede decir que no existe evidencia suficiente para rechazar la HA1, este resultado confirma que los datos siguen una distribución normal (Figura 2).

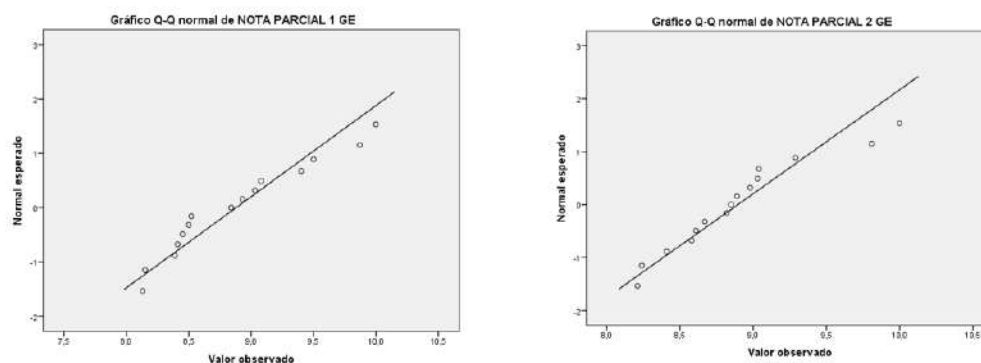


Fig. 2. Distribución normal de los datos los grupos de control y experimental.

Todos los valores de p en la prueba fueron superiores a 0,05, es decir las variables presentaban una distribución normal y por lo tanto se pueden utilizar las pruebas paramétricas, por lo que a estas distribuciones se les aplicó la prueba t de Student para comparar los grupos y así determinar si había diferencia significativa entre ellos (Tabla 2).

Tabla2. Estadísticas de grupo para examinar las diferencias entre los grupos de control y experimental.

	Parámetro	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Primer progreso	Notas Grupo control	15	6,62	0,98	0,25
	Notas grupo experimental	15	9,35	0,62	0,16
Segundo progreso	Notas Grupo control	15	6,37	0,85	0,22
	Notas grupo experimental	15	9,42	0,77	0,19

A. Comparación de los grupos en los momentos de la evaluación de las unidades temáticas

Se realiza una evaluación previa (pretest) y una evaluación posterior (postest) en cada grupo de pruebas, con el fin de evaluar la incidencia del trabajo desarrollado. En este experimento el test elaborado consta de la misma información, con el fin de medir las características de las estrategias metodológicas antes de su empleo y luego de su empleo, y evaluar el impacto en los estudiantes.

En la Tabla 3 se registra la comparación entre los grupos con base en las calificaciones obtenidas en el pretest y postest en las diferentes unidades temáticas.

Tabla3. Estadísticas de grupo para examinar las diferencias entre los grupos de control y experimental.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. Bilateral	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Notas progreso 1	Se asumen varianzas iguales	2,26	0,14	-9,10	28	0,00	-2,73	0,30	-3,35	-2,12
	No se asumen varianzas iguales			-9,10	23,64	0,00	-2,73	0,30	-3,35	-2,11
Notas progreso 2	Se asumen varianzas iguales	0,18	0,675	-10,31	28	0,00	-3,05	0,29	-3,65	-2,44
	No se asumen varianzas iguales			-10,31	27,68	0,00	-3,05	0,29	-3,65	-2,44

Se aplica la prueba T de Student para determinar si las diferencias de calificaciones entre el pretest y postest son significativas dentro del mismo grupo y para determinar si las diferencias en las calificaciones entre los grupos de control y experimental son significativas.

Se consideró que hubo una diferencia significativa entre los dos grupos en los resultados del pre y post test, lo que indica que el juego educativo y la intervención con el taller mejoró los efectos de resultado del rendimiento académico. En la tabla 2 se observa que la mediana del postest obtenida con el grupo experimental fue mayor que la del grupo de control. Para determinar si esta mejora en la competencia era significativa, los resultados de la prueba T de Student se interpretaron con un valor de p inferior a 0,05 para los sujetos que indicaban una mejora significativa en el rendimiento académico para grupo experimental en comparación con el grupo de control. Estos resultados muestran que los juegos educativos funcionan como herramientas de apoyo.

Los juegos lúdicos condujeron a un mejor desempeño de los estudiantes en el grupo experimental, de tal manera que el grupo de intervención de juegos educativos logró puntuaciones muy buenas e incluso satisfactorias en los dos períodos de tiempo evaluados, en comparación con el grupo de control que obtuvieron calificaciones regulares.

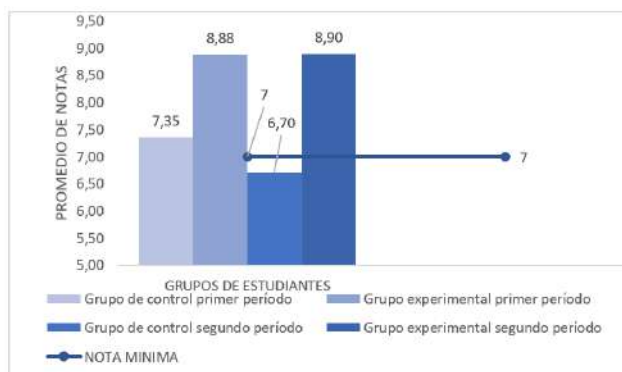


Fig. 3. Promedios obtenidos del grupo de control GC vs Grupo experimental GE antes y después de aplicar los juegos lúdicos.

En la gráfica de medias se observa que existe un aumento de 1,53 puntos en relación con el primer período de tiempo y de 2,2 puntos en el segundo período evaluado del grupo de control y el grupo experimental. Pese a ello, no se debe perder de vista el hecho de que los resultados aún no son del todo satisfactorios, considerando que la calificación mínima aprobatoria para el programa educativo del Bachillerato General Unificado debe ser de 7 puntos [7].

CONCLUSIONES

Los juegos didácticos en la enseñanza han demostrado, a lo largo de la historia, que son idóneos para la comprensión de conceptos, el trabajo en equipo, y el desarrollo de habilidades y destrezas propias de cada tema, ya que son herramientas metodológicas que aportan de muchas formas a una amplia variedad de asignaturas, entre ellas, sin duda, a la química.

La enseñanza en la edad adolescente no es una tarea sencilla, en los tiempos actuales los jóvenes exigen más dinamismo en las metodologías educativas, pues se aburren con facilidad y esperan una mayor integración de aspectos tecnológicos que le motiven a atender los temas de estudio. En este sentido, resulta de gran importancia la adaptación de las metodologías educativas para alcanzar un modelo híbrido de enseñanza, entre la ciencia y la sociedad.

En el estudio realizado se ha logrado comprobar la hipótesis nula, pues se evidenció un aprendizaje mayor en estudiantes que aplicaron juegos didácticos para la comprensión de los temas de nomenclaturas y reacciones de los hidrocarburos, en la asignatura de química orgánica. Mientras que los estudiantes con métodos puramente tradicionales no alcanzaron la misma motivación y el aprendizaje fue menos efectivo.

Es posible la aplicación de otros juegos didácticos en otras áreas temáticas, no solamente en la asignatura de química, sino además en otras donde la lúdica puede representar una herramienta valiosa para la enseñanza.

La enseñanza con juegos lúdicos no es una tarea sencilla, el docente debe contar con la experticia necesaria y suficiente para su implementación, además debe contar con el tiempo y las estrategias de aula aptas para la aplicación de los métodos lúdicos. La formación profesional en estas metodologías será la clave para alcanzar mejores resultados y proporcionar mejores propuestas lúdicas.

REFERENCIAS

- [1] H. Cevallos, «Impacto de la aplicación del método científico con soporte informático en el aprendizaje de la química de los estudiantes del quinto semestre» Universidad Técnica de Manabí-Ecuador, Manabí-Ecuador, 2017.
- [2] C. Tejada, D. Acevedo y A. Mendoza, «Didáctica para la Enseñanza del Concepto de Valencia Química.,» Revista Formación Universitaria. , vol. 8, n° 5, pp. 35-42, 2015.
- [3] L. Orozco, «Estudio comparativo de los modelos de evaluación de la calidad e-learning en el Sistema de Universidad Virtual de la Universidad de Guadalajara México y propuesta complementaria.,» Universidad de Guadalajara México, Guadalajara México, 2019.
- [4] T. Busquets, M. Silva y P. Larrosa, «Reflexiones sobre el aprendizaje de las ciencias naturales: Nuevas aproximaciones y desafíos.,» Estudios pedagógicos (Valdivia), vol. 42 (Especial), n° 117-135, 2016.
- [5] K. Marcano Godoy, «Estrategias didácticas para la enseñanza y aprendizaje de “Los elementos químicos y su información en la tabla periódica.,» Revista Educación las Américas, vol. 10, pp. 84-105, 2020.
- [6] O. R. Lozano Lucia y A. Sánchez López De Andújar, «Diseño, aplicación y resultado de una estrategia de ludificación como actividad de cierre en clases de química.,» Educación Química, vol. 32, n° 4, pp. 60-73, 2021.
- [7] Ministerio de Educación del Ecuador, 2020. [En línea]. Available: <https://educacion.gob.ec/>.
- [8] INEVAL, «Instituto Nacional de Evaluación Educativa.,» 2020. [En línea]. Available: <http://evaluaciones.evaluacion.gob.ec/BI/informes-resultados/>.
- [9] E. Rodríguez, «EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA DE LA VIDA.,» Revista de Postgrado FACE-UC, vol. 7, n° 12, p. 364, 2013.
- [10] A. Franco-Mariscal, A. Tomás-Serrano, V. Jara-Cano y F. Ortiz-Tudela, «El bingo como recurso didáctico en el aula de secundaria.,» Educación Química, vol. 21, n° 1, pp. 78-84, 2010.
- [11] C. Tejada, C. Chicangana y Á. Villabona, «Enseñanza de la química basada en la formación por etapas de acciones mentales (caso enseñanza.,» Revista Virtual Universidad Católica del Norte, vol. 1, n° 38, pp. 143-157, 2013.
- [12] K. C. H. M. Marcano Godoy, «Uso de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje del contenido en enlace Químico y sus Propiedades centrado en habilidades cognitivas en estudiantes de educación media chilena.,» Revista Educación Las Américas, vol. 9, pp. 19-35. , 2020.
- [13] K. Marcano Godoy, «PICTOLAB: un juego didáctico empleado para la enseñanza y aprendizaje de los materiales y equipos de mayor uso en el laboratorio de ciencias.,» Revista de Investigación, vol. 42, n° 95, pp. 76-101, 2018.
- [14] K. Marcano Godoy, «Aplicación de un juego didáctico como estrategia pedagógica para la enseñanza de la estequiometría.,» Revista de Investigación, vol. 39, n° 84, 2015.
- [15] L. Ángeles y A. Cadena, «La importancia del pensamiento complejo y de la transdisciplinariedad para el estudio de las organizaciones.,» Administración y organizaciones, pp. 10-29, 2021.
- [16] D. Mendoza, Y. Rojano y E. Salas, «El pensamiento estratégico como herramienta de innovación tecnológica en las PYMES.,» Sotavento MBA, pp. 50-65, 2018.
- [17] H. Cevallos, «Impacto de la aplicación del método científico con soporte informático en el aprendizaje de la química de los estudiantes del quinto semestre, Escuela de Química y Biología.,» Universidad Técnica de Manabí, Manabí-Ecuador, 2017.
- [18] O. R. Lozano Lucia y A. Sánchez López De Andújar, «Diseño, aplicación y resultado de una estrategia de ludificación como actividad de cierre en clases de química.,» Educación Química, vol. 32, n° 4, pp. 60-73, 2021.
- [19] A. Gutiérrez Mosquera y D. Barajas Perea, «Incidencia de los recursos lúdicos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química Orgánica I.,» Educación Química., vol. 30, n° 4, 2019.

Aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de biología en la educación para adultos

Macanchi Procel Narcisa de Jesús
<https://orcid.org/0000-0003-3700-311X>
narcisamacanchiprocel@outlook.com
Universidad Técnica de Manabí,
Portoviejo, Ecuador

Oscar David Seni Pinoargote
<https://orcid.org/0000-0003-0451-0430>
oscar.seni@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí,
Portoviejo, Ecuador

Recibido (29/10/2022), Aceptado (25/01/2023)

Resumen. - En este trabajo se presenta una investigación de campo donde se han analizado los conceptos de la biología asociados a la terminología genética relacionada a la frecuencia de alelos, a partir de la implementación de dos tipos de metodologías de enseñanza: la metodología tradicional con clases magistrales y la metodología de aprendizaje basado en problemas, ambas aplicadas a un grupo de personas de escolaridad inconclusa con edades comprendidas entre 20 y 60 años. Se tomó un grupo experimental y uno de control, y se realizaron pruebas pretest y post test, para conocer el aporte de la actividad realizada. Los principales resultados muestran que ambas metodologías son significativas para el aprendizaje, sin embargo, el aprendizaje basado en problemas arrojó mejores resultados en relación con el pretest.

Palabras clave: Frecuencia de alelos, aprendizaje basado en problemas, biología, educación.

Problem-Based Learning for Teaching Biology in Adult Education

Abstract. - This paper presents field research where the concepts of biology associated with genetic terminology related to the frequency of alleles have been analyzed from the implementation of two types of teaching methodologies: the traditional methodology with masterclasses and the problem-based learning methodology, both applied to a group of people with unfinished schooling aged between 20 and 60 years. Experimental and control groups were taken, and pretest and posttest tests were carried out to know the activity's contribution. The main results show that both methodologies are significant for learning. However, problem-based learning yielded better results than the pretest.

Keywords: Allele frequency, problem-based learning, biology, education.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las ramas de las Ciencias Naturales es la Genética, la misma que a nivel mundial gracias a los avances científicos se ha encontrado en un progresivo auge. El aprendizaje de la genética es una de las temáticas conceptuales más complejas por su variedad de términos y amplio contenido, su estudio es considerado de acuerdo con análisis estadísticos una de las carreras con mayor demanda y progreso gracias a sus descubrimientos científicos utilizados en nuestro mundo actual [1], a su vez al estar relacionado a nuestra realidad evolutiva observable, motiva a los estudiantes a su aplicación y aprendizaje. Su integración dentro del currículo 2016 en el Ecuador es una aportación fundamental en la educación superior y por ende a una vida laboral relacionada a la salud y a la investigación.

Investigadores han concluido que el principal factor de la divergencia en rendimiento son las características del hogar (educación de los padres, riqueza y bienes culturales). Le siguen, por orden de importancia, las diferencias en recursos de los centros educativos (profesorado e infraestructuras), las características del estudiante (sexo, si cursó preescolar, confianza en sus capacidades y condición de repetidor) y el ambiente de trabajo en los centros relacionados al profesor alumno, moral del profesorado y disciplina en el centro) [2]. Las principales complicaciones del estudiante en el estudio de la genética son sus ideas propias, basadas en su experiencia y creencias arraigadas en su proceso de desarrollo cognitivo [3], como también la aplicación en clases de modelos tradicionales en un nivel pasivo de enseñanza-aprendizaje, influyendo en la baja motivación para emprender vocaciones científicas [4].

Estos componentes han afectado el provecho de la terminología científica de la comprensión de los avances científicos y tecnológicos que se han aplicado y se han venido desarrollando en la actualidad. Sin embargo, al pasar el tiempo se han promovido estudios que exponen como el acercamiento de la ciencia a las experiencias diarias de los estudiantes permite promover la curiosidad por las materias del área de las ciencias naturales creando una cultura científica [4]. Tratando de redirigir esta problemática, se ha investigado la efectividad de la aplicación de numerosas metodologías de aprendizaje en la cual la generación del conocimiento es exclusivamente del escolar, con breve guía del docente. Una de estas es el ABP (aprendizaje basado en problemas) metodología impulsadora y dinamizadora que conlleva un trabajo analítico para el rol docente en su elaboración y que permite al estudiante involucrarse en procesos de investigación, minimizando su deserción [5].

En este ABP los estudiantes sacan de la piscina genética los frejoles que representan los alelos de un ser determinando la Generación Filial I y II, así mismo la selección de las condiciones del medio en el que se desarrollarán aquellos individuos son determinadas al azar con ayuda de una moneda. De esta forma a través de actividades de análisis de supervivencia de las generaciones planteadas en el problema los estudiantes refuerzan el contenido de selección natural, introducción a la genética y consolidan la definición de frecuencia de alelos.

