



visión Antataura

ISSN L: 2520-9892

Volumen 8, No. 2

Diciembre 2024 – Mayo 2025

Universidad de Panamá – Centro Regional Universitario de Azuero



Chitré, provincia de Herrera, República de Panamá

ISSN L: 2520-9892

Revista

vi  **ión**
Antataura

Volumen 8, No.2

Diciembre 2024 – Mayo 2025

Editada por:

Universidad de Panamá

Centro Regional Universitario de Azuero

Consejo Editorial

Editora responsable

Mgtr. Linnette Palacios

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá.
linnette.palacios@up.ac.pa. <https://orcid.org/0000-0001-5785-6502>

Mgtr. Italo Goti

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá.
italo.goti@up.ac.pa. <https://orcid.org/0000-0001-5702-5389>

Mgtr. Cintia Corro

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá.
cintia.corro@up.ac.pa. <https://orcid.org/0000-0002-9559-263X>

Dra. Carmen Indira Espino

Universidad de Panamá, Facultad de Medicina, Panamá. carmen.espino@up.ac.pa.
<https://orcid.org/0000-0002-9046-4081>

Dr. Amado Batista Mainegra

Instituto Especializado de Profesionales de la Salud, El Salvador.
publicaciones@ieproes.edu.sv. <https://orcid.org/0000-0002-0130-2874>

Dra. Jennifer Solano Parada

Universidad de Granada, España. jsolano@go.ugr.es. <https://orcid.org/0000-0001-5108-4820>

Dr. Danilo Franco

Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Panamá. dfranco@gorgas.gob.pa.
<https://orcid.org/0000-0002-0905-9055>

Dr. Laron Nelson

Yale University-NY. Estados Unidos. laron.nelson@yale.edu. <https://orcid.org/0000-0002-2630-602X>

Comité científico externo

Dr. Mauricio Sierra Morales. Universidad de Boyacá, Tunja, Colombia.
mausierra@uniboyaca.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-0486-0417>

Mgtr. Patricio Marcelo Moscoso. Universidad Católica Boliviana "San Pablo" Sede Tarija, Bolivia. pmmoscoso@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-2484-7030>

Dra. Juana Medarda Ortellano de Canese. Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.
juanaortelladopy@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-0352-5681>

Dra. Lissette Retana Moreira. Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
lissette.retanamoreira@ucr.ac.cr. <https://orcid.org/0000-0001-5215-582X>

Dra. Maryuri García. Universidad de La Habana, Cuba. maryuri@cepes.uh.cu.
<https://orcid.org/0000-0002-2734-6541>

Dra. María Dolores Álvarez. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Nicaragua.
alvarez.antropologa@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-6836-1318>

Dra. Ivonne Hernández. Universidad del Sur de La Florida, Estados Unidos.
ihernand@health.usf.edu. <https://orcid.org/0000-0002-6158-1035>

Dr. Sergio Bermúdez. Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Panamá.
bermudezsec@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-1830-3133>

Dra. Denisse Maguire. South Florida University. Estados Unidos.
dmaguire@health.usf.edu. <https://orcid.org/0000-0003-0670-196X>

Dra. Constance Visovski. South Florida University. Estados Unidos. cvisovsk@usf.edu.
<https://orcid.org/0000-0003-2409-7284>

Dr. Humberto López Castillo. University of Central Florida. Estados Unidos.
humberto.LopezCastillo@ucf.edu. <https://orcid.org/0000-0003-4604-0887>

Miembros eméritos del consejo editorial

Dr. Maximino Espino Cedeño. Ex-catedrático de la Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá. maximino.chitre@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-0069-2751>

Mgtr. Adys Pereira de Herrera. Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá. adys.deherrera@up.ac.pa. <https://orcid.org/0000-0003-2946-651X>

Mgtr. María E. Pedreschi. Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá. maría.pedreschi@up.ac.pa. <https://orcid.org/0000-0002-1729-8726>

Especialistas de apoyo a la revista del Centro Regional Universitario de Azuero de la Universidad de Panamá

Revisores de estilo y redacción en español

Mgtr. Ilka de Mora

Mgtr. Olga Vargas

Mgtr. Melquiades Villarreal

Revisores de estilo y redacción en inglés

Mgtr. Meibis González

Mgtr. Erika Sandoval

Diagramadores y maquetadores editoriales

Mgtr. Aracelis Alonso

Ing. Linnette Castillo

Arq. José Carlos Ulloa R.

Ing. Josué M. González C.

Soporte tecnológico

Mgtr. Luis Rodríguez. SIBIUP, Universidad de Panamá

Editorial

El desarrollo de la ciencia en todas sus dimensiones es el motor que impulsa a las sociedades hacia la innovación y la transformación. En un mundo interconectado, la investigación científica no solo se limita al descubrimiento de nuevos conocimientos, sino que abarca la aplicación de estos para resolver desafíos sociales, económicos y ambientales. Bajo esta visión, el Centro Regional Universitario de Azuero (CRUA) se erige como un verdadero templo del saber, donde el trabajo colaborativo entre investigadores encuentra un espacio propicio para florecer.



El CRUA no solo fomenta el avance del conocimiento a través de proyectos científicos innovadores, sino que también fortalece una red interdisciplinaria que conecta mentes brillantes con un propósito común: el progreso colectivo. Este enfoque mancomunado permite abordar problemáticas desde múltiples perspectivas, integrando ciencia básica, aplicada y tecnológica.

Como revista *Visión Antataura*, valoramos profundamente el papel del CRUA en la formación de nuevas generaciones de profesionales y en la generación de aportes significativos al desarrollo regional, nacional e internacional. Su compromiso con la investigación no solo enriquece la academia, sino que también posiciona a la ciencia como pilar de un futuro sostenible. Juntos, investigadores y comunidad académica construyen un legado basado en la excelencia, la cooperación y la visión de un mejor mañana.

Doctorando Leonardo E. Collado Trejos
Director UP CRUA
<https://orcid.org/0009-0000-3589-8584>

Índice

Título	Página
Los números de Bernoulli y el problema de Basilea The Bernoulli numbers and the Basel problem <i>Edilberto José Adames Pineda, Ángela Yaneth Franco</i>	9
Variabilidad de la comunidad de poliquetos en un periodo de 24 años en la playa El Agallito, península de Azuero, Panamá Variability of the polychaete community over a 24-year period at El Agallito beach, Azuero Peninsula, Panama <i>Cinthia Samaniego, Juan Antonio Gómez H., Italo Goti</i>	29
Citogenética de peces: conocimientos actuales y perspectivas futuras Fish cytogenetics: Current knowledge and future perspectives <i>Mauro Nirchio Tursellino, Italo Goti, Juan Antonio Gómez H.</i>	51
Los laboratorios virtuales (LV) como recurso didáctico para el fortalecimiento del aprendizaje virtual de las reacciones químicas inorgánicas en los estudiantes de primero de bachillerato del Colegio Sayausi de Cuenca-Ecuador Virtual laboratories (VL) as a teaching resource for strengthening virtual learning of inorganic chemical reactions among first-year high school students at Sayausi College in Cuenca, Ecuador <i>Mónica Patricia Cando Naula, Floralba del Rocío Aguilar Gordón</i>	68
Modelo de un sistema de alerta basado en visión artificial para la prevención de aglomeraciones en el transporte público Model of a machine vision-based alert system for crowd prevention in public transportation <i>Lucía Cárdenas, Andrea Pipino, María Teresa Donadio, Paulo Picota</i>	93
Desafíos en la adquisición del subjuntivo para estudiantes sinohablantes: comparación gramatical y propuestas didácticas Challenges in subjunctive acquisition for chinese-speaking students: grammatical comparison and teaching strategies <i>Xinyu Zhang, Gloria Jordán Mazzo</i>	108