II. DESARROLLO

A. Teorías pedagógicas

La educación desde el siglo XVIII promueve la divulgación de los trabajos científicos, la misma que se implementó mediante lecciones magistrales y prácticas de laboratorio que fueron dirigidas por los científicos de la época siguiendo el modelo de enseñanza transmisión/recepción con miras a la educación superior como preparatorio del futuro científico. Más adelante, a mediados del siglo XX el sistema de enseñanza antiguo se va opacando por la difusión de corrientes pedagógicas centradas en la educación de las ciencias [6].

Entre las teorías pedagógicas con mayor énfasis en la educación tenemos al [7] conductismo cuyo aprendizaje se produce cuando hay un cambio en el comportamiento de los individuos [8], también el constructivismo que se basa en la cimentación del conocimiento mediante la acción propia del estudiante a partir de actividades guiadas por el docente, de igual modo el cognoscitismo que es un aprendizaje producto de la lógica aplicada a la relación de eventos o transformación del pensamiento producto de la interacción entre ambiente externo e interno, de la misma manera el aprendizaje social directo producto de la observación a otros individuos, y el Socio-constructivismo cuyo aprendizaje se sustenta en la interacción social es decir con la comunidad y con sus compañeros.

B. El constructivismo en la Genética de Poblaciones.

En la actualidad todavía persisten clases con metodologías tradicionales donde los docentes son los que imparten su sapiencia mediante aprendizaje pasivo a los estudiantes [9], estos saberes compartidos por los maestros son el resultado de la integración de sus conocimientos académicos, disciplinar, didácticos y experienciales [10]. A pesar de esto, a la vez, se muestra que la capacitación es adoptada por los maestros con motivos de mejoramiento de currículo, producto de la alta oferta de profesionales o a su vez por ser un requisito en el ascenso docente en el que se menciona la aprobación de 330 horas de actualización y formación en el ámbito de la Educación [11], este aprendizaje favorece al cuestionamiento de las metodologías de enseñanza aplicados de manera personal, intercambio de experiencias y fortalecimiento de habilidades [12].

Una de las teorías más utilizadas actualmente a pesar de su antigüedad es el constructivismo ya que está implicada directamente con el nivel dinámico y productivo del alumnado, una de las metodologías que se apoya en esta teoría es el Aprendizaje basado en problemas, el análisis de varios ABP sobre genética estudiados anteriormente en artículos científicos de manera unitaria y en equipo evidencian que estas agrupaciones experimentales alcanzan valores más elevados del índice de mejora y profundidad en el aprendizaje [13]. Por lo tanto, es importante mencionar que el constructivismo en el estudio de la genética ha permitido incorporar conceptos en los estudiantes más no por la memorización de estos y más bien por la práctica que ejercen en problemas trazados [14].

C. Importancia del estudio de frecuencia de alelos

El genotipo y fenotipo determinan la estructura genética, física y funcional de cada individuo, la frecuencia de alelos podríamos definirla como el porcentaje de estudio de cada forma de gen (alelo) que se encuentre dentro de una población, su estudio permitirá conocer la constitución genética de poblaciones, percatarse si han experimentado o experimentan procesos evolutivos, accediendo a relacionarlo con otras poblaciones de igual o distinta especie, las frecuencias pueden variar entre poblaciones aún más si aumenta la distancia de su ubicación geográfica. A su vez, la correlación de las frecuencias alélicas con algunos factores ambientales ha permitido determinar ciertas adaptaciones genéticas [15]. Además, las poblaciones no son estáticas, es decir hay nacimientos, muertes, migraciones, que gracias al transcurso del tiempo provocarán permutaciones en la organización genética de las mismas que se irán acumulando, originando una evolución biológica. El estudio de las frecuencias alélicas o genotípicas es uno de los temas al estudiar la genética de Poblaciones [16]. En este sentido, se sabe que, la genética brinda información de los términos alelos y mutación, de gran importancia para el estudio de la Teoría Evolutiva, específicamente los mecanismos micro evolutivos, como los cambios en la frecuencia. Para un mayor aprendizaje se debería secuenciar las temáticas que ya que tienen una angosta relación como por ejemplo genética y luego mecanismos evolutivos [17].

D. El Aprendizaje basado en problemas (ABP)

El ABP es una metodología que mediante problemas los estudiantes se transforman en protagonistas en la resolución de problemas de la vida cotidiana, llevando a la par el fundamento científico, así como también las competencias adquiridas en su entorno, social, familiar y educacional. Es imprescindible indicar que el uso de TIC permite ampliar las posibilidades de simulaciones, ahorro de tiempo en la escritura de las indicaciones en pizarras o mejorar la experiencia de actividades que no son posibles realizar solamente con la ayuda de tableros y libros [18]. Al igual que muchas metodologías esta ofrece ventajas como por ejemplo una mayor asimilación del conocimiento, pero así mismo se presentan desventajas como la falta de experticia en la elaboración de un ABP, la motivación del profesorado, el esfuerzo y dedicación que conlleva diseñar una clase mediante esta metodología, un considerable aumento del trabajo del estudiante al cual no está acostumbrado [19].

E. Aprendizaje basado en problemas en la Enseñanza de adultos.

La enseñanza a adultos tiene sus orígenes desde varias décadas pasadas en las cuales se evidencia el régimen liberal (campañas civilizadoras, periodo desarrollista) y régimen neoliberal. De ahí que a las campañas civilizadoras se le denomina a la época que data entre 1944 y 1961 en donde se desarrollan las campañas de alfabetización coordinadas por instituciones privadas desarrolladas a partir del conflicto entre Ecuador y Perú en 1941, para rescatar su identidad y fortaleza. Ecuador en 1947 pasa a ser miembro de la Primera Conferencia Internacional de Educación para Adultos evento promovido por la UNESCO en 1949. Con respecto al Periodo desarrollista comprendido desde 1963 a 1977 el estado creó un Departamento de Educación de Adultos el mismo que realizó un Plan Nacional Masivo de Alfabetización, en donde a la culturización se sumó la productividad. Desde 1988 a 1989 se incrusta la Campaña de Alfabetización "Monseñor Leónidas Proaño" referente para los procesos realizados en la actualidad. Mientras que 1990 fue una década perdida y hasta de retroceso para la educación.

El régimen neoliberal desarrollado desde el 2006 dio inicio al Proyecto de Educación Básica para Jóvenes y Adultos (EBJA), en el 2015, surgieron procesos denominados post alfabetización, básica superior intensiva y bachilleratos intensivos. Actualmente la Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI) rige la educación de personas jóvenes y adultas de nuestro país [20]. De esta manera, la historia de la educación nos muestra la lucha por la educación puesto que es fundamental para todos en especial aquellos que por diferentes motivos no pudieron continuar, lo que nos hace conscientes del esfuerzo que hacen la población estudiantil por su edad, horarios de trabajo, tiempo de deserción escolar, discapacidades físicas u intelectuales [21].

Por todas estas dificultades se ha requerido buscar metodologías que permitan una mayor implicancia y asimilación una de estas conocida como ABP ha sido aplicado como parte de la práctica diaria y de investigaciones en una variedad de disciplinas, edades y niveles de educación [22]. Específicamente al analizar el aprendizaje basado en problema aplicado en adultos, es importante denotar el estudio transformacional el cual se basa en un proceso reflexivo que permita replantear ideas que se creía ya arraigadas en el conocimiento de algunos de los individuos, por aquellas que sean más relacionadas a la comprensión de la realidad o de nuevos hechos. De no ser así, el estudiante no comprendería la utilidad de la idea y más bien estaría obteniendo una formación temporal producto de la repetición) [23].

Centrándonos en el caso particular de la biología evolutiva, podemos mencionar al menos ocho obstáculos epistemológicos teleología, esencialismo, razonamiento causal lineal, razonamiento centrado en el individuo, determinismo, progresividad del sentido común, antropomorfismo y vitalismo. En este artículo solo nos detendremos a explicar el primero, dada su relevancia dentro de la biología, así como de su enseñanza [24].

III. METODOLOGÍA

Con la premisa de aplicar y evaluar el uso del aprendizaje basado en problemas, se analizó la experiencia con un diseño de muestreo no probabilístico de tipo intencional la cual consta de 90 personas con escolaridad inconclusa de tercero de bachillerato (20 a 60 años) que cursan sus estudios en la Sección nocturna del Colegio de Bachillerato Nueve de Octubre, en la ciudad de Machala, provincia del Oro, en Ecuador, durante el año 2022.

El diseño de esta investigación es cuasiexperimental (Fig.1) por lo que se contó con un grupo de control en el cual se impartió la clase teórica tradicional y otro grupo experimental donde se aplicará la metodología del aprendizaje basado en problemas. Los instrumentos utilizados dentro del proceso de investigación fueron la evaluación previa al experimento (diagnostica) y la evaluación posterior al experimento (formativa), considerando el experimento como el proceso de aplicación del aprendizaje basado en problemas.

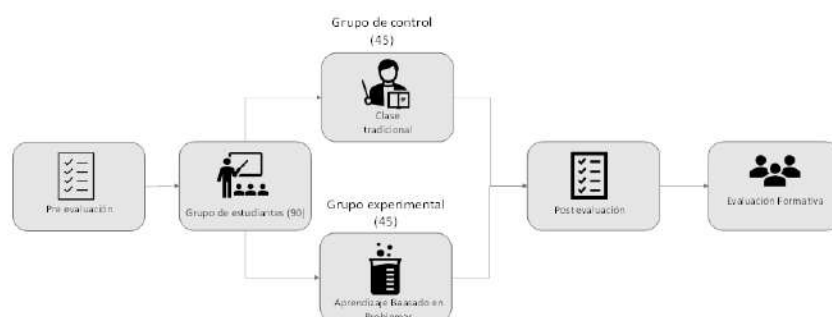


Fig. 1. Esquema de trabajo realizado, con un grupo de control y uno experimental, un pretest y un post test.

Fuente: propia.

En el grupo de control la metodología aplicada fue la tradicional que contó con cuatro clases de 30 minutos, en la primera y cuarta se aplicaron las evaluaciones antes mencionadas, mientras que en la segunda se dictaron las definiciones de los términos evaluados y en la tercera se explicaron por parte del docente cada uno de ellos. De tal forma, se puede determinar que las fases del aprendizaje basado en problemas son tres: evaluación diagnóstica, desarrollo del aprendizaje basado en problemas y finalmente evaluación formativa.

A. Fase 1 evaluación diagnóstica

El objetivo de la presente actividad fue indagar el conocimiento previo de los estudiantes en relación con la terminología genética relacionada a la frecuencia de alelos, para la cual se aplicó una prueba escrita de ocho preguntas con una ponderación de 1,25 puntos, cuya estructura fue igual tanto para el grupo de control como para el experimental.

B. Fase 2 observación y guía del desarrollo de aprendizaje basado en problemas

Los materiales utilizados fueron cinco vasos transparentes, una moneda de cualquier valor, 75 fríjoles de color marrón (Alelo M+) y 25 fríjoles blancos (Alelo C-) ambos del mismo tamaño, además se les facilitó un marcador.

Para iniciar las actividades del aprendizaje basado en problemas se explicó la situación a resolver, el cual indicaba que cuando en la población nace un lémur con el alelo MimuDRB*28 y CHme-DRB*08 (Alelo M+ dominante) los mismos presentan infección por Áscaris, el cual es un parásito con efectos perjudiciales como malnutrición, bajo desarrollo cognitivo y disminución del éxito en el embarazo, características que afectan al crecimiento y factibilidad de una población. Por otro lado, si el o los lémures presentan el alelo Chme-DRB*01 (Alelo C- Recesivo), estos nuevos individuos no son susceptibles de presentar infección por Áscaris. Se hace énfasis en los conceptos; la F1 se define como la generación filial 1 es decir son los hijos de los 75 fréjoles de color marrón y 25 fréjoles blancos. Mientras que la F2 se define como la generación filial 2 es decir son los nietos de los 75 fréjoles de color marrón y 25 blancos. De tal manera que se requiere analizar la frecuencia de alelos de la F1 y F2 en una población de 100 lémures con alelo M+ y 25 lémures con alelo C- en ambientes representados por la moneda con presencia de áscaris (sello) y sin la presencia de áscaris (cara), siguiendo el proceso detallado por sesiones posteriormente.

En una primera sesión se etiquetan los vasos, para seguir un proceso ordenado y coherente, en la tabla 1 se muestran las etiquetas que deben llevar y la cantidad de vasos que se deben emplear.

Tabla 1. Nomenclatura de los vasos a utilizar.

Vasos utilizados	Iniciales
1	M+, M+
2	M+C
3	C-C-
4	Piscina genética
5	No sobreviven.

Luego, en el vaso denominado piscina genética se agregan los 75 fréjoles de color marrón y los 25 fréjoles blancos y se mezclan. Sin observar y de manera aleatoria, se toman dos fréjoles de la piscina genética simulando ser un individuo con características propias, producto de una combinación al azar que ocurre durante la fertilización. Para evaluar si este nuevo individuo que se ha formado, estará o no expuesto a la infección por áscaris, se lanza una moneda al aire, asignado el sello a la opción de que si estará expuesto y cara a la opción de que no estará expuesto. Seguido a esto, se utilizan los parámetros de la tabla 2 para hacer la clasificación de los vasos etiquetados. De esta manera se obtienen los elementos de la primera generación filial. Para la siguiente generación, se descartarán a los individuos del vaso etiquetado como "no sobreviven". Es importante señalar que la piscina genética inicial está constituida por todos los alelos que sobreviven (todos los vasos restantes). Por tanto, el proceso se repite hasta completar todos los alelos de la piscina genética. Tanto los datos de la primera generación filiar como de la segunda se llevan en un registro tabulado. La tabla 2 muestra los impactos ambientales producidos por factores genéticos.

Tabla 2. Impacto ambiental a factores genéticos.

Pares de alelos	Consecuencia (determinado por el genotipo)	Propenso a la infección por áscaris (sello)	No propenso a la infección por áscaris (cara)
M+ M+ (marrón +marrón)	Están propensos a áscaris	Muere: "no sobrevive"	Vive: "M+ M+"
M+ C- (Marrón + Blanco)	Están propensos a por áscaris	Muere: "no sobrevive"	Vive: "M+ C-"
C- C- (Blanco + Blanco)	No son propensos a por áscaris	Vive: "C- C-"	Vive: "C- C-"

En una segunda sesión, se procedió a determinar la frecuencia de alelos, tomando en cuenta la información recolectada en la primera sesión. Para ello se consideró la cuantificación de alelos M+ (Total de M+ M+ y la mitad de M+ C-) y la cuantificación de alelos C- (Total de C- C- y la mitad de M+ C-), tanto para F1 y F2. Adicional a esto, y considerando los datos obtenidos, se procedió a tabular lo referente a padres, generación filial 1(F1), generación filial 2(F2), para los grupos creados, y en cada caso se evaluó la suma valores de clase y el porcentaje de frecuencia de alelos. A su vez, se tuvo en cuenta la ecuación (1) y (2) para el total de clases.

$$\frac{\text{Total "M + "}}{\text{Total ("M + " "C - ")}} \times 100 = \% \text{Alelo "M + " } \quad (1)$$

$$\frac{\text{Total "C - "}}{\text{Total ("M + " "C - ")}} \times 100 = \% \text{Alelo C-} \quad (2)$$

Finalmente, en la tercera sesión, que se destaca por la relevancia de análisis y síntesis para la comprensión de la actividad y de los conceptos asociados. Para ello, se realizó una plenaria de intercambios de conocimientos, entre docentes y estudiantes, para discutir el tema. Entre los principales debates realizados se tomó en cuenta lo que representan los fréjoles de color marrón y los fréjoles de color blanco, así como la significancia de la moneda en el proceso de selección, pero además se reforzaron los conceptos de frecuencia de alelos y su relación con la evolución, considerando además las fuerzas selectivas que se aplicaron en el experimento, y el análisis sobre las frecuencias M+ y C-, para evaluar su comportamiento dentro del experimento, es decir, conocer si aumenta o disminuye.

C. Fase 3 evaluación formativa

La evaluación formativa se aplicó a ambos grupos con la finalidad de observar los cambios de aprendizaje generados en el transcurso de la aplicación de la clase tradicional para el grupo control y la aplicación del ABP en el grupo experimental con cambios generados en número de opciones y preguntas con la finalidad de evitar el efecto memoria en la evaluación final.

IV. RESULTADOS

Se obtuvieron resultados según la evaluación de ocho preguntas en el pretest y post test del grupo de control y del experimental.

A. Porcentaje de preguntas mal o no contestadas

El porcentaje de preguntas mal o no contestadas en el grupo experimental en el pretest es de 70.5% y en el post test es de 55.5%. Mientras que en el grupo de control se obtuvo en el pretest un valor de 60,5% y en el post test es de 58,3%.

B. Porcentaje de aciertos por pregunta

La primera pregunta hace énfasis a la definición de presión selectiva, en la cual se evidencia aumento de aciertos de 2,2% del pretest a 3% del post test en el grupo experimental, en contraparte se evidencia un descenso del 2,4% al 1,3% del pretest al post test en el grupo de control.

En lo concerniente a la segunda pregunta, que hace referencia a la definición de acervo genético en la cual se evidencia aumento de aciertos de 3,8% del pretest a 6,1% del post test en el grupo experimental, y un mayor porcentaje en el grupo de control de 0% a 5,8%.

En cuanto a la tercera pregunta, esta muestra la identificación de las características del cambio evolutivo por parte de los estudiantes, en la que se observa un aumento de aciertos de 1,3% del pretest a 3,5% del post test en el grupo experimental y de la misma forma un leve aumento en el grupo de control de 2,8% a 3,2% del pretest al post test.

Con respecto a la cuarta pregunta, la cual detalla la comprensión de la definición de genética de poblaciones misma que evidencia un aumento de aciertos de 1,6% del pretest a 2,8% del post test en el grupo experimental, y un mayor porcentaje en el grupo de control de 0% a 1,9% del pretest al post test.

Acerca de la quinta pregunta en la que se define el término alelo, se observa un aumento de aciertos de 0,9% del pretest a 5,2% del post test en el grupo experimental y de la misma forma un leve aumento en el grupo de control de 3,2% a 3,7% del pretest al post test.

La sexta pregunta indica la definición de frecuencia de alelos en la que se observa un aumento de aciertos de 1,9% del pretest a 3% del post test en el grupo experimental y de la misma forma un leve aumento en el grupo control de 3,6% a 4,3% del pretest al post test.

Para el análisis de la séptima pregunta, que enseña la relación de frecuencia de alelos y la evolución, en la cual se evidencia aumento de aciertos de 5,3% del pretest a 7% del post test en el grupo experimental, en contraparte se evidencia un descenso del 8,4% al 5,8% del pretest al post test en el grupo de control.

Entorno a la última pregunta, esta revela la comprensión de los términos dominante y recesivo en la cual se evidencia aumento de aciertos de 1,9% del pretest a 3,3% del post test en el grupo experimental, igualmente de 2,4% al 4,1% del pretest al post test en el grupo de control.

CONCLUSIONES

Conforme con el análisis de los resultados obtenidos mediante la aplicación de evaluaciones diagnósticas y formativas a la población seleccionada se concluye que en el Colegio Nueve de octubre sección nocturna de educación intensiva para adultos el conocimiento inicial es escaso pero al aplicar dos metodologías de aprendizaje, uno constructivista y otro tradicional, se puede evidenciar un mayor conocimiento de la frecuencia de alelos como parte del contenido de genética de poblaciones al existir una disminución de las preguntas mal o no contestadas, estos porcentajes permitieron comprender que a pesar de existir disminución significativa en ambas, la primera metodología (ABP) muestra prioridad en la disminución de incidencia de preguntas mal o no contestadas con relación a la segunda.

El porcentaje de los aciertos por preguntas permitió comprender que el aprendizaje basado en problemas, al ser una metodología de implicancia estudiantil con un mayor dominio en su aprendizaje, ha permitido un análisis crítico del contenido más no de memorización lo que ha determinado la obtención de mejores resultados.

Al ser un grupo de educación nocturna, con personas con un mayor nivel de madurez que los grupos diurnos donde suelen haber estudiantes muy jóvenes, influyó para que la receptividad y el aprendizaje de las metodologías fuera exitosa por una diferencia bastante poca, ya que ambos grupos presentan altos niveles de motivación por culminar sus estudios y ser responsables con el aprendizaje.

El aprendizaje basado en problemas ayuda a comprender aspectos teóricos a partir de situaciones experimentales, lo que ayuda a la visualización y comprensión de los conceptos, y a pesar de que la forma tradicional de aprendizaje también arrojó buenos resultados en los grupos de analizados, aquellos que realizaron la metodología basada en problemas, obtuvieron un conocimiento porcentual superior.

A pesar de que se ha creído de que las clases tradicionales no producen buenos resultados, en el trabajo realizado se pudo evidenciar que los resultados con clases tradicionales también son satisfactorios, sin embargo, incluir nuevas metodologías pueden significar un mayor dinamismo en el aula de clase, enriquecimiento del pensamiento crítico, trabajo en grupo, liderazgo y mejores calificaciones.

REFERENCIAS

- [1] F. Ortiz y C. Piña, «Estrategia tecno-didáctica para la solución de problemas de genética en estudiantes de educación a distancia,» 12 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/920/92053848010/92053848010.pdf>.
- [2] G. Giménez y G. Castro, «¿Por qué los estudiantes de colegios públicos y privados de Costa Rica obtienen distintos resultados académicos?,» Junio 2017. [En línea]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-76532017000100195.
- [3] L. Fontanilla, «Reflexiones de la experiencia docente como aprendizaje,» 03 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/356/35666225026/html/>.
- [4] N. Orive y B. Bauza, «Factores relacionados con la retención de los contenidos de Genética Médica en la formación médica,» Marzo 2020. [En línea]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-28742020000100169&lang=es.
- [5] C. Luy, «Propósitos y representaciones,» Agosto 2019. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2307-79992019000200014&script=sci_abstract.
- [6] J. Palacios y C. Camilo, «Analogías como estrategia para lograr la comprensión de la selección natural,» 1 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/12413>.

- [7] N. Vega, F. Ruth, F. Ivette, B. Hurtado y J. Rodriguez, «Teorías del aprendizaje,» 2019. [En línea]. Available: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/xikua/article/view/4359/6343>.
- [8] «Conductivismo, o pro y contras de considerar todo argumento como conductivo,» 04 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/logoi/article/view/4636/3868>.
- [9] A. Galván y E. Siado, «Educación Tradicional: Un modelo de enseñanza centrado en el estudiante,» Junio 2021. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/ACER/Downloads/Dialnet-EducacionTradicional-7915387.pdf>.
- [10] A. Fonseca y G. Roger, «El conocimiento profesional del profesor de biología sobre la enseñanza de la evolución,» 31 Diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8028041>.
- [11] Ministerio de Educación, «ACUERDO Nro. MINEDUC-MINEDUC-2022-00019-A,» 2022. [En línea]. Available: <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/05/MINEDUC-MINEDUC-2022-00019-A.pdf>.
- [12] J. Rodríguez, M. Zeballos, C. Rodríguez, C. Borja, L. Bernuy y M. Nury, «Sistematización de una experiencia de capacitación de docentes en servicio mediante el empleo de la investigación-acción,» Abril 2019. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2307-79992019000100006.
- [13] F. Iñiguez y M. Puigcerver, «Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria,» Marzo 2013. [En línea]. Available: <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2844/2492>.
- [14] V. Rojas y S. Marleny, «45Diseño e implementación de material didáctico para la enseñanza de genética mendeliana en estudiantes de grado décimo,» 12 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/181/240>.
- [15] M. Mantella y D. Hohl, «Elementos de Genética para estudiantes de Ciencias Biológicas,» 2021. [En línea]. Available: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/131497/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [16] G. Forero, «Los modelos de la genética Mendeliana,» 9 Junio 2021. [En línea]. Available: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/book/article/view/5171/4918>.
- [17] G. Alcáíno, E. Berrios, P. Nuñez y C. Henán, «Enseñar y aprender evolución con y sin genética: una primera aproximación al cambio curricular,» 2019. [En línea]. Available: <http://reinnec.cl/index.php/reinnec/article/view/61/45>.
- [18] A. Romero, A. Forero y A. Rodriguez, «Análisis comparación del aprendizaje basado en proyectos de forma tradicional y con mediación de las TIC,» [En línea]. Available: <http://www.revistaespacios.com/a18v39n52/18395228.html>.
- [19] J. García y J. Perez, «Aprendizaje basado en proyectos: metodo para el diseño de actividades,» 01 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.tecnologia-ciencia-educacion.com/index.php/TCE/article/view/194/176>.
- [20] L. Lopez, «Breve historia de la educación de adultos en Ecuador: anotaciones para una genealogía,» 2 Julio 2021. [En línea]. Available: https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/615/740.
- [21] M. Puentes, J. Hidalgo y M. Vázquez, «La educación de adultos bajo la pedagogía constructivista,» 2020. [En línea]. Available: <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/201305>.
- [22] M. Boilos, «Alfabetización académica temprana a través del aprendizaje basado en proyectos,» 21 Octubre 2019. [En línea]. Available: <http://polipapers.upv.es/index.php/lyt/article/view/11421/12211>.
- [23] J. Prado, «La educación de adultos: un acercamiento desde el aprendizaje transformacional,» 2 Febrero 2021. [En línea]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442021000100140.
- [24] G. Pérez, A. A. Gómez Galindo y L. M. Gonzalez Galli, «La regulación de los obstáculos epistemológicos en el aprendizaje de la evolución,» Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/162413>.
- [25] M. Zambrano, A. Hernandez y K. Mendoza, «El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica,» 10 Febrero 2022. [En línea]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442022000100172.



Narcisa de Jesús Macanchi Procel, Bioquímica Farmacéutica, egresada del máster pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología, Máster universitario en sistemas integrados de gestión de la prevención de riesgos laborales, la calidad, el medio ambiente y la responsabilidad social corporativa. Docente en Ministerio de Educación e Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Machala, El Oro, Ecuador.



Oscar David Seni Pinargote, Máster en Biotecnología Molecular, Licenciado en Ciencias de la Educación, especialidad Química y Biología. Docente de la Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Manabí, Ecuador.

Revisión bibliométrica de los métodos multivariantes en la intención emprendedora en estudiantes universitarios

Narváez Cumbicos José Gonzalo
<https://orcid.org/0000-0001-8934-9695>
jose.narvaezc@ug.edu.ec
Universidad de Guayaquil.
Facultad de Ciencias Administrativas.
Carrera de Comercio Exterior,
Guayaquil, Ecuador
Universidad Técnica de Manabí.
Maestrante del Instituto de Posgrado
Portoviejo, Ecuador

Useche Castro Lelly María
<https://orcid.org/0000-0002-4294-9009>
lelly.useche@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo, Ecuador

Mite Albán María Teresa
<https://orcid.org/0000-0002-1607-5299>
María.mitea@ug.edu.ec
Universidad de Guayaquil, Facultad de
Ciencias Administrativas
Guayaquil - Ecuador

Recibido (27/11/2022), Aceptado (15/02/2023)

Resumen. - Este artículo constituyó un análisis de literatura respecto las técnicas aplicadas para medir la intención emprendedora y su relación con la teoría del comportamiento planificado (TBP), para el estudiante constituye una ventaja percibida la orientación en emprendimiento en los distintos niveles de educación. Para probar la precisión del modelo de intención emprendedora se extrajo trabajos de la base de datos Scopus desde el 2011–2021 mediante la búsqueda de los boléanos: "Intención emprendedora, Teoría del comportamiento planificado, Emprendedor, métodos multivariados, Educación Superior", aplicaron técnicas multivariantes y controlaron los sesgos aplicando distintos modelos de análisis, los resultados servirán para la toma de decisiones, reformas en el sector educativo y mayor desempeño de los emprendedores. Estos no pueden generalizarse por los distintos contextos, sin embargo, sirven para monitorear las iniciativas que fomentan el emprendimiento a nivel global

Palabras clave: Intención emprendedora, teoría del comportamiento planificado, emprendedor, métodos multivariados, educación superior.

A bibliometric review of the entrepreneurial intention of university students

Abstract. - This article constituted an analysis of the literature regarding the techniques applied to measure entrepreneurial intention and its relationship with the theory of planned behavior (TBP). For the student, the orientation in entrepreneurship constitutes a perceived advantage in the different levels of education. To test the accuracy of the model of entrepreneurial intention, works were extracted from the Scopus database from 2011-2021 by searching for the Booleans: "Entrepreneurial intention, Theory of planned behavior, Entrepreneur, multivariate methods, Higher Education," applied techniques multivariate and controlled for biases by applying different analysis models, the results will serve for decision-making, reforms in the education sector and more excellent performance of entrepreneurs. Of course, these cannot be generalized for the different contexts. However, they serve to monitor the initiatives that promote entrepreneurship at a global level.

Keywords: Entrepreneurial intention, theory of planned behavior, entrepreneur, structural equations, higher education

I. INTRODUCCIÓN

Promover la intención empresarial genera en la economía empleo y crecimiento económico. La literatura explora ampliamente la formación de emprendimiento siendo el rol de la Universidad siendo un pilar fundamental. Se debe agregar en la formación competencias necesarias adquiridas por un profesional en el ámbito universitario [1][2][3][4], es relevante estudiar la capacidad de emprender desde el rol disruptor del estudiante como agente de cambio. La educación del espíritu empresarial se remonta a más de 300 años,[5] señalaba que emprendimiento es sinónimo de crear organizaciones. Contribuye en el proceso de enseñanza y aprendizaje siendo necesario su inserción en el currículo del universitario de distintas ramas la enseñanza de emprendimiento. La investigación entre la educación en el emprendimiento ha examinado programas establecidos, revisión de literatura, sin embargo, esta corriente se relaciona con la intención de empezar un negocio[6][7][8] es decir explorar la intención emprendedora aplicando la Teoría del Comportamiento planificado (TBP) evaluando la intención y el esfuerzo del individuo[9]. La relación entre la educación y la intención de emprender en diferentes estudios conlleva diferencias significativas[10]. Educar en emprendimiento crea oportunidades y beneficios positivos respecto la formación en habilidades. El propósito fundamental de esta investigación fue comprender la literatura de la Intención emprendedora, emprendimiento utilizando TBP en educación superior.

DESARROLLO

La relación entre la intención[9] y su asociación a la Teoría del Comportamiento planificado[7] se refiere al esfuerzo personal llevado a cabo por el emprendedor influenciado por motivaciones, normas subjetivas y control percibido. Así también, en el enfoque de Ajzen la intención de emprender suele ser asociada a la creación de un negocio siendo una representación cognitiva que implementan los individuos para crear valor. Por lo tanto, la universidad a través de sus misiones fomenta la enseñanza de emprendimiento y preponderan estudios de grupos combinados aplicando modelos SEM para determinar las variables relacionadas con la intención de emprender de estudiantes universitarios.

De la misma forma instituciones de educación superior ante su compromiso con la sociedad de bienestar enfocado en desarrollo sostenible desarrollan prácticas responsables, incorporando a su plan de estudios materias que fortalezcan las competencias de los estudiantes de aprender a emprender. En particular la variable dependiente más utilizada fue la intención emprendedora, en relación con la actitud, norma subjetiva, autoeficacia y controlabilidad percibida utilizando la Teoría del comportamiento planificado, metodología de eventos y la cognición empresarial.

A propósito el Global Entrepreneurship Monitor (GEM) red mundial respecto investigación en emprendimiento publicó en su estudio 2019 – 2020 dentro del ranking de 54 países en los cuales América Latina y el Caribe, México inicia en el puesto 23, Chile y Colombia se encuentran por encima de Ecuador puesto 39 luego Brasil, Panamá, Guatemala y Paraguay respectivamente, los pilares del Global Entrepreneurship Index (GEI) respecto del subíndice de la actividad emprendedora fueron: 1. Percepción de Oportunidades 2. Habilidades para iniciar empresas 3. Aceptación del Riesgo 4. Networking 5. Apoyo Cultural.

En Ecuador en el año febrero del 2020 se aprobó la Ley de Emprendimiento sin embargo al cierre de la investigación del GEM no se pudo medir el impacto a causa de que no había sido publicado su reglamento, en todo caso se proyecta que la política pública favorezca el ecosistema emprendedor. Inclusive la generación de empleo está asociada al desarrollo económico y social, la contribución del emprendimiento,

no sólo debe ser una equivalencia de oportunidades para aportar valor mediante proyectos lucrativos o no lucrativos, es imprescindible desarrollar instrumentos que permitan evaluar la intención del emprendedor explorando un marco amplio.