Título	Página
<p>La formación intercultural del licenciado en lengua española para no hispanohablantes de la Universidad de La Habana: aproximación a los referentes teóricos y metodológicos</p> <p>Intercultural training in the context of the bachelor's degree of spanish language graduates for non-Spanish speakers at Universidad La Habana: an approach to theoretical and methodological references</p> <p><i>Saidirys Barrera Vázquez, Juan Silvio Cabrera Albert, Maryuri García González, Linnette Palacios</i></p>	<p>_____ 125</p>
<p>El arte latinoamericano como territorio de la resistencia y re existencia frente al otro: un acercamiento a través de la poesía y la pintura de mujeres</p> <p>Latin american art as a territory of resistance and re-existence against the other: an approach through poetry and by women</p> <p><i>Fredy Villarreal Vergara</i></p>	<p>_____ 147</p>
<p>La revocatoria del acto administrativo como potestad legal de la administración pública en el ejercicio de sus funciones</p> <p>The revocation of the administrative act as a legal power of the public administration in the exercise of its functions</p> <p><i>Aquilino Broce Bravo</i></p>	<p>_____ 162</p>
<p>La evaluación del desempeño: antecedentes y experiencias en el sector público en Latinoamérica y Panamá</p> <p>Performance evaluation: Background and experiences in the public sector in Latin America and Panama</p> <p><i>Martín González G., Noemí Carrión de González</i></p>	<p>_____ 185</p>
<p>Estrategias de mercadeo agropecuario para pequeños productores: un enfoque en la sostenibilidad y competitividad</p> <p>Agricultural marketing strategies for small producers: a focus on sustainability and competitiveness</p> <p><i>Yermaline E. Ching-Ruíz</i></p>	<p>_____ 197</p>

Los números de Bernoulli y el problema de Basilea

The Bernoulli numbers and the Basel problem

Edilberto José Adames Pineda¹, Ángela Yaneth Franco²

¹Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Matemática, Panamá; edilberto.adames@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0003-1454-1492>

²Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Matemática, Panamá; angela06franco@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7085-6870>

Fecha de recepción: 29-07-2024

Fecha de aceptación: 27-09-2024

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v8n2.a6566>

Resumen: Los números de Bernoulli han desempeñado un papel importante en diferentes áreas de la matemática, incluyendo el cálculo diferencial e integral, el análisis real y complejo, la teoría de números y la topología. El objetivo de este artículo es presentar el origen de los números de Bernoulli como herramienta para el cálculo de cuadratura y, en particular, para expandir las funciones trigonométricas e hiperbólicas en serie de potencia. Posteriormente, se usarán los números de Bernoulli para calcular valores de la función Zeta de Riemann, de lo cual se deduce la solución del problema de Basilea. También se determina la suma de algunas series numéricas.

Palabras clave: Números de Bernoulli, la función Zeta de Riemann, series de potencia, suma de potencias enteras, sucesión recursiva.

Abstract: Bernoulli numbers have played an important role in different areas of mathematics, including differential and integral calculus, real and complex analysis, number theory, and topology. The objective of this article is to explain the origin of Bernoulli numbers as a tool for quadrature calculus and, in particular, for power series expansion of hyperbolic and trigonometric functions expanding. Subsequently, Bernoulli numbers will be used to calculate values of the Riemann Zeta function, from which the solution to the Basel problem is deduced. The sum of some numerical series is also determined.

Keywords: Bernoulli numbers, the Riemann Zeta function, power series, sum of integer powers, recurrence sequence.

1. Introducción

Los números de Bernoulli fueron descubiertos por el matemático suizo Jacob Bernoulli (1654–1705) y el matemático japonés Seki Takakaza (1642 –1708). Ambos matemáticos encontraron estos números en su afán de calcular la suma de potencias de números enteros positivos (Apostol, 2008), (Williams, 2023).

$$S_m(n) = 1^m + 2^m + \dots n^m$$

Desde este descubrimiento, los números de Bernoulli han desempeñado un papel importante en diferentes áreas de la matemática, incluyendo la expansión en series de las funciones trigonométricas e hiperbólicas, la fórmula de suma de Euler–Maclaurin, la evaluación de la función Zeta de Riemann, la teoría de números, el análisis real, la topología, el último teorema de Fermat y, otros problemas de interés diversos.