Por consiguiente, al relacionar la intención emprendedora con los sectores empresariales la innovación, modelos de negocio y transformación digital su relación con otros elementos vinculados al objeto de estudio a [11], [1], [12], [13], [14], [6], [7], no sólo se utilizan bases de datos de estudiantes universitarios, sino que es importante observar modelos que predigan la actividad emprendedora con una tasa de éxito más acertada que permitan un óptimo uso de recursos públicos o privados, por lo expuesto la importancia del estudio que permita identificar las características de educación emprendedora y los factores relevantes.

METODOLOGÍA

El enfoque de esta investigación utilizó una revisión de literatura mediante las palabras clave Intención emprendedora, Teoría del comportamiento planificado, Emprendedor, métodos multivariados, Educación Superior en el intervalo del 2011 a 2021, y un análisis de concurrencia mediante el uso del software Vosviewer, para conocer que técnicas aplicaron para medir la intención emprendedora basada en TBP, con el objeto de describir técnicas y muestra aplicada utilizando métodos estadísticos para obtener respuesta a investigaciones científicas.

Además de lo anterior, revisando la base de datos Scopus, se explora la literatura que permitió conocer los mecanismos utilizados por diferentes autores para medir la intención emprendedora. El contexto revisado permite identificar las variables para abordar una investigación futura, a través de la concepción de diferentes estudios desarrollados, en concordancia a la base utilizada se consideraron artículos, obteniendo los autores el siguiente número de citas publicadas en Revistas de Emprendimiento, gerencia, educación, entrenamiento, negocios y capital intelectual : autor [15] 4 citas, [14] 4 citas, [16] 22 citas, [17] 51 citas, [13] 86 citas, [11] 83 citas, [18] 90 citas, [19] 30 citas.

Por lo antes expuesto a discreción de los investigadores se excluyeron artículos publicados en la base de datos utilizada cuyas citas se encontraban en diferentes bases científicas diferentes a la utilizadas en la descripción teórica obtenida, lo cual permite establecer datos relevantes del estudio de la intención emprendedora, a continuación, se describen los resultados.

IV. RESULTADOS

En la presentación de los resultados en la Tabla 1 se describe el nombre de los autores, publicaciones realizadas en el intervalo objeto de estudio para identificar las técnicas y muestra aplicada al medir la intención emprendedora utilizando el enfoque TBP.

Tabla 1. Publicaciones en Scopus Palabras Clave 2011-2021.

Autor	Título	Revista	Técnicas y Muestra
[15]	Applying the theory of planned behavior to hospitality management students in Nigeria: the mediating role of self-confidence	Journal of Enterprising Communities	Cuantitativo, Modelo PLS, 126 encuestados
[14]	Exploring factors motivating entrepreneurial intentions: the case of Italian university students	International Journal of Training and Development	Cuestionario estructurado, análisis factorial confirmatorio, alfa de Cronbach, Chi cuadrado, 941 estudiantes
[16]	Enhancing the effectiveness of entrepreneurship education: the role of entrepreneurial lecturers	Education and Training	Modelo de ecuaciones estructurales, prueba de factor único de Harman estudiantes 256
[17]	Emotional competencies and cognitive antecedents in shaping student's entrepreneurial intention: the moderating role of entrepreneurship education	International Entrepreneurship and Management Journal	Modelo de ecuaciones estructurales, análisis factorial 759 estudiantes
[13]	The impact of higher education on entrepreneurial intention and human capital	Journal of Intellectual Capital	Modelo de ecuaciones estructurales estudiantes 128, docentes 100
[11]	Entrepreneurship education: How psychological, demographic and behavioral factors predict the entrepreneurial intention	Education and Training	Cuestionario estructurado, Modelo de Ecuaciones estructurales, análisis factorial, 202 estudiantes
[18]	Student intentions to become self-employed: The Ukrainian context (2012)	Journal of Small Business and Enterprise Development	Modelo de Ecuaciones estructurales, 192 estudiantes
[19]	Enterprise education: The effect of creativity on training outcomes	International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research	Modelo de ecuaciones estructurales, 30 estudiantes de doctorado

Al mismo tiempo, otros autores [12] revelan que impartir cursos de emprendimiento ofrece una percepción favorable del contexto emprendedor demostrando que las variables utilizadas tienen un efecto directo sobre la intención de emprender, teniendo una mayor relevancia el ambiente universitario, obteniendo resultados que profundizan la investigación empírica existente sobre el tema, ya que la mayoría de los estudiosos se han centrado en los efectos indirectos en su lugar. Algo semejante ocurre con el aspecto demográfico se identificaron variables internas y externas que tienen una alta correlación con la intención emprendedora, por lo que la aplicación de un análisis de factor en un modelo de regresión logística ordenada demostró como sus antecedentes socioculturales externos en términos teóricos y prácticos inciden en la puesta en marcha de nuevas empresas [20].

Podemos sustentar en los trabajos revisados que se plantean hallazgos estadísticamente significativos aplicando un modelo de ecuaciones estructurales la relación entre la educación empresarial, la actitud hacia el emprendimiento y la intención emprendedora, lo que motiva a las instituciones de educación superior a ofrecer módulos de formación en emprendimiento con el fin de mejorar la intención de crear nuevas empresas por parte de los estudiantes.

En consecuencia de la reflexión en la literatura de los 8 documentos revisados se enfoca la intención de emprender desde diferentes aristas: estudios en países con economías emergentes y la diferencia de los países en desarrollo pero convergen en su mayoría en la teoría del comportamiento planificado aplican como técnicas de medición modelos de ecuaciones estructurales, regresión múltiple, ANOVA, Chi cuadrado, análisis factorial, la importancia radica no sólo en educación de distintos niveles como resultado de la política pública.

Al mismo tiempo se agrupan 3 clústeres: capital humano de estudiantes de educación, innovación y la intención de emprender, los autores coinciden en el impacto dentro de la formación en la educación superior del emprendimiento. Se puede señalar necesario incentivar el conocimiento en emprendimiento, un desafío pedagógico es que las competencias empresariales y la habilidades sean transmitidas incluyendo la formación, así mismo, en la amplia investigación no existe un modelo estadístico único para analizar los efectos de educar en emprendimiento y medir sus efectos, surge la importancia en el Ecuador país con alto índice de emprendimiento de diseñar un modelo estadístico que mida la intención emprendedora en una Universidad que tenga diferentes períodos en sus mallas curriculares enseñando emprendimiento.

El presente estudio brinda una conexión que nos permiten identificar técnicas y diseño metodológico frecuentemente utilizado para medir las variables sujeto de estudio que permitirá elegir un modelo predictivo que contribuye significativamente al conjunto de conocimientos sobre el impacto de los constructos TPB. En la práctica los resultados de todos los estudios son importantes para formular políticas públicas no sólo en los gobiernos, si no inclusive en el sector de educación.

A pesar de las importantes contribuciones que reflejan en este estudio, se han observado algunas limitaciones los 8 estudios citados pertenecen a estudiantes de secundaria, universitarios, Doctorado y la medición se efectúa con datos transversales futuras investigaciones podrían utilizar datos longitudinales.

CONCLUSIONES

La intuición es un proceso que si es vinculado a la actividad empresarial coadyuva al crecimiento económico y a la capacidad de emprender las universidades deberían considerar incluir cursos sobre creación de empresas en todos los campos del conocimiento para aportar al currículo la formación de empresarios. Estos cursos facilitan conocimientos de escenarios reales. Además, incorporar la materia emprendimiento para que se desempeñe un nivel más práctico en los diferentes campos del conocimiento.

El entorno de la educación permite examinar actitudes y comportamiento para incentivar los cambios necesarios para ser impulsores de cambio, este trabajo ha permitido identificar técnicas utilizadas para medir la intención emprendedora, variables utilizadas, futuras líneas de investigación se deben centrar en análisis multivariados longitudinales, los estudios explorados se central en datos transversales para medir la relación entre la educación percibida y la intención de emprender.

REFERENCIAS

- [1] J. C. Contreras-velásquez, S. Y. Wilches-duran, and M. E. G. M. J, "Educación Superior y la Formación en Emprendimiento Interdisciplinario: Un Caso de Estudio Higher Education and Training in Interdisciplinary Entrepreneurship: A Study Case," vol. di, pp. 11–20, 2017, doi: 10.4067/S0718-50062017000300003.
- [2] L. Gho, H. Sdud, H. O. Ghvduuroor, and H. Frpshwlwlyr, "Consideraciones para la formación en emprendimiento: explorando nuevos ámbitos y posibilidades 1," vol. 1, pp. 41–60, doi: 10.1016/S0123-5923(10)70133-9.
- [3] B. C. Martin, J. J. McNally, and M. J. Kay, "Journal of Business Venturing Examining the formation of human capital in entrepreneurship: A meta-analysis of entrepreneurship education outcomes," J. Bus. Ventur., vol. 28, no. 2, pp. 211–224, 2013, doi: 10.1016/j.jbusvent.2012.03.002.
- [4] M. Ripollés, "APRENDER A EMPRENDER EN LEARNING ENTREPRENEURSHIP AT UNIVERSITIES," vol. 187, pp. 83–88, 2011, doi: 10.3989/arbor.2011.Extra-3n3131.
- [5] W. B. Gartner, "Is an Entrepreneur?" Is the Wrong Question," no. July, 2014, doi: 10.1177/104225878801200401.

- [1] J. C. Contreras-velásquez, S. Y. Wilches-duran, and M. E. G. M. J., "Educación Superior y la Formación en Emprendimiento Interdisciplinario: Un Caso de Estudio Higher Education and Training in Interdisciplinary Entrepreneurship: A Study Case," vol. di, pp. 11–20, 2017, doi: 10.4067/S0718-50062017000300003.
- [2] L. Gho, H. Sdud, H. O. Ghvduuroor, and H. Frpshwlwlyr, "Consideraciones para la formación en emprendimiento: explorando nuevos ámbitos y posibilidades 1," vol. 1, pp. 41–60, doi: 10.1016/S0123-5923(10)70133-9.
- [3] B. C. Martin, J. J. McNally, and M. J. Kay, "Journal of Business Venturing Examining the formation of human capital in entrepreneurship: A meta-analysis of entrepreneurship education outcomes," J. Bus. Ventur., vol. 28, no. 2, pp. 211–224, 2013, doi: 10.1016/j.jbusvent.2012.03.002.
- [4] M. Ripollés, "APRENDER A EMPRENDER EN LEARNING ENTREPRENEURSHIP AT UNIVERSITIES," vol. 187, pp. 83–88, 2011, doi: 10.3989/arbor.2011.Extra-3n3131.
- [5] W. B. Gartner, "Is an Entrepreneur?" Is the Wrong Question," no. July 2014, doi: 10.1177/104225878801200401.
- [6] S. E. Seibert and G. E. Hills, "The Mediating Role of Self-Efficacy in the Development of Entrepreneurial The Mediating Role of Self-Efficacy in the Development of Entrepreneurial Intentions," no. May 2021, 2005, doi: 10.1037/0021-9010.90.6.1265.
- [7] Y. Zhang, G. Duysters, and M. Cloudt, "The role of entrepreneurship education as a predictor of university students' entrepreneurial intention," pp. 623–641, 2014, doi: 10.1007/s11365-012-0246-z.
- [8] T. Iakovleva and L. Kolvereid, "Entrepreneurial intentions in developing and developed countries," vol. 53, no. 5, pp. 353–370, 2011, doi: 10.1108/00400911111147686.
- [9] B. Bird, "Implementing Entrepreneurial Ideas: The Case for Intention Linked references are available on JSTOR for this article: Implementing Entrepreneurial Ideas: The Case for Intention," vol. 13, no. 3, pp. 442–453, 1988.
- [10] J. O. Fiet, "E T & P Intentions: A," pp. 217–254, 2014, doi: 10.1111/etap.12095.
- [11] C. S. Marques, J. Ferreira, D. N. Gomes, and R. G. Rodrigues, "Entrepreneurship education entrepreneurial intention," vol. 54, no. 8, pp. 657–672, doi: 10.1108/00400911211274819.
- [12] T. Lopez and C. Alvarez, "Influence of university-related factors on students' entrepreneurial intentions," vol. 11, no. 6, pp. 521–540, 2019.
- [13] R. Passaro and A. Thomas, "The impact of higher education on entrepreneurial intention and human capital," vol. 19, no. 1, pp. 135–156, 2018, doi: 10.1108/JIC-04-2017-0056.
- [14] L. Ferri, G. Ginesti, R. Spano, and A. Zampella, "Exploring factors motivating entrepreneurial intentions: the case of Italian university students," no. September 2017, 2019, doi: 10.1111/ijtd.12158.
- [15] I. Otache, "Applying the theory of planned behavior to hospitality management students in Nigeria: the mediating role of self-confidence," vol. 15, no. 3, pp. 375–394, 2021, doi: 10.1108/JEC-03-2020-0035.
- [16] I. Otache, "Enhancing the effectiveness of entrepreneurship education: the role of entrepreneurial lecturers," no. 2015, 2019, doi: 10.1108/ET-06-2018-0127.
- [17] V. Fernández-pérez, A. Montes-merino, L. Rodríguez-Ariza, P. Esther, A. Galicia, and A. Montes-merino, "Emotional competencies and cognitive antecedents in shaping student' s entrepreneurial intention: the moderating role of entrepreneurship education," pp. 281–305, 2019, doi: 10.1007/s11365-017-0438-7.
- [18] M. Z. Solesvik, P. Westhead, L. Kolvereid, and H. Matlay, "Student intentions to become self-employed: the Ukrainian context," vol. 19, no. 3, pp. 441–460, 2012, doi: 10.1108/14626001211250153.
- [19] F. Lourenc, "Enterprise education: the effect of creativity on training outcomes," no. 1996, 2011, doi: 10.1108/13552551111130691.
- [20] R. Badri and N. Hachicha, "The International Journal of Entrepreneurship education and its impact on student's intention to start up: A sample case study of students from two Tunisian universities," Int. J. Manag. Educ., vol. 17, no. 2, pp. 182–190, 2019, doi: 10.1016/j.ijme.2019.02.004.

Juegos didácticos para estimular el aprendizaje de la tabla periódica en estudiantes del primer año de bachillerato

Wilian Marcelo Llivicura Salazar
<https://orcid.org/0000-0003-2903-3079>
wllivicura7050@utm.edu.ec
qfwilliams.14@hotmail.com
Universidad Técnica de Manabí,
Ministerio de Educación
Portoviejo, Ecuador

Isaac Leonel López Pinargote
<https://orcid.org/0000-0003-0451-0430>
oscar.seni@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí,
Portoviejo, Ecuador

Recibido (27/11/2022), Aceptado (15/02/2023)

Resumen. - Los juegos didácticos son herramientas atractivas y motivadoras, atraen la atención de los estudiantes hacia el tema, activan rápidamente el mecanismo de aprendizaje, permiten que cada estudiante desarrolle sus propias habilidades y rompe los esquemas rutinarios en el aula de clases para la enseñanza. Este trabajo tiene como propósito fundamental analizar la influencia de los juegos didácticos como estrategia pedagógica en el proceso de la enseñanza-aprendizaje de la tabla periódica en estudiantes del primer año de bachillerato. La investigación se aplicó a un total de 60 estudiantes bajo una modalidad cuasiexperimental, donde se implementaron dos juegos didácticos en un grupo experimental, y en otro grupo de control se desarrolló con la aplicación del método de enseñanza tradicional. Se pudo observar que el bingo y la baraja química son una buena actividad didáctica mejorando la atención de los estudiantes. Se concluye que, el juego representa un recurso didáctico para la enseñanza de los elementos químicos, mejorando significativamente las calificaciones.

Palabras clave: Estrategias didácticas, tabla periódica, juegos didácticos, enseñanza-aprendizaje, elementos químicos.

Didactic games to stimulate the learning of the periodic table in first-year high school students

Abstract. - Didactic games are attractive and motivating tools; they draw students' attention to the subject, quickly activate the learning mechanism, allow each student to develop their skills, and break the routine schemes in the classroom for teaching. The primary purpose of this work is to analyze the influence of didactic games as a pedagogical strategy in the teaching-learning process of the periodic table in first-year high school students. The research was applied to 60 students under a quasi-experimental modality, where two didactic games were implemented in an experimental group and another control group. It was developed with the application of the traditional teaching method. It was possible to observe that bingo and the chemical deck are suitable didactic activities, improving the students' attention. It is concluded that the game represents a didactic resource for teaching chemical elements, significantly improving grades.