La suma $S_m(n)$ y, por ende, los números de Bernoulli, fueron de vital importancia en el desarrollo del cálculo diferencial e integral, pues están relacionados con la cuadratura

$$\int_0^a x^m dx$$

para el área S bajo la parábola generalizada $y = x^m$ en el intervalo $[0, a]$, con m un número entero positivo.

El objetivo de este trabajo es definir los números de Bernoulli, para determinar una fórmula general de la suma de potencias de números enteros positivos

$$S_m(n) = 1^m + 2^m + \dots n^m$$

donde $m, n \in \mathbb{Z}^+$. También se estudian las propiedades de los números de Bernoulli y se usan para determinar la expansión en serie de potencia de las funciones trigonométricas e hiperbólicas, y, la evaluación de la función Zeta de Riemann. Finalmente, se resuelve el problema de Basilea y se calcula la suma de algunas series.

2. Metodología

Los números de Bernoulli son importantes y un poco misteriosos en varias áreas de la matemática, como en el cálculo diferencial e integral, el análisis real, la teoría de números, la geometría diferencial y el cálculo de Fourier. Ellos aparecen por primera vez en la obra *Ars Conjectandi*, publicada en 1713 por Jacob Bernoulli cuando estudiaba la suma consecutiva de potencias de números enteros positivos

$$S_m(n) = 1^m + 2^m + \dots n^m$$

donde m y n son dos números enteros positivos dados.

En este trabajo, primeramente, se calcula el valor de $S_m(n)$ para distintos valores de m , lo cual permita visualizar un patrón que ayude a determinar una fórmula general para el

valor de $S_m(n)$ y, a su vez definir los números de Bernoulli. Después de haber determinado una fórmula para $S_m(n)$ en términos de los números de Bernoulli, se usarán estos números para expandir en serie de potencia las funciones trigonométricas e hiperbólicas.

Posteriormente, se calcula el valor de la función Zeta de Riemann para los números $z = 2k$ con k un número entero positivo. Finalmente, se resuelve el problema de Basilea y se calcula la suma de algunas series numéricas.

3. Desarrollo

- **Los números de Bernoulli**

Las fórmulas

$$S_1(n) = 1 + 2 + 3 + \dots + n = \frac{n(n+1)}{2}$$

$$S_2(n) = 1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$$

fueron usadas por Arquímedes de Siracusa (287–212 AC). En 1610, Johan Faulhaber (1580–1635) logró avances significativos en el problema del cálculo de la suma de potencias sucesivas de números enteros positivos, calculando $S_m(n)$ para $m = 2, 3, \dots, 10$ y, en su obra *Académica Algebrae* publicada en 1631, él presentó fórmulas para $S_m(n)$ hasta $m = 23$. Por lo tanto, era del conocimiento de Jacob Bernoulli que

$$S_1(n-1) = \frac{1}{2}n^2 - \frac{1}{2}n$$

$$S_2(n-1) = \frac{1}{3}n^3 - \frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{6}n$$

$$S_3(n-1) = \frac{1}{4}n^4 - \frac{1}{2}n^3 + \frac{1}{4}n^2$$

$$S_4(n-1) = \frac{1}{5}n^5 - \frac{1}{2}n^4 + \frac{1}{3}n^3 - \frac{1}{30}n$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots$$

Veamos una fórmula recursiva para el cálculo de los $S_m(n-1)$. En efecto, el siguiente resultado es conocido como la fórmula de Fermat y, se prueba por inducción matemática (Dunham, 2018), (Edward, 1994), (Hardy, 2008).

Teorema 1(Fórmula de Fermat): Sean n y k números enteros positivos. Entonces

$$\sum_{i=1}^n \frac{i(i+1) \dots (i+k-1)}{k!} = \frac{n(n+1) \dots (n+k)}{(k+1)!}$$

Denote

$$i(i+1) \dots (i+k-1) = i^k + a_1 i^{k-1} + a_2 i^{k-2} + \dots + a_{k-1} i$$

donde las constantes $a_1 a_2, \dots, a_{k-1}$ dependen de k . Entonces, del Teorema 1 se tiene que

$$\begin{aligned} \frac{n(n+1) \dots (n+k)}{(k+1)!} &= \sum_{i=1}^n \frac{i(i+1) \dots (i+k-1)}{k!} \\ &= \sum_{i=1}^n \frac{1}{k!} [i^k + a_1 i^{k-1} + \dots + a_{k-1} i] \\ &= \frac{1}{k!} \left[\sum_{i=1}^n i^k + a_1 \sum_{i=1}^n i^{k-1} + \dots + a_{k-1} \sum_{i=1}^n i \right] \end{aligned}$$

Por consiguiente,

$$\sum_{i=1}^n i^k = \frac{n(n+1) \dots (n+k)}{k+1} - \left[a_1 \sum_{i=1}^n i^{k-1} + \dots + a_{k-1} \sum_{i=1}^n i \right]$$

o sea

$$S_k(n) = \frac{n(n+1) \dots (n+k)}{k+1} - [a_1 S_{k-1}(n) + a_2 S_{k-2}(n) + \dots + a_{k-1} S_1(n)]$$

para $k \geq 2$, la cual es una fórmula recursiva para el cálculo de $S_m(n)$

Por otro lado, note que

$$\begin{aligned} (n+1)^{m+1} - 1 &= (2^{m+1} - 1^{m+1}) + (3^{m+1} - 2^{m+1}) + \dots + ((n+1)^{m+1} - n^{m+1}) \\ &= \sum_{i=1}^n [(i+1)^{m+1} - i^{m+1}] = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=0}^m \binom{m+1}{j} i^j \right] \\ &= \sum_{j=0}^m \binom{m+1}{j} \sum_{i=1}^n i^j \quad (\text{fórmula de Pascal}) \\ &= n + \sum_{j=1}^m \binom{m+1}{j} \sum_{i=1}^n i^j \end{aligned}$$

Por lo tanto,

$$(n + 1)^{m+1} - n - 1 = \sum_{j=1}^m \binom{m+1}{j} S_j(n)$$

$$= \binom{m+1}{1} S_1(n) + \binom{m+1}{2} S_2(n) + \dots + \binom{m+1}{m} S_m(n)$$

Cambiando n por $n - 1$, se obtiene

$$n^{m+1} - n = \sum_{j=1}^m \binom{m+1}{j} S_j(n-1) \quad (\text{fórmula de Pascal})$$

Jacob Bernoulli escribió las expresiones de $S_m(n - 1)$ de la siguiente manera

$$S_1(n-1) = \frac{1}{2} \left[n^2 - 2 \left(\frac{1}{2} \right) n \right]$$

$$S_2(n-1) = \frac{1}{3} \left[n^3 - 3 \left(\frac{1}{2} \right) n^2 + 3 \left(\frac{1}{6} \right) n \right]$$

$$S_3(n-1) = \frac{1}{4} \left[n^4 - 4 \left(\frac{1}{2} \right) n^3 + 6 \left(\frac{1}{6} \right) n^2 \right]$$

$$S_4(n-1) = \frac{1}{5} \left[n^5 - 5 \left(\frac{1}{2} \right) n^4 + 10 \left(\frac{1}{6} \right) n^3 - 5 \left(\frac{1}{30} \right) n \right]$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots$$