Keywords: Didactic strategies, the periodic table, didactic games, teaching-learning, chemical elements.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el objetivo de todo docente es lograr que sus estudiantes les presten atención, mejoren la capacidad de asimilar y comprender el conocimiento impartido en los salones de clases, pero en muchas ocasiones, esto no siempre resultará fácil de conseguir. Para mejorar esta situación, se deben usar estrategias alternativas donde se pueda fomentar la participación y la creatividad tanto del estudiante como del docente. Entre estas metodologías innovadoras se encuentran los juegos didácticos, por ser considerados como métodos activos de la enseñanza de los elementos químicos, el uso de estas estrategias constituye una alternativa en el salón de clases para lograr que el estudiante participe de forma activa en el proceso de enseñanza aprendizaje. Por otro lado, uno de los problemas que genera mayor preocupación a los docentes en la actualidad, es la falta de motivación de los estudiantes ante el aprendizaje de las materias de Ciencias Naturales, y en particular de la Química. En todo el mundo se ha encontrado un cierto tipo de crisis en la enseñanza de la química, que se manifiesta en las opiniones desfavorables de muchos estudiantes como algo incomprensible y aborrecible. La historia ha mostrado que existe una gran apatía de los estudiantes por el estudio de la química, alcanzando un rendimiento muy bajo en los estudios de dicha asignatura, así como el poco desarrollo de investigaciones en esta área [1].

El aprendizaje de la química generalmente se enfoca en el conocimiento enciclopédico, memorístico y repetitivo, la lógica y el razonamiento deductivo son escasos, las pocas herramientas que ayuden a comprender el tema causan insatisfacción y frustración en los estudiantes. En América Latina, la enseñanza de la química, independientemente de su especialidad (orgánica, inorgánica, analítica), siempre ha sido un problema de enseñanza - aprendizaje en el sistema educativo, porque no ha existido un método para que los estudiantes establezcan una comprensión simple y ordenada para comprender conceptos relacionados en el campo de la ciencia de forma segura [2]. En este sentido, en Ecuador se ha observado que el principal problema de los alumnos para la comprensión de la química es especial la tabla periódica, incide en el tratamiento didáctico y metodológico inadecuado que utilizan los docentes para la enseñanza, complementándose con dificultades de memorización del alumno al momento de aprender la simbología de los elementos químicos, que son dinamizados con nuevas formas de enseñar y de aprender. De acuerdo a la base de datos, proporcionada por el Instituto Nacional de Evaluación Educativa [3] en su sitio web oficial de acuerdo a los períodos 2017-2018, 2018-2019 y 2019-2020, se puede evidenciar que, a nivel nacional en el área de ciencias naturales no existen diferencias significativas de puntajes en los tres años que demuestren rendimientos académicos progresivos relevantes, visualizándose el tópico Modelo atómico y Tabla Periódica con 42 % de puntaje, siendo la menor del grupo temático [4]. Mientras que los estudiantes evaluados en PISA-D, el 52,7% no alcanzaron el nivel básico de habilidades en ciencia [5].

Este trabajo se desarrolló en la Unidad Educativa "Quince de Octubre" donde fue posible observar que existe una problemática relacionada con la limitada estimulación del proceso de enseñanza y la razón o motivo generado por el sujeto que aprende el manejo de la Tabla Periódica. Los estudiantes no están aprendiendo los conocimientos de manera eficaz, observándose un aprendizaje poco duradero, incidiendo en el encadenamiento de otros temas relacionados que generen aprendizajes significativos y funcionales. Para caracterizar los aprendizajes adquiridos por los estudiantes del Primer Año de Bachillerato en el periodo 2018, se consolidan en los resultados de las evaluaciones finales, rendimientos académicos y desempeños insuficientes en la asignatura de Química, que la ubican por debajo del promedio institucional, debido a que el 70 % de estudiantes no alcanzaron los aprendizajes requeridos, con un promedio inferior a 5,00 puntos, en la escala de 1 a 10. Desde una mirada global, esto implica un problema que evidencia que el proceso de enseñanza no ha impactado positivamente en el desarrollo de ciertas destrezas académicas de los estudiantes, lo que hace pensar, que los aprendizajes básicos no han sido significativos, y por tal motivo incide negativamente en la apropiación de futuros conceptos relacionados con el estudio de la química.

Muchas estrategias utilizadas en la enseñanza de la química en todos los niveles educativos muchas veces no entusiasman a los estudiantes porque la perciben como una ciencia difícil, muy memorizada, monótona, tediosa, desconectada o alejada del análisis de situaciones cotidianas, porque la mayoría se desarrollan a través del conocimiento tradicional donde el docente es el centro del proceso porque imparte sus clases de forma expositiva [6], [7]. La clásica forma de impartir clases que aplican los docentes difícilmente desarrolla en él estudiante actitudes, valores, habilidades de razonamiento y aprendizaje significativo [8], [4], [1]. Tomando en cuenta estas premisas, en este trabajo se ha propuesto evaluar los resultados de enseñanza-aprendizaje de la tabla periódica en los estudiantes del Primer Año de Bachillerato de la Unidad Educativa "Quince de Octubre" con la aplicación de un sistema de juegos didácticos.

II. DESARROLLO

Los juegos didácticos son herramientas atractivas y motivadoras, atraen la atención de los estudiantes hacia el tema, activan rápidamente el mecanismo de aprendizaje y permiten que cada estudiante desarrolle sus propias estrategias de aprendizaje. Así mismo, el docente dejaría de ser el centro del aula, para ahora convertirse en el facilitador y conductor del proceso de enseñanza. La clave para aplicar esta estrategia no es enfatizar la memorización, sino crear un ambiente estimulante logrando que los estudiantes construyan su conocimiento y articulan su significado, y los docentes impulsen gradualmente a los estudiantes a elevar su rendimiento académico. Por lo anterior descrito, debido a la versatilidad y todos los beneficios positivos que tienen los juegos didácticos en el proceso de enseñanza y aprendizaje, se puede presumir que estos generan aprendizajes significativos en los estudiantes, por lo que la presente investigación se basará en estudiar la efectividad que tiene la aplicación de dos juegos didácticos (bingo y baraja química) como estrategia pedagógica en el aprendizaje de la tabla periódica en estudiantes de primer año de bachillerato de la Unidad Educativa "Quince de Octubre". Se espera que con esta estrategia los estudiantes logran desarrollar un aprendizaje significativo, comprender mejor los conocimientos que se enseñan, porque en la actualidad, la enseñanza de la química se está realizando mediante técnicas memorísticas que no contribuye a un aprendizaje significativo.

El uso de juegos educativos como recurso didáctico en la enseñanza-aprendizaje de la química ha sido empleado con éxito por otros autores. Para el aprendizaje de los elementos químicos se han propuesto crucigramas [9], [10] y juegos de barajas. La importancia del juego como recurso didáctico se ha visto a partir del bingo como recurso didáctico en el aula de secundaria donde se ha podido observar que los estudiantes que tenían bajo rendimiento académico por el poco interés por la química fueron mejorando mientras que los que habitualmente obtenían buenas calificaciones fueron también mejorando sus promedios después de jugar el bingo. Por otra parte, [11], utilizó un juego didáctico para la enseñanza-aprendizaje de la estequiometría, logrando observar la motivación de los estudiantes que participaron en esta actividad, rompiendo los esquemas de enseñanza tradicional que se utilizaba para el tema, permitiéndole crear su propio esquema de relación de aspectos teóricos con la de resolución de un ejercicio en específico. Otro estudio [12], muestran que el análisis de las reflexiones de los estudiantes aumenta significativamente a través de actividades didácticas a través del juego, logrando que la aceptación de la clase de química cambiara de un 71% de estudiantes que manifestaban como desagradable la clase ni interés por participar a un 29%.

Los juegos didácticos pueden ser utilizados en cual área de la Química de acuerdo a la experiencia de [4] donde estudiaron la incidencia de los recursos lúdicos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química Orgánica I, dichos resultados revelan que los recursos lúdicos inciden positivamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química Orgánica, porque el 100.0% de los estudiantes del grupo experimental manifestaron que las actividades lúdicas aumenta la motivación donde se presentaron un rendimiento académico significativo con respecto al grupo control. En este sentido, los recursos pedagógicos en las enseñanzas de las ciencias son muy importantes para el aprendizaje de los estudiantes, rompen el modo de enseñanza tradicional y aumentan la motivación de aprendizaje [11]. De acuerdo con la investigación de [13] se determinó que la ludificación aporta importantes ventajas a la dinamización del clima de trabajo, además de ser una herramienta potente para introducir en el salón de clases nuevos puntos de vista con los cuales a los estudiantes les resulta más atractivo por ser situaciones del diario vivir. Por tanto, se puede afirmar que los juegos didácticos utilizados como estrategia de enseñanza-aprendizaje, inciden de manera positiva en el aprendizaje de los estudiantes hacia el contenido los elementos químicos y su información en la tabla periódica, convirtiéndose en una herramienta indispensable en el proceso educativo.

La práctica pedagógica engloba a todos aquellos procesos en los cuales se desarrolla la enseñanza con el objetivo de favorecer el aprendizaje. La aplicación de los juegos didácticos como recurso pedagógico de enseñanza-aprendizaje de la simbología química de la tabla periódica se basa en el constructivismo, porque nos explica que el conocimiento no es el resultado de una simple copia de la realidad preexistente, sino de una secuencia dinámica e interactiva, por la cual la información externa es interpretada y reinterpretada por la mente que va construyendo secuencialmente modelos explicativos, cada vez más complejos y potentes. En la enseñanza constructivista el resultado es un aprendizaje activo, donde todo va sumando hasta conformar un conocimiento rico y un desarrollo mental abierto y en constante evolución. Se trata, por lo tanto, de un aprendizaje cooperativo donde tiene un gran peso específico el descubrimiento.

III. METODOLOGÍA

Esta investigación se realizó dentro de un enfoque experimental cuantitativo, por lo que se pretenden optimizar los resultados del aprendizaje adquiridos en química, en especial de la tabla periódica durante el primer período de clases en los estudiantes del Primer Año de Bachillerato de la Unidad Educativa “Quince de Octubre”. Se pretendía analizar cómo influyen los juegos didácticos en la enseñanza-aprendizaje de la tabla periódica en los estudiantes, así como valorar el uso de nuevas estrategias y su impacto en la comunidad estudiantil. Para esto, se contó con un total de 60 estudiantes, creando dos grupos de trabajo, un grupo A con 30 estudiantes, para el grupo experimental y un grupo B, de control, también con 30 estudiantes (Fig. 1).

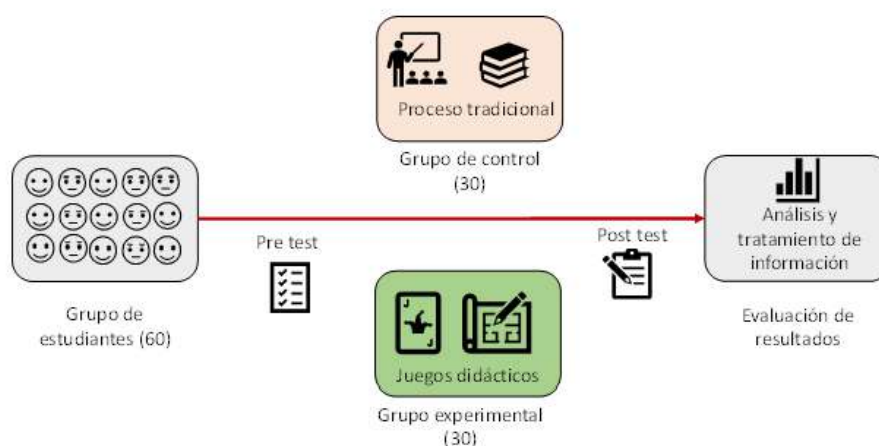


Fig. 1. Descripción del proceso metodológico empleado.
Fuente: propia.

Se aplicó un cuestionario de pretest y posttest, los cuales fueron aplicadas por los autores a través de técnicas y protocolos de observación y participación. Con base a esta recopilación de información se describen y analizan sus expresiones, el comportamiento de los estudiantes y la interacción entre ellos. El instrumento de evaluación estuvo diseñado con dos preguntas, la primera donde los estudiantes tenían que escribir 10 simbologías químicas y la segunda donde debían escribir el nombre a 10 símbolos químicos, cada símbolo y/o nombre está valorado con 0,5 puntos, con un 70% de grado de dificultad para considerarla como aprobada (escala de 1 al 10, siendo 7,00 la nota mínima aprobatoria). Para el procedimiento del diseño y validación de los dos juegos didácticos que se aplicaron, se realizó de acuerdo con Marcano [10], mediante una explicación detallada de cada uno de los recursos didácticos que se han empleado, los contenidos abordados, los objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales. Para el pilotaje, se utilizó el método de una investigación cuasiexperimental, debido a que existe manejo de una variable independiente sobre una dependiente para observar su efecto sobre otra característica. Mientras que para el análisis de los resultados se utilizaron técnicas de tipo cuantitativo. Para evaluar los resultados del impacto de los juegos didácticos aplicados, se utilizó la estadística descriptiva para aplicar conceptos como mediana, promedio, porcentajes, varianzas, desviación estándar, entre otros, que permitan comparar las diferencias entre el grupo de control y el grupo experimental con base en los resultados obtenidos en las pruebas de conocimientos (pretest y posttest), las cuales se estructuraron bajo los mismos parámetros.

En este trabajo se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: La aplicación de juegos didácticos como estrategia para la enseñanza de los elementos químicos de la tabla periódica no influirá en el aprendizaje significativo de los estudiantes del Primer Año de Bachillerato de la Unidad Educativa "Quince de Octubre" periodo lectivo 2022 – 2023.

Ha: La aplicación de juegos didácticos como estrategia para la enseñanza de los elementos químicos de la tabla periódica influirá en el aprendizaje significativo de los estudiantes del Primer Año de Bachillerato de la Unidad Educativa "Quince de Octubre" periodo lectivo 2022 – 2023.

A. Estructura y característica de los juegos aplicados en el estudio

Juego didáctico 1. Bingo químico

El bingo de la tabla periódica es un juego de azar que consiste en meter dentro de una bolsa o bombo, un determinado número de fichas que contienen el símbolo de un elemento químico en específico. El juego es individual, por lo que cada estudiante tendrá un cartón, que posee el símbolo de un elemento químico de forma aleatoria. Un locutor, que puede ser el docente o un estudiante, va sacando las fichas de la bolsa o bombo, anunciando el nombre del elemento químico en voz alta. Si un estudiante tiene en su cartón el símbolo del elemento, lo marca con un marcador acrílico sobre el recuadro que contiene dicha información. Los estudiantes pueden hacer uso de la tabla periódica para orientarse en la búsqueda del elemento químico. Finalmente, gana el estudiante que tenga todas las casillas completas de su cartón según la dinámica del juego (Bingo loco: estudiante que tenga en su cartón los primeros cinco elementos; Bingo línea: en el cartón deben estar cinco elementos en línea). Cuando esto suceda, deberá decir en voz alta ¡Bingo!, y se procederá a su revisión.

Juego didáctico 2. La baraja química: Un juego de cartas

La baraja química es un juego didáctico de cartas, las cuales están clasificadas por color y poseen información alusiva a un elemento químico, tal como: símbolo, número atómico, período, grupo, estados de oxidación, usos y aplicaciones en la vida diaria. Existen varias formas de jugar la baraja química, los estudiantes podrán determinar cuál será:

- Tres patas: Cada jugador tendrá nueve cartas y hará tres juegos de tres cartas que pertenezcan al mismo período, al mismo grupo y a números atómicos de manera consecutiva. Para ello, deberán irse pasando una sola carta a la vez a su derecha y recibir una de vuelta a la izquierda en el mismo turno, garantizando que siempre los estudiantes vayan a tener nueve cartas y formar los tres grupos requeridos. Una vez que el estudiante haya completado las tres series, deberá justificar los grupos formados y de ser correcto su agrupamiento, habrá ganado.

- Triadas: A cada estudiante se le dará tres cartas del mazo para que completen un grupo de tres elementos químicos que tengan el mismo estado (gaseoso, líquido, sólido o sintético) y que, a su vez, su número atómico sea de forma consecutiva. Al igual que en el caso anterior, deberán pasar una carta al compañero que tengan a su derecha y recibir una del que se encuentra a su izquierda, para garantizar que siempre tengan tres cartas. Gana el estudiante que haya completado lo solicitado en esta forma de jugar y que lo haya realizado de forma correcta.

- Formar palabras: Todos los estudiantes tendrán tres cartas del mazo y deberán formar una palabra con el símbolo de los elementos químicos. Si logra formar una palabra con solo dos de las tres cartas, igualmente es aceptable. Ejemplo:

- Calcio (Ca) y osmio (Os), la palabra formada sería: Caos.
- Einstenio (Es), tantalio (Ta) y calcio (Ca), la palabra formada: Estaca.
- Tantalio (Ta), boro (B) y lantano (La), la palabra formada: Tabla

Al igual que en las dos formas de jugar anteriores, los estudiantes deberán pasar una carta al compañero que tengan a su derecha y recibir una del que se encuentra a su izquierda, para garantizar que siempre tengan tres cartas. Gana el estudiante que haya completado la palabra y que esta sea correcta.

IV. RESULTADOS

De acuerdo con los resultados se observa un incremento de estudiantes que aprueban la evaluación con el uso de juegos didácticos como estrategia didáctica lúdica de enseñanza, con un promedio porcentual de 91,7% versus aquellos estudiantes que recibieron enseñanza tradicional (48,3%).

Tabla 1. Detalle de los resultados de la prueba de conocimientos con y sin el uso de juegos didácticos.

PQ	Sin juegos didácticos					Con juegos didácticos				
	TE	TA	(%)	TR	(%)	TE	TA	(%)	TR	(%)
A	30	14	46,7	16	53,3	30	27	90,0	3	10,0
B	30	15	50,0	15	50,0	30	28	93,3	2	6,7
Totales	60	29	48,3	31	51,7	60	55	91,7	5	8,3

Elaboración: propia.

Nota: PQ = Primer Quimestre. TE=Total de estudiantes; TA= Total de aprobados; TR= Total de reprobados.

Al hacer un promedio de las calificaciones obtenidas, estas aumentan considerablemente cuando se usan los juegos didácticos en relación con aquellos que no, pasando de un promedio de 7,19 a 9,38 puntos sobre la base de 10,00 y con una calificación mínima aprobatoria de 7,00 puntos, como se aprecia en el cuadro 2.

Tabla 2. Resultados obtenidos de la prueba de conocimientos con y sin el uso de juegos didácticos

PQ	Sin juego didáctico Promedio (puntos)	Con juego didáctico Promedio (puntos)
A	7,28	9,15
B	7,10	9,60
Totales	7,19	9,38

Elaboración: propia.

Nota: PA= Primer Quimestre. La calificación mínima aprobatoria es de 7,00 puntos y la máxima de 10,00 puntos. Los resultados presentados en este cuadro corresponden al promedio de todas las notas de los estudiantes participantes en la investigación.

Al hacer la contrastación de hipótesis con los resultados obtenidos en la investigación, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que indica que la aplicación de juegos didácticos como estrategia para la enseñanza de los elementos químicos de la tabla periódica influirá en el aprendizaje significativo de los estudiantes del Primer Año de Bachillerato de la Unidad Educativa "Quince de Octubre" periodo lectivo 2022 – 2023, a un nivel de significancia de 0,05. Esto se verifica de acuerdo con la prueba "t" del grupo experimental, según se aprecia en el cuadro 3 y 4.

Tabla 3. Resultados obtenidos de la prueba de conocimientos con y sin el uso de juegos didácticos.

GRUPO A						
Condición de la evaluación	N	Media	Mediana	D. Estándar	p (Prueba F)	T Student
Sin juego didáctico	30	7,28	6,50	2,22	3,28	2,00
Con juego didáctico	30	9,15	9,50	1,23		

Elaboración: propia.

Nota: Prueba t Student para dos muestras independientes suponiendo varianzas iguales (0,05 de significancia), Prueba F de Fisher para corroborar varianzas iguales.

Tabla 4. Calificaciones de los estudiantes que participaron la evaluación con y sin el uso de juegos didácticos.

GRUPO B						
Condición de la evaluación	N	Media	Mediana	D. Estándar	p (Prueba F)	T Student
Sin juego didáctico	30	7,10	6,75	1,68	3,00	2,01
Con juego didáctico	30	9,60	10,0	0,97		

Elaboración: propia.

Nota: Prueba t Student para dos muestras independientes suponiendo varianzas iguales (0,05 de significancia), Prueba F de Fisher para corroborar varianzas iguales.

CONCLUSIONES

Con la experiencia adquirida en la aplicación de estos juegos, se ha mostrado y validado la utilidad de los mismos como elementos dinamizadores y motivadores del alumnado, siendo muy elevada la implicación de los participantes en la preparación y realización de actividades basadas en esta metodología, lo que ha repercutido positivamente en el aprendizaje del alumnado y en la mejora del clima de trabajo en el aula. Los juegos crean un ambiente dinámico de competición dentro del aula entre los estudiantes, a través de la aplicación de este tipo de metodologías didácticas mejora la atención de los estudiantes, porque este tipo de juegos resultan ser familiares para la mayoría de ellos, logrando así que el desarrollo de la clase sea más productivo, divertido y menos monótono.

En relación con la investigación, tras analizar los resultados obtenidos en la evaluación escrita por los dos grupos, se puede decir que las calificaciones de los estudiantes parecen mejorar con la aplicación de los juegos didácticos como estrategia didáctica de aprendizaje. Esto se evidencia al observar los porcentajes de estudiantes aprobados que va de 48,3% a 91,7% y que, a su vez, se observan aumentos en el promedio de calificaciones que va de 7,19 a 9,38 puntos. Por tanto, los juegos didácticos, como estrategia de enseñanza-aprendizaje, influyen de manera positiva en el aprendizaje de los estudiantes hacia el contenido de la simbología química, convirtiéndose en una herramienta indispensable en el proceso educativo.

REFERENCIAS

- [1] E. Rodríguez, «EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA DE LA VIDA.,» Revista de Postgrado FACE-UC, vol. 7, n° 12, p. 364, 2013.
- [2] K. C. H. M. Marcano Godoy, «Uso de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje del contenido en enlace Químico y sus Propiedades centrado en habilidades cognitivas en estudiantes de educación media chilena.,» Revista Educación Las Américas, vol. 9, pp. 19-35. 2020.
- [3] INEVAL, «Instituto Nacional de Evaluación Educativa.,» 2020. [En línea]. Available: <http://evaluaciones.evaluacion.gob.ec/BI/informes-resultados/>.
- [4] A. Gutiérrez Mosquera y D. Barajas Perea, «Incidencia de los recursos lúdicos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química Orgánica I.,» Educación Química., vol. 30, n° 4, 2019.
- [5] A. Franco-Mariscal, A. Tomás-Serrano, V. Jara-Cano y F. Ortiz-Tudela, «El bingo como recurso didáctico en el aula de secundaria.,» Educación Química, vol. 21, n° 1, pp. 78-84, 2010.
- [6] H. Cevallos, «Impacto de la aplicación del método científico con soporte informático en el aprendizaje de la química de los estudiantes del quinto semestre, Escuela de Química y Biología,» Universidad Técnica de Manabí, Manabí-Ecuador, 2017.
- [7] T. Busquets, M. Silva y P. Larrosa, «Reflexiones sobre el aprendizaje de las ciencias naturales: Nuevas aproximaciones y desafíos.,» Estudios pedagógicos (Valdivia), vol. 42 (Especial), n° 117-135, 2016.
- [8] C. Tejada, C. Chicangana y Á. Villabona, «Enseñanza de la química basada en la formación por etapas de acciones mentales (caso enseñanza.,» Revista Virtual Universidad Católica del Norte, vol. 1, n° 38, pp. 143-157, 2013.
- [9] O. R. Lozano Lucia y A. Sánchez López De Andújar, «Diseño, aplicación y resultado de una estrategia de ludificación como actividad de cierre en clases de química.,» Educación Química, vol. 32, n° 4, pp. 60-73, 2021.
- [10] K. Marcano Godoy, «Aplicación de un juego didáctico como estrategia pedagógica para la enseñanza de la estequiometría.,» Revista de Investigación, vol. 39, n° 84, 2015.
- [11] K. Marcano Godoy, «Estrategias didácticas para la enseñanza y aprendizaje de "Los elementos químicos y su información en la tabla periódica,» Revista Educación las Américas, vol. 10, pp. 84-105, 2020.

[12] K. Marcano Godoy, «PICTOLAB: un juego didáctico empleado para la enseñanza y aprendizaje de los materiales y equipos de mayor uso en el laboratorio de ciencias.,» Revista de Investigación, vol. 42, n° 95, pp. 76-101, 2018.

[13] O. R. Lozano Lucia y A. Sánchez López De Andújar, «Diseño, aplicación y resultado de una estrategia de ludificación como actividad de cierre en clases de química.,» Educación Química, vol. 32, n° 4, pp. 60-73, 2021.

Conteo de los números primos en sucesiones aritméticas

Pedro R. Suárez Surí
<https://orcid.org/0000-0002-5237-7606>
pedro1951rivero@gmail.com
Investigador independiente
Quito, Ecuador

Recibido (13/07/2022), Aceptado (09/01/2023)

Resumen. - En el presente trabajo se presentan los elementos teóricos que fundamentan el cálculo de la función contadora de números primos, $\pi(x)$, basados en propiedades de las sucesiones $(6n-1)$ y $(6n+1)$, $n \geq 1$. Como resultado se exponen criterios suficientes de primalidad para los términos de ambas sucesiones que sustentan un algoritmo computacional determinístico que reduce la cantidad de operaciones en el cálculo de la función $\pi(x)$ al exonerar del análisis a todos los múltiplos de 3; y en el proceso de análisis de primalidad de un término particular, se excluyen las divisiones por el factor 3. Tal algoritmo es posible aplicarlo en la búsqueda de números primos en cada sucesión por separado, posibilidad que permite reducir aproximadamente a la mitad el tiempo de búsqueda de números en aplicaciones prácticas.

Palabras clave: Función contadora de números primos, criterio de primalidad, algoritmo determinístico, términos puros en sucesiones aritméticas, términos mezclados en sucesiones aritméticas.

Counting prime numbers in arithmetic sequences

Abstract. - This paper presents the theoretical elements that support the calculation of the prime number counting function, $\pi(x)$, based on properties of the sequences $(6n-1)$ and $(6n+1)$, $n \geq 1$. As a result, Sufficient primality criteria are exposed for the terms of both sequences that support a deterministic computational algorithm that reduces the number of operations in calculating the function $\pi(x)$ by exonerating all multiples of 3 from the analysis. In analyzing the primality of a particular term, the divisions by factor 3 are excluded. Such an algorithm can be applied to the search for prime numbers in each sequence separately, a possibility that allows approximately half the time of number search in practical applications.

Keywords: Counting function of prime numbers, primality criterion, deterministic algorithm, pure terms in arithmetic sequences, mixed terms in arithmetic sequences.



I. INTRODUCCIÓN

La función $\pi(x)$ que cuenta la cantidad de números primos hasta el número real x , ha motivado a muchos investigadores a buscar una solución que permita calcular este número con exactitud. Este empeño ha impulsado el desarrollo de la teoría de los números abordando el problema por distintos enfoques y se han establecido algoritmos determinísticos o probabilísticos, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- a) El algoritmo de AKS (Manindra Agrawal, Neeraj Kayal y Nitin Saxena) establecido en el 2002 [1], es un algoritmo de primalidad determinista en tiempo polinomial. Es el primer criterio de primalidad con estas características, a pesar de lo cual no es lo suficientemente eficiente para ser utilizado ampliamente en aplicaciones prácticas.
- b) El test de primalidad probabilístico de Miller-Rabin [2], por su naturaleza probabilística, tiene la insuficiencia que puede proporcionar resultados erróneos con una probabilidad pequeña, a pesar de lo cual es el test que más se ha utilizado en aplicaciones criptográficas.
- c) El test de primalidad determinista de Goldwasser-Killian basado en curvas elípticas [3], es una solución con otro enfoque para el problema de primalidad. Según el autor, se considera uno de los métodos más rápidos para probar primalidad de números naturales.
- d) El test de primalidad determinista de secuencia de raíz digital tesla Zollner es otro intento para resolver el problema de primalidad parte de las sucesiones $(6n-1)$ y $(6n+1)$ y está basado en la teoría de la raíz digital de Tesla Zollner. En este sentido, “el Algoritmo de Primalidad desarrollado, tiene un comportamiento funcional de orden cuatro, $O(n^4)$, el cual puede ser optimizado, mejorando las condiciones iniciales de la estructura secuencial del algoritmo, ya que los procedimientos de cálculos son sencillos, con simples operaciones aritméticas básicas” [4].

Además de estas pruebas de primalidad existen otros algoritmos y variantes de algunos de los mencionados que aportan avances en este campo, sin embargo, hasta la fecha no se ha encontrado una solución satisfactoria a tal problema.

En el presente artículo se presenta el resultado de otro intento de solución a esta problemática, basado en propiedades elementales de las sucesiones aritméticas $(6n - 1)$ y $(6n + 1)$. En base a propiedades de estas sucesiones, se han establecidos criterios suficientes para la primalidad de cualquiera de sus términos y establecido algoritmos computacionales determinísticos para calcular con exactitud la cantidad de números primos en cada una de estas sucesiones hasta cualquier número x , en consecuencia, para la función contadora de primos $\pi(x)$. Sin pretender comparar en eficiencia esta solución con los algoritmos existentes, se presenta como otro camino en que se puede trabajar en la búsqueda de la solución al problema.

En la exposición de los resultados de esta investigación se presentan las secciones: conceptos básicos y propiedades, criterios de primalidad, fórmulas computacionales para el cálculo de la función $\pi(h)$, algoritmos computacionales, resultados y conclusiones.

II. DESARROLLO

A. Conceptos básicos y propiedades

En este epígrafe se presentan algunas propiedades de las sucesiones enunciadas que permiten justificar los criterios de primalidad que se exponen posteriormente.

Proposición 1.

Todo número primo mayor que 3 es un término de la sucesión $(a_n) = (6n - 1)$; o de la sucesión $(b_n) = (6n + 1)$; $n \in \mathbb{N}$; $n \geq 1$.

Demostración

Sea $p > 3$ un número primo cualesquiera, entonces solo tiene los factores 1 y p , luego como p es impar y el factor tres no está en p , entonces el factor 3 estará en $p - 1$ o en $p + 1$ y como $p - 1$ y $p + 1$ son números pares entonces resulta:

Si $p - 1$ es múltiplo de tres entonces es múltiplo de 6 (par y divisible por 3) entonces $p - 1 = 6n$; $n \in \mathbb{N}$; luego $p = 6n + 1$.

Si $p + 1$ es múltiplo de 3 entonces es múltiplo de 6 (par y divisible por 3) entonces $p + 1 = 6n$; $n \in \mathbb{N}$; luego $p = 6n - 1$.

En lo que sigue, los términos de las sucesiones $(a_n) = (6n - 1)$ y $(b_n) = (6n + 1)$ con $n \geq 1$ se denominan candidatos a primo de tipo A y tipo B respectivamente.

Algunas notaciones que se utilizan en este trabajo son:

La cantidad de candidatos a primos menores o iguales a un número real x se denota por los símbolos $Cp(x)$ o $Cp_a(x)$ o $Cp_b(x)$, para referirse respectivamente al total de términos en ambas sucesiones hasta el número x , a los términos de la sucesión (a_n) hasta x , términos tipo A, o a los términos de la sucesión (b_n) , tipo B, hasta x .

La cantidad de candidatos a primos que son menores o iguales a un número real x se calculan por las fórmulas:

$$Cp_a(h) = \left\lfloor \frac{x+1}{6} \right\rfloor, \quad Cp_b(h) = \left\lfloor \frac{x-1}{6} \right\rfloor \text{ y } Cp(x) = Cp_a(x) + Cp_b(x) = \left\lfloor \frac{x+1}{6} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{x-1}{6} \right\rfloor \quad (1)$$

Estas fórmulas se obtienen directamente de las inecuaciones $6n - 1 \leq x$ y $6n + 1 \leq x$, teniendo en cuenta que los términos de estas sucesiones son números naturales.

La expresión $[x]$ indica parte entera del número x o función piso de x .

De la proposición 1 se deriva que el conjunto de los candidatos a primos está constituido por los números impares mayores o iguales a 5, que no son múltiplos de 3.

Otras notaciones:

$Co(x)$ indica la cantidad de candidatos a primos compuestos menores o iguales a x .