En este paso Jacob Bernoulli observó que todos los coeficientes enteros en cada término son coeficientes binomiales de la fila $m + 1$ en el triángulo de Pascal. Así,

$$S_1(n-1) = \frac{1}{2} \left[\binom{2}{0} n^2 - \binom{2}{1} \frac{1}{2} n \right]$$

$$S_2(n-1) = \frac{1}{3} \left[\binom{3}{0} n^3 - \binom{3}{1} \frac{1}{2} n^2 + \binom{3}{2} \frac{1}{6} n \right]$$

$$S_3(n-1) = \frac{1}{4} \left[\binom{4}{0} n^4 - \binom{4}{1} \frac{1}{2} n^3 + \binom{4}{2} \frac{1}{6} n^2 + \binom{4}{3} 0n \right]$$

$$S_4(n-1) = \frac{1}{5} \left[\binom{5}{0} n^5 - \binom{5}{1} \frac{1}{2} n^4 + \binom{5}{2} \frac{1}{6} n^3 + \binom{5}{3} 0n^2 + \binom{5}{4} \frac{1}{30} n \right]$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots$$

Observando el patrón que conecta estas fórmulas, Jacob Bernoulli conjetura la siguiente fórmula compacta

$$S_m(n-1) = \frac{1}{m+1} \sum_{j=0}^m \binom{m+1}{j} b_j n^{m-j+1} = \sum_{j=0}^m \frac{b_j}{j!} \cdot \frac{m!}{(m-j+1)!} n^{m-j+1}$$

donde b_j son unos números misteriosos independiente de m .

Mostrando la utilidad de su fórmula, Jacob Bernoulli afirmó que había calculado $S_{10}(1000)$ en menos de la mitad de un cuarto de hora.

Teorema 2: Sean m y n números enteros positivos con $n \geq 2$. La suma $S_m(n - 1)$ es un polinomio de grado $m + 1$ sin término constante y, por lo tanto, tiene la forma

$$S_m(n - 1) = \sum_{j=0}^m C_{m,j} n^{m-j+1}$$

donde $C_{m,j} \in \mathbb{R}$ para $j = 0, 1, 2, \dots, m$

Demostración

Como $S_1(n - 1) = \frac{1}{2}n^2 - \frac{1}{2}n$, el teorema es verdadero para $m = 1$. Sea $j \in \mathbb{R}$ y suponga que el teorema es verdadero para todo $m \leq j$. Suponga que $m = j + 1$, entonces por la fórmula de Pascal se tiene que

$$\begin{aligned} n^{m+1} - n &= n^{j+2} - n = \sum_{i=1}^{j+1} \binom{j+2}{i} S_i(n-1) \\ &= \sum_{i=1}^j \binom{j+2}{i} S_i(n-1) + \binom{j+2}{j+1} S_{j+1}(n-1) \\ &= \sum_{i=1}^j \binom{j+2}{i} S_i(n-1) + (j+2)S_{j+1}(n-1) \end{aligned}$$

De donde,

$$S_{j+1}(n-1) = \frac{1}{j+2} \left[n^{m+1} - n - \sum_{i=1}^j \binom{j+2}{i} S_i(n-1) \right]$$

Como los $S_i(n - 1)$ son polinomios de grado $i + 1$ en la variable n y sin término constante, se tiene que $S_m(n - 1) = S_{j+1}(n - 1)$ es un polinomio de grado $m + 1 = j + 2$ en la variable n y sin término constante.

Así, por el principio de inducción matemática, el teorema es verdadero para todo número entero positivo m .

Teorema 3: Sean $C_{m,j} \in \mathbb{R}$ para $m \in \{2,3, \dots\}$ y $j \in \{0,1,2, \dots\}$ tales que

$$S_m(n-1) = \sum_{j=0}^m C_{m,j} n^{m-j+1}$$

Entonces, los coeficientes $C_{m,j}$ satisfacen las siguientes condiciones:

- $C_{m,0} = \frac{1}{m+1}$
- $C_{m,j} = -\frac{1}{m+1} \sum_{i=m-j}^{m-1} \binom{m+1}{i} C_{i,i+j-m}$, $j \in \{1,2, \dots, m-1\}$
- $C_{m,m} = -\frac{1}{m+1} \left[\left(\sum_{i=1}^{m-1} \binom{m+1}{i} C_{i,i} \right) + 1 \right]$

Además, estas tres condiciones definen los $C_{m,j}$ de forma única

Demostración

De la fórmula de Pascal y el Teorema 2 se tiene que

$$\begin{aligned} n^{m+1} - n &= \sum_{i=1}^m \left[\binom{m+1}{i} \sum_{j=0}^i C_{i,j} n^{i-j+1} \right] \\ &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=0}^i \binom{m+1}{i} C_{i,j} n^{i-j+1} \end{aligned}$$

Tomando $k = j + m - i$, se obtiene

$$\begin{aligned} n^{m+1} - n &= \sum_{i=1}^m \sum_{k=m-i}^m \binom{m+1}{i} C_{i,k-m+i} n^{m+1-k} \\ &= \sum_{i=1}^m \left[\sum_{k=m-i}^{m-1} \binom{m+1}{i} C_{i,k-m+i} n^{m+1-k} + \binom{m+1}{i} C_{i,i} n \right] \\ &= \sum_{i=1}^m \binom{m+1}{i} C_{i,i} n + \sum_{i=1}^m \sum_{k=m-i}^{m-1} \binom{m+1}{i} C_{i,k-m+i} n^{m+1-k} \end{aligned}$$

Intercambiando el orden de los índices, se obtiene

$$n^{m+1} - n = \sum_{i=1}^m \binom{m+1}{i} C_{i,i} n + \sum_{k=0}^{m-1} \sum_{i=m-k}^m \binom{m+1}{i} C_{i,k-m+i} n^{m+1-k}$$

$$= \sum_{i=1}^m \binom{m+1}{i} C_{i,i} n + \sum_{k=1}^{m-1} \left[\sum_{i=m-k}^m \binom{m+1}{i} C_{i,k-m+i} \right] n^{m+1-k} + \binom{m+1}{m} C_{m,0} n^{m+1}$$

Comparando los coeficientes de las potencias en ambos lados se obtiene que

$$\bullet C_{m,0} = \frac{1}{m+1}$$

$$\bullet (m+1) C_{m,k} = - \sum_{i=m-k}^{m-1} \binom{m+1}{i} C_{i,k-m+i}$$

Para todo $k \in \{1, 2, \dots, m-1\}$

$$\bullet (m+1) C_{m,m} = - \sum_{i=1}^{m-1} \binom{m+1}{i} C_{i,i} - 1$$

Finalmente, sean $b_{m,0}, b_{m,1}, \dots, b_{m,m}$ números tales que

$$S_m(n-1) = \sum_{j=0}^m b_{m,j} n^{m-j+1}$$

Luego, por lo probado anteriormente, los $b_{m,j}$ satisfacen las tres condiciones del teorema.

Por consiguiente $b_{m,j} = C_{m,j}$ y

$$\sum_{j=0}^m C_{m,j} n^{m-j+1} = \sum_{j=0}^m b_{m,j} n^{m-j+1} = S_m(n-1).$$

En lo que sigue se probará que los coeficientes $C_{m,j}$ tienen la forma

$$C_{m,j} = \frac{1}{m+1} \binom{m+1}{j} b_j, \quad j = 0, 1, \dots, m$$

donde b_j es una constante con respecto a la columna j . Pero, si esto es cierto, entonces por el Teorema 3 se tiene que

$$\frac{1}{m+1} \binom{m+1}{m} b_m = C_{m,m} = - \frac{1}{m+1} \left[\sum_{i=1}^{m-1} \binom{m+1}{i} C_{i,i} + 1 \right]$$

$$\begin{aligned}
 &= -\frac{1}{m+1} \left[\sum_{i=1}^{m-1} \binom{m+1}{i} \frac{1}{i+1} \binom{i+1}{i} b_{i+1} \right] \\
 &= -\frac{1}{m+1} \left[\sum_{i=1}^{m-1} \binom{m+1}{i} b_{i+1} \right]
 \end{aligned}$$

de donde, tomando $b_0 = 1$, se obtiene

$$b_m = -\frac{1}{m+1} \sum_{i=0}^{m-1} \binom{m+1}{i} b_i$$

lo que motiva la siguiente definición (Apostol, 2008), (Hardy, 2008)