$Co_a(x)$ indica la cantidad de candidatos a primo del tipo A menores o iguales a x , que son compuestos; de igual forma $Co_b(x)$ indica la cantidad de compuestos de tipo B menores o iguales a x .

$\pi^*(x)$ es la cantidad de números primos de tipo A y tipo B, menores o iguales a x excluyendo a 2 y 3. Y $\pi_a^*(x)$ y $\pi_b^*(x)$ indican la cantidad de primos en x , de tipo A o tipo B respectivamente.

De lo visto hasta aquí podemos afirmar que un candidato primo es un número primo o un número compuesto que no es par ni múltiplo de tres, luego si se puede calcular la cantidad de candidatos a primos hasta un número real x que son compuestos, por diferencia con $Cp(x)$ podemos determinar la cantidad de primos hasta ese número x mediante las ecuaciones siguientes:

$$Cp(x) = \pi^*(x) + Co(x), \quad Cp_a(x) = \pi_a^*(x) + Co_a(x) \text{ y } Cp_b(x) = \pi_b^*(x) + Co_b(x) \quad (2)$$

Veamos algunas propiedades de las sucesiones (a_n) y (b_n) .

B. *Propiedades de los términos de las sucesiones* $(a_n) = (6n - 1)$ y $(b_n) = (6n + 1)$ con $n \geq 1$.

Proposición 2

El producto de dos términos de la sucesión (a_n) es un término de la sucesión (b_n) .

Demostración

Sean n y m números naturales cualesquiera, luego $6n - 1$ y $6m - 1$ son dos términos cualesquiera de la sucesión (a_n) .

$$(6n - 1)(6m - 1) = 36nm - 6n - 6m + 1 = 6(6nm - n - m) + 1 \in (b_n) \quad (3)$$

Las proposiciones que siguen se demuestran de forma semejante o aplicando reiteradamente las proposiciones planteadas con anterioridad.

Proposición 3

El producto de un término de la sucesión (a_n) y un término de la sucesión (b_n) es un término de la sucesión (a_n)

Proposición 4

El producto de dos términos de la sucesión (b_n) es un término de la sucesión (b_n) .

Proposición 5

El producto de cualquier cantidad de términos de la sucesión (b_n) es un término de la sucesión (b_n) .

Proposición 6

El producto de una cantidad impar de términos de la sucesión (a_n) , tipo A, es un término tipo A.

Proposición 7

El producto de una cantidad par de términos tipo A es un término tipo B.

Proposición 8

Todo término compuesto de la sucesión (a_n) puede ser representado como el producto de una cantidad impar de factores primos tipo A y de cualquier cantidad de factores primos tipo B, pudiendo ser cero la cantidad de factores tipo B.

Propiedad 9

Un término h de la sucesión (a_n) es compuesto si y solo si se puede expresar como producto de un término tipo A y un término tipo B.

C. *Clasificación de los términos de las sucesiones (a_n) y (b_n) según el tipo de sus factores primos*

Los términos de las sucesiones (a_n) y (b_n) se pueden agrupar en conjuntos disjuntos según el tipo de factores que contienen:

Definición: Un término de las sucesiones (a_n) o (b_n) se denomina puro cuando solo contiene factores primos tipo A o tipo B respectivamente.

Ejemplo: $17, 125 = 5^3$ y $5^2 \cdot 11 = 275$ son términos puros tipo A y $7, 49 = 7 \cdot 7$ y $91 = 7 \cdot 13$ son términos puros tipo B.

Los términos compuestos de estas sucesiones que no son puros le denominamos mezclados.

Ejemplo: $35=5 \cdot 7$ es un término mezclado de (a_n) y $175=5 \cdot 7^2$ es un término mezclado de (b_n) .

Los términos de la sucesión (b_n) que solo contienen factores primos tipo A, se denominan bpuroa.

Ejemplos: $25 = 5^2$, $55 = 5 \cdot 11$

Al conjunto de términos de la sucesión (b_n) que no son puros tipo B se denominan términos mezclados tipo B.

Proposición 10

Todo término compuesto de la sucesión (b_n) se puede expresar como producto de dos términos tipo A o como producto de dos términos puros tipo B.

D. Criterios para determinar si un término de las sucesiones (a_n) o (b_n) es un número primo

La forma más simple para determinar si un término h de estas sucesiones es compuesto es dividirlo por todos los números primos menores o iguales a su raíz cuadrada; pero esto tiene el inconveniente del costo computacional que genera el espacio necesario para guardar los números primos conocidos y luego recuperar la información sobre la primalidad de los términos necesarios de estas sucesiones para utilizarlos en las operaciones requeridas; por tal motivo en este trabajo se presenta una solución que no necesita de la condición de primalidad de los términos de estas sucesiones; pero bastaría guardar los primos encontrados hasta \sqrt{h} y llamarlos en el algoritmo cuando se necesiten, es decir, los criterios son válidos si se divide solo por los números primos, cuestión que será conveniente cuando se trabaje con números grandes.

Al menos para números pequeños (menores a 32 401) resulta más ventajoso trabajar con todos los términos de las sucesiones (a_n) o (b_n) que son menores que \sqrt{h} , que recuperar la información de los primos encontrados para dividir solo por ellos; comportamiento que pudiera cambiar con números grandes.

Presentamos continuación algunos criterios que permiten determinar con exactitud si un término de las sucesiones anteriores es primo o compuesto.

E. Primos en la sucesión $(a_n) = (6n - 1); n \in \mathbb{N}$

En base a las propiedades de los términos de las sucesiones (a_n) y (b_n) , se pueden establecer los criterios siguientes:

Criterio 1

Criterio suficiente para la condición de compuesto de un término de la sucesión (a_n) en base a los candidatos a primo de tipo B.

Sea $h = 6k - 1; k \in \mathbb{N}$. Si $\exists a_i \in (a_n)$ con $a_i \leq \frac{h}{5} : C_{pb}\left(\frac{h}{a_i}\right) - C_{pb}\left(\frac{h-6}{a_i}\right) = 1$ entonces h es compuesto de tipo A.

Demostración

Supongamos que $\exists a_i \in (a_n)$ con $a_i \leq \frac{h}{5} : C_{pb}\left(\frac{h}{a_i}\right) - C_{pb}\left(\frac{h-6}{a_i}\right) = 1$, esto significa que en $\frac{h}{a_i}$ los candidatos a primo tipo B se incrementan en una unidad, es decir, entre $\left(\frac{h-6}{a_i}\right)$ y $\left(\frac{h}{a_i}\right)$ existe un candidato primo b_j , tipo B, tal que

$\frac{h-6}{a_i} < b_j \leq \frac{h}{a_i}$, multiplicando por a_i se obtiene $h - 6 < a_i b_j \leq h$, como los términos consecutivos de la sucesión (a_n) se diferencian en 6 unidades y h es un término de (a_n) y por la propiedad 2, $a_i b_j$ también es un término de (a_n) entonces $h = a_i b_j$ es un compuesto de la sucesión (a_n) .

La suma de las diferencias $T = \sum_{i=5}^{a_i \leq \frac{h}{5}} \left(C_{pb} \left(\frac{h}{a_i} \right) - C_{pb} \left(\frac{h-6}{a_i} \right) \right)$ (4) del criterio anterior indica la cantidad de factores primos tipo A distintos que existen en la descomposición en factores del número h , lo cual determina cuántos productos distintos de dos factores originan al mismo número h , es decir, si queremos contar cuántos compuestos existe en la sucesión (a_n) hasta h , se contaría $T-1$ compuestos de más; sin embargo si se suma el signo(T) para todos los términos de la sucesión (a_n) hasta h , se obtendría la cantidad exacta de compuestos hasta H . Pero esta solución tiene un costo computacional mucho mayor que los criterios que se presentan a continuación.

El contrarrecíproco del criterio 1 es una condición suficiente de primalidad para los términos de (a_n) :

Criterio 2

Criterio de primalidad

Sea $h = 6k - 1; k \in \mathbb{N}$. Si $\forall a_i \in (a_n)$ con $a_i \leq \frac{h}{5}$ se cumple $C_{pb} \left(\frac{h}{a_i} \right) - C_{pb} \left(\frac{h-6}{a_i} \right) = 0$ entonces h es un número primo.

El Criterio 1 para la condición de compuesto de un término de la sucesión (a_n) , se ha planteado utilizando los C_{pb} , un criterio semejante también se puede plantear en función de los C_{pa} .

Criterio 3

Sea $h = 6k - 1; k \in \mathbb{N}$. Si $\exists b_i \in (b_n)$ con $b_i \leq \frac{h}{7} : C_{pa} \left(\frac{h}{b_i} \right) - C_{pa} \left(\frac{h-6}{b_i} \right) = 1$ entonces h es compuesto de tipo A.

Demostración

Supongamos que $\exists b_i \in (b_n)$ con $b_i \leq \frac{h}{7} : C_{pa} \left(\frac{h}{b_i} \right) - C_{pa} \left(\frac{h-6}{b_i} \right) = 1$, esto significa que en $\frac{h}{b_i}$ los candidatos a primo tipo A se incrementan en una unidad, es decir, entre $\left(\frac{h-6}{b_i} \right)$ y $\left(\frac{h}{b_i} \right)$ existe un candidato primo a_j , tipo A, tal que

$\frac{h-6}{b_i} < a_j \leq \frac{h}{b_i}$, multiplicando por b_i se obtiene $h - 6 < a_j b_i \leq h$, como los términos consecutivos de la sucesión (a_n) se diferencian en 6 unidades y h es un término de (a_n) y por la propiedad 2, $a_j b_i$ también es un término de (a_n) entonces $h = a_j b_i$ es un compuesto de la sucesión (a_n) .

Mediante la aplicación de estos criterios se puede elaborar un algoritmo para determinar la condición de compuesto o primo de un término h de la sucesión (a_n) .

Para el caso de los términos de la sucesión (a_n) , la diferencia

$d = C_{pb} \left(\frac{h}{a_i} \right) - C_{pb} \left(\frac{h-6}{a_i} \right)$ se puede transformar aplicando las fórmulas para el cálculo de los candidatos a primo; permitiendo de este modo operar con números más pequeños para reducir la complejidad de los cálculos en el algoritmo correspondiente.

$$d = C_{pb} \left(\frac{h}{a_i} \right) - C_{pb} \left(\frac{h-6}{a_i} \right) = \left[\left(\frac{h}{a_i} - 1 \right) / 6 \right] - \left[\frac{\frac{h-6}{a_i} - 1}{6} \right] = \left[\frac{h-a_i}{6a_i} \right] - \left[\frac{h-6-a_i}{6a_i} \right]$$

$$= \left[\frac{6k-1-6i+1}{6a_i} \right] - \left[\frac{6k-1-6-6i+1}{6a_i} \right] = \left[\frac{k-i}{a_i} \right] - \left[\frac{k-i-1}{a_i} \right] = \left[\frac{k-i}{a_i} \right] - \left[\frac{k-i}{a_i} - \frac{1}{a_i} \right] \quad (5)$$

Propiedad 11

Si el cociente $\frac{k-i}{a_i} \in \mathbb{N}$ entonces la diferencia $d = \left[\frac{k-i}{a_i} \right] - \left[\frac{k-i-1}{a_i} \right] = 1$.

Demostración

Para cada $a_i \in (a_n)$ se tiene una sucesión aritmética (a_k) donde $\frac{k-i-1}{a_i}$ y $\frac{k-i}{a_i}$ son términos consecutivos con una diferencia $\frac{1}{a_i}$ tal que $0 < \frac{1}{a_i} < 1$

Supongamos que $\frac{k-i}{a_i} \in \mathbb{N}$. En este caso $\left[\frac{k-i}{a_i} \right] - \left[\frac{k-i}{a_i} - \frac{1}{a_i} \right] = E - \left[E - \frac{1}{a_i} \right]$; pero $\left[E - \frac{1}{a_i} \right] = E - 1$ luego $\left[\frac{k-i}{a_i} \right] - \left[\frac{k-i}{a_i} - \frac{1}{a_i} \right] = E - E + 1 = 1$

De forma semejante se cumple:

Propiedad 12

Si el cociente $\frac{k+j}{b_j} \in \mathbb{N}$ entonces la diferencia $d = \left[\frac{k+j}{b_j} \right] - \left[\frac{k+j-1}{b_j} \right] = 1$.

La demostración sigue la misma vía que en la propiedad 11

De acuerdo con este resultado las diferencias $d = \left[\frac{k-i}{a_i} \right] - \left[\frac{k-i-1}{a_i} \right] = 1$ se puede sustituir en los criterios enunciados anteriormente por $d = \frac{k-i}{a_i} - \left[\frac{k-i}{a_i} \right] = 0$ (En este caso si $d = 0$ el término h es compuesto y si para todos los a_i se cumple que $d \neq 0$ entonces h es primo.) También se puede sustituir por la expresión equivalente $d = (k-i) \bmod a_i = 0$ o $d = (k+i) \bmod b_i = 0$ que son expresiones respectivamente equivalentes a $\frac{k-i}{a_i} \in \mathbb{N}$ y $\frac{k+j}{b_j} \in \mathbb{N}$.

Si se aplica la propiedad 9, que plantea que todo término compuesto h de (a_n) se puede expresar como $h = a_i b_j$, se puede reducir la cantidad de operaciones. En lugar de calcular todas las divisiones por los a_i con $i \leq \left[\frac{k+1}{7} \right]$ o por los b_i con $i \leq \left[\frac{k-1}{5} \right]$, es posible calcular los cocientes solo para $a_i \leq \sqrt{h}$ y los $b_j \leq \sqrt{h}$ debido a que si $a_i \leq \sqrt{h}$ entonces $b_j \geq \sqrt{h}$, y viceversa, si $b_j \leq \sqrt{h}$ entonces $a_i \geq \sqrt{h}$, de acuerdo con esto y la transformación realizada a la diferencia d , el criterio para la condición de compuesto de un término de la sucesión (a_n) , se puede expresar de la forma siguiente:

Criterio 4

Un término h de la sucesión (a_n) es compuesto si $\exists a_i \in (a_n)$ con $a_i \leq \sqrt{h}$ tal que $\frac{k-i}{a_i} - \left[\frac{k-i}{a_i} \right] = 0$ o $\exists b_j \in (b_n)$ con $b_j \leq \sqrt{h}$ se cumple $\frac{k+j}{b_j} - \left[\frac{k+j}{b_j} \right] = 0$.

Este criterio se puede expresar utilizando las expresiones equivalentes $(k-i) \bmod a_i = 0$ y $(k+j) \bmod b_j = 0$ respectivamente.

Criterio 4.1

Un término h de la sucesión (a_n) es compuesto si $\exists a_i \in (a_n)$ con $a_i \leq \sqrt{h}$ tal que $(k-i) \bmod a_i = 0$
o $\exists b_j \in (b_n)$ con $b_j \leq \sqrt{h}$ tal que $(k+j) \bmod b_j = 0$.

Criterio 5

Un término h de la sucesión (a_n) es primo si y solo si $\forall a_i \in (a_n)$ con $a_i \leq \sqrt{h}$ se cumple $\frac{k-i}{a_i} - \left\lfloor \frac{k-i}{a_i} \right\rfloor \neq 0$
y $\forall b_j \in (b_n)$ con $b_j \leq \sqrt{h}$ se cumple $\frac{k+j}{b_j} - \left\lfloor \frac{k+j}{b_j} \right\rfloor \neq 0$.

F. Primos en la sucesión $(b_n) = (6n + 1); n \in \mathbb{N}$

Para determinar si un término de la sucesión (b_n) es compuesto se tiene en cuenta que todo término compuesto de esta sucesión es un término mezclado o es un término puro tipo B.

Criterio para los términos de la sucesión (b_n)

Todo término mezclado h de (b_n) se obtiene como el producto cada término a_i de (a_n) por todos los $C_{pa} \leq \frac{h}{a_i}$. Estos generan los términos mezclados de (b_n) , que pueden ser términos Bapuros, que son aquellos que solo contienen factores primos tipo A o términos tipo B mezclados que contienen factores primos tipo A y factores primos tipo B.

Criterio 6

Sea $h = 6k + 1; k \in \mathbb{N}$. Si $\exists a_i \in (a_n)$ con $a_i \leq \frac{h}{5} : C_{pa} \left(\frac{h}{a_i} \right) - C_{pa} \left(\frac{h-6}{a_i} \right) = 1$ o $\exists b_i \in (b_n)$ con $b_i \leq \frac{h}{7} : C_{pb} \left(\frac{h}{b_i} \right) - C_{pb} \left(\frac{h-6}{b_i} \right) = 1$ entonces h es compuesto.

Demostración**Caso 1**

Sea h un término de la sucesión (b_n) .

Supongamos que $\exists a_i \in (a_n)$ con $a_i \leq \frac{h}{5} : C_{pa} \left(\frac{h}{a_i} \right) - C_{pa} \left(\frac{h-6}{a_i} \right) = 1$, esto significa que entre $\left(\frac{h-6}{a_i} \right)$ y $\left(\frac{h}{a_i} \right)$ existe un candidato primo a_j tipo A, tal que

$\frac{h-6}{a_i} < a_j \leq \frac{h}{a_i}$, multiplicando por a_i se obtiene $h - 6 < a_i a_j \leq h$, como los términos consecutivos de la sucesión (b_n) se diferencian en 6 unidades y h es un término de (b_n) y $a_i a_j$ también es un término de (b_n) entonces $a_i a_j = h$ es un compuesto mezclado de la sucesión (b_n) . $\left(\frac{h-6}{a_i} \neq a_j \right)$ porque la diferencia $\frac{h}{a_i} - \frac{h-6}{a_i} = \frac{6}{a_i} \leq 1,2 \forall a_i$ luego si $\frac{h-6}{a_i} \leq a_j$ resulta que $C_{pa} \left(\frac{h}{a_i} \right) - C_{pa} \left(\frac{h-6}{a_i} \right) = 0$

Caso 2

Supongamos que $\exists b_i \in (b_n)$ con $b_i \leq \frac{h}{7} : C_{pb} \left(\frac{h}{b_i} \right) - C_{pb} \left(\frac{h-6}{b_i} \right) = 1$, esto significa que entre $\left(\frac{h-6}{b_i} \right)$ y $\left(\frac{h}{b_i} \right)$ existe un candidato primo b_j tipo B, tal que

$\frac{h-6}{b_i} < b_j \leq \frac{h}{b_i}$, multiplicando por b_i se obtiene $h - 6 < b_i b_j \leq h$, como los términos consecutivos de la sucesión (b_n) se diferencian en 6 unidades y h es un término de (b_n) y $b_i b_j$ también es un término de (b_n) entonces $b_i b_j = h$ es un compuesto de la sucesión (b_n) .

El contrarrecíproco del criterio anterior es el criterio de primalidad para un término de la sucesión (b_n) .

Criterio 7

Sea $h = 6k + 1; k \in \mathbb{N}$. Si $\forall a_i \in (a_n)$ con $a_i \leq \frac{h}{5} : C_{pa} \left(\frac{h}{a_i} \right) - C_{pa} \left(\frac{h-6}{a_i} \right) = 0$ y $\forall b_i \in (b_n)$ con $b_i \leq \frac{h}{7} : C_{pb} \left(\frac{h}{b_i} \right) - C_{pb} \left(\frac{h-6}{b_i} \right) = 0$ entonces h es un número primo.

Para el caso de los términos de la sucesión (b_n) la primera proposición del criterio 6 se transforma en:

$$d = C_{pa} \left(\frac{h}{a_i} \right) - C_{pa} \left(\frac{h-6}{a_i} \right) = \left[\left(\frac{h}{a_i} + 1 \right) / 6 \right] - \left[\left(\frac{h-6}{a_i} + 1 \right) / 6 \right] = \left[\frac{h+a_i}{6a_i} \right] - \left[\frac{h-6+a_i}{6a_i} \right] = \left[\frac{6k-1+6i+1}{6a_i} \right] - \left[\frac{6k-1-6+6i+1}{6a_i} \right] = \left[\frac{k+i}{a_i} \right] - \left[\frac{k+i-1}{a_i} \right] \quad (6)$$

La segunda condición del criterio 6 se transforma en:

$$d = C_{pb} \left(\frac{h}{b_j} \right) - C_{pb} \left(\frac{h-6}{b_j} \right) = \left[\left(\frac{h}{b_j} - 1 \right) / 6 \right] - \left[\left(\frac{h-6}{b_j} - 1 \right) / 6 \right] = \left[\frac{h-b_j}{6b_j} \right] - \left[\frac{h-6-b_j}{6b_j} \right] = \left[\frac{6k+1-6j-1}{6b_j} \right] - \left[\frac{6k+1-6-6j-1}{6b_j} \right] = \left[\frac{k-j}{b_j} \right] - \left[\frac{k-j-1}{b_j} \right] \quad (7)$$

La primera condición del criterio 7 es equivalente a la propiedad 12.

Propiedad 12

Si el cociente $\frac{k+i}{a_i} \in \mathbb{N}$ entonces la diferencia $d = \left[\frac{k+i}{a_i} \right] - \left[\frac{k+i-1}{a_i} \right] = 1$.

(La demostración es semejante a la realizada en el criterio 11.)

La segunda condición del criterio 7 es equivalente a la propiedad 13.

Propiedad 13

Si el cociente $\frac{k-i}{b_i} \in \mathbb{N}$ entonces la diferencia $d = \left[\frac{k-i}{b_i} \right] - \left[\frac{k-i-1}{b_i} \right] = 1$.

(La demostración es semejante a la realizada en el criterio 11.)

El criterio de primalidad de un término de la sucesión (b_n) resulta de la negación del criterio 4 y el empleo de las siguientes equivalencias:

La expresión $\frac{k+i}{a_i} \in \mathbb{N}$ es equivalente a $\frac{k+i}{a_i} - \left[\frac{k+i}{a_i} \right] = 0$ o $(k+i) \bmod a_i = 0$

La expresión $\frac{k-j}{b_j} \in \mathbb{N}$ es equivalente a $\frac{k-j}{b_j} - \left[\frac{k-j}{b_j} \right] = 0$ o $(k-j) \bmod b_j = 0$

Criterio de primalidad de los términos de la sucesión (b_n)

Criterio 5

Un término h de la sucesión (b_n) es primo si $\forall a_i \in (a_n)$ con $a_i \leq \sqrt{h}$ resulta $(k+i) \bmod a_i = 0$ y $\forall b_j \in (b_n)$ con $b_j \leq \sqrt{h}$ resulta $(k-j) \bmod b_j = 0$.

III. METODOLOGÍA

La metodología empleada ha consistido en el análisis de las sucesiones (a_n) y (b_n) en cuanto a sus propiedades y su relación con los números compuestos hasta encontrar la regularidad de la formación de los números compuestos a partir de los términos de estas sucesiones y establecer criterios suficientes de primalidad sustentados en propiedades elementales. Posteriormente se procede a la implementación computacional de los criterios y análisis de los resultados.

IV. RESULTADOS

A. Fórmulas computacionales para el cálculo de la función $\pi(h)$

Según estos resultados se puede definir la función $\pi(h)$ mediante una fórmula computacional exacta; antes se definen las funciones $\pi_a(h)$ y $\pi_b(h)$ que determinan la cantidad de primos acumulados las sucesiones (a_n) y (b_n) respectivamente hasta el número h .

Sea $h = 6k - 1$

$$\pi_a(h) = k - 1 - \sum_{j=8}^k \left(\operatorname{sgn} \sum_{i=1}^{\left\lfloor \frac{\sqrt{h}-1}{6} \right\rfloor} \left(\left\lfloor \frac{(j-i)}{a_i} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{(j-i-1)}{a_i} \right\rfloor \right) + \operatorname{sgn} \sum_{i=1}^{\left\lfloor \frac{\sqrt{h}+1}{6} \right\rfloor} \left(\left\lfloor \frac{(j+i)}{b_i} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{(j+i-1)}{b_i} \right\rfloor \right) \right) \quad (8)$$

Donde $k = \left\lfloor \frac{h+1}{6} \right\rfloor$; $a_i = 6i - 1$ $b_i = 6i + 1$

Sea $h = 6k + 1$

$$\pi_b(h) = k - 1 - \sum_{j=8}^k \left(\operatorname{sgn} \sum_{i=1}^{\left\lfloor \frac{\sqrt{h}+1}{6} \right\rfloor} \left(\left\lfloor \frac{(j+i)}{a_i} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{(j+i-1)}{a_i} \right\rfloor \right) + \operatorname{sgn} \sum_{i=1}^{\left\lfloor \frac{\sqrt{h}-1}{6} \right\rfloor} \left(\left\lfloor \frac{(j-i)}{b_i} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{(j-i-1)}{b_i} \right\rfloor \right) \right) \quad (9)$$

Donde $k = \left\lfloor \frac{h-1}{6} \right\rfloor$; $a_i = 6i - 1$; $b_i = 6i + 1$

El 1 que se resta de K corresponde al compuesto que existe en cada sucesión hasta 43.

La sumatoria indica la cantidad de compuestos acumulados desde 47 hasta h .

Función $\pi(h)$

$$\pi(h) = 2 + \pi_a(h) + \pi_b(h) \quad (10)$$

El sumando 2 se refiere a los primos 2 y 3 que no se calculan en las fórmulas anteriores.

Las diferencias de las partes enteras que aparecen en estas fórmulas solo pueden tomar valores 1 o 0, lo que permite, en su implementación computacional, abandonar el ciclo correspondiente cuando aparece el primer 1; en tal caso no es necesario utilizar la función signo.

B. Implementación de los criterios expuestos en el cálculo de la función $\pi(h)$

La implementación de los criterios presentados anteriormente para calcular la función $\pi(h)$ se ha realizado mediante programación en VBA de Excel y se ha repetido el algoritmo para todos los términos de las sucesiones (a_n) y (b_n) desde 47 hasta 32401.

Para la implementación del procedimiento para cualquier número real $x \geq 37$ basta entrar el valor de x y calcular k mediante las ecuaciones $k = \left\lceil \frac{x+1}{6} \right\rceil$ o $k = \left\lceil \frac{x-1}{6} \right\rceil$ según se busque los valores de $\pi_a(h)$ o $\pi_b(h)$ respectivamente.

Algoritmo de primalidad para los términos de la sucesión (a_n)

H, l, k, m, n, a, b (enteros); d (double)

1-Entrar el valor de k y calcular $h = 6k - 1$.

2-Calcular $a = 6i - 1$ y $d = (k - i) \bmod a$ en un ciclo desde $i = 1$ hasta $m = \text{int}((\text{Sqr}(h) + 1)/6)$. Si $d = 0$ salir del ciclo y se pasa a 3.

3-Si $d = 0$ se concluye: h es compuesto; Si $d \neq 0$ se pasa a 4.

4-Calcular $b = 6i + 1$ y $d = (k + i) \bmod b$ en un ciclo desde $i = 1$ hasta $n = \text{int}((\text{Sqr}(h) - 1)/6)$. Si $d = 0$ salir del ciclo y se pasa a 5.

5- Si $d = 0$ se concluye: h es compuesto; Si $d \neq 0$ se concluye: h es primo.

Algoritmo de primalidad para los términos de la sucesión (b_n)

H, l, k, m, n, a, b (enteros); d (double)

1-Entrar el valor de k y calcular $h = 6k + 1$.

2-Calcular $a = 6i - 1$ y $d = (k + i) \bmod a$ en un ciclo desde $i = 1$ hasta $m = \text{int}((\text{Sqr}(h) + 1)/6)$. Si $d = 0$ salir del ciclo y se pasa a 3.

3-Si $d = 0$ se concluye: h es compuesto; Si $d \neq 0$ se pasa a 4.

4-Calcular $b = 6i + 1$ y $d = (k - i) \bmod b$ en un ciclo desde $i = 1$ hasta $n = \text{int}((\text{Sqr}(h) - 1)/6)$. Si $d = 0$ salir del ciclo y se pasa a 5.

5- Si $d = 0$ se concluye: h es compuesto; Si $d \neq 0$ se concluye: h es primo.

La implementación práctica de los algoritmos se realizó en una computadora Intel i3 4ta generación CPU 1.70 GHz 1.70 GHz con memoria RAM 12gb y HDD ssd sata 3.0.

Sin pretender considerar los resultados siguientes como un análisis de la complejidad computacional, sí pueden servir para valorar el comportamiento del tiempo del algoritmo analizado.

En el caso del algoritmo para los primos de la sucesión $(a_k = 6k - 1)$ se midió el tiempo para los valores de K desde 8 hasta 5400 a intervalos de 166 términos (términos desde 47 hasta 32399). A partir de la medición de los tiempos acumulados se establecieron modelos de regresión, resultando un modelo lineal ($\text{Tiempo} = 0,00007708K + 0,009$, estadísticamente significativo ($p=0,000$; $R^2=0,998$) y un modelo potencial ($\text{Tiempo} = K^{0,927}$, estadísticamente significativo ($p=0,000$; $R^2=0,998$). Un modelo logarítmico resultó significativo con $R^2=0,84$. La estimación del tiempo del modelo potencial, para valores de K aproximadamente superiores a 4000 tienden a ser menores que en el modelo lineal. Considerando lo planteado en [5], pág. 210 sobre la comprobación del análisis de un algoritmo se observó que los cocientes Tiempo/ K y Tiempo/ $(\ln(k))$ resultaron decrecientes por lo que se considera que ambos modelos sobreestiman el tiempo real, mientras

que el cociente $\text{Tiempo}/(k^{0,927})$ es creciente, lo que indica que el modelo potencial subestima el tiempo real.

CONCLUSIONES

El algoritmo anterior tiene la ventaja que para determinar el valor de $\pi(x)$ solo hay que considerar los números impares $h \geq 5$ no divisibles por 3, que reducen, aproximadamente en 1/6 la cantidad de repeticiones del algoritmo y en cada h se excluye la división por 3 y sus múltiplos.

Los criterios presentados conducen a un algoritmo que calcula de forma exacta las funciones $\pi_a(h)$, $\pi_b(h)$ y $\pi(h) = 2 + \pi_a(h) + \pi_b(h)$.

Al realizar las divisiones utilizando el valor de k se disminuye el tamaño de los números objeto de análisis y con ello se reduce el tiempo de cálculo, cuestión probada empíricamente para números pequeños (menores a 32401). El algoritmo en su implementación, además de realizarse calculando los cocientes de todos los términos de ambas sucesiones menores o iguales a \sqrt{h} , se puede implementar utilizando solo los números primos menores o iguales a \sqrt{h} encontrados en el proceso de análisis de ambas sucesiones.

Para el uso práctico de estos algoritmos en la búsqueda de números primos, se puede trabajar con algoritmos separados de búsqueda para primos tipo A y tipo B, disminuyendo aproximadamente a la mitad el tiempo de análisis de primalidad.

El algoritmo no se ha implementado para números grandes.

No se ha analizado la complejidad computacional de los algoritmos asociados a los criterios enunciados; pero con independencia de la eficiencia que pueda tener el algoritmo, el enfoque presentado puede representar otro sendero a explorar en la búsqueda de la solución al cálculo de la función $\pi(x)$ de forma exacta y eficiente.

La combinación del análisis de primalidad sobre estas sucesiones con otros criterios de primalidad pudiera incrementar la eficiencia de los algoritmos en aplicaciones prácticas.

Referencias

- [1] V. Arroyo, «Estudio sobre primalidad con el algoritmo AKS,» Madrid, 2020.
- [2] R. Martínez Zocón, L. Ortiz Céspedes, J. Horna Mercedes y A. Zavaleta Quipuscoa, «Algoritmos para pruebas de primalidad,» *Selecciones Matemáticas*, vol. 1, nº 02, p. 8, agosto-diciembre 2014.
- [3] S. A. Ramírez Gajardo, Y. F. Vasquez Cea y C. Zenteno Acuña, «Curvas elípticas y test de primalidad,» Chillan, 2019.
- [4] Z. Castellanos y Á. Sandoval, «Test de primalidad de secuencia de raíz digital Tesla Zollner,» *ResearchGate*, p. 8, septiembre 2022.
- [5] M. Allen Weiss, Estructuras de datos en Java, cuarta edición ed., Pearson Educación, S.A., 2013, 2013, p. 945.



Pedro Suárez es de nacionalidad cubana, residente en Ecuador es licenciado en educación en la especialidad de Matemática y es Magister en Matemática aplicada, ha sido docente durante 53 años.

VOLUME 4 // ISSUES 10 // APRIL 2023

DOI:10.47460/minerva/v3i9

MINERVA

Revista Multidisciplinaria de
Investigación Científica

ISSN: 2697-3650



Editado por

Autan Books
Engineering & Sciences