Definición: Los números de Bernoulli son los números racionales b_0, b_1, b_3, \dots definidos, recursivamente, por

$$b_0 = 1, \quad b_m = -\frac{1}{m+1} \sum_{i=0}^{m-1} \binom{m+1}{i} b_i, \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

$$S_m(n-1) = \sum_{i=0}^m C_{m,j} n^{m-j+1}$$

Sustituyendo el valor de $C_{m,j}$ dado anteriormente, se obtiene el siguiente teorema, en el cual se prueba lo indicado anteriormente, ya que, los $C_{m,j}$ son únicos por el Teorema 3.

Teorema 4: Sean m un número entero, $m \geq 2$. Entonces

$$S_m(n-1) = \frac{1}{m+1} \sum_{k=0}^m \binom{m+1}{k} b_k n^{m-k+1}$$

donde b_0, b_1, b_3, \dots son los números de Bernoulli

Demostración

Por el Teorema 3 es suficiente probar que los coeficientes

$$d_{m,k} = \frac{1}{m+1} \binom{m+1}{k} b_k, \quad k = 0, 1, \dots, m$$

satisfacen las tres condiciones indicadas. En efecto

- $d_{m,0} = \frac{1}{m+1} \binom{m+1}{0} b_0 = \frac{1}{m+1}$
- Sea $j \in \{1, 2, \dots, m-1\}$. Se debe probar que

$$d_{m,j} = \frac{1}{m+1} \binom{m+1}{j} b_j = -\frac{1}{m+1} \sum_{i=m-j}^{m-1} \binom{m+1}{i} \frac{1}{i+1} \binom{i+1}{i+k-m} b_{i+j-m}$$

En efecto, tomando $k = i + j - m$, la expresión anterior es equivalente a

$$\binom{m+1}{j} b_j = -\sum_{k=0}^{j-1} \binom{m+1}{k-j+m} \frac{1}{k-j+m+1} \binom{k-j+m+1}{k} b_k$$

Lo cual es equivalente a

$$\frac{(m+1)!}{j! (m+1-j)!} b_j = -\sum_{k=0}^{j-1} \frac{(m+1)!}{(k-j+m)! (j-k+1)!} \cdot \frac{(k-j+m)!}{k! (m-1-j)!}$$

Simplificando, es equivalente a

$$\begin{aligned} \frac{1}{j!} b_j &= -\sum_{k=0}^{j-1} \frac{1}{(j-k+1)! k!} \\ b_j &= -\frac{1}{j+1} \sum_{k=0}^{j-1} \frac{(j+1)!}{k! (j+1-k)!} \\ b_j &= -\frac{1}{j+1} \sum_{k=0}^{j-1} \binom{j+1}{k} b_k \end{aligned}$$

Lo cual es cierto por la definición de los números de Bernoulli. Así pues, los coeficientes $d_{m,k}$ satisfacen la segunda condición del Teorema 3.

- Finalmente, se debe probar que

$$d_{m,m} = \frac{1}{m+1} \binom{m+1}{m} b_m = -\frac{1}{m+1} \left[\sum_{i=1}^{m-1} \binom{m+1}{i} \frac{1}{i+1} \binom{i+1}{i} b_{i+1} \right]$$

Lo cual es equivalente a

$$\begin{aligned} b_m &= -\frac{1}{m+1} \left[\sum_{i=1}^{m-1} \binom{m+1}{i} b_{i+1} \right] = -\frac{1}{m+1} \left[\sum_{i=1}^{m-1} \binom{m+1}{i} b_i + b_0 \right] \\ &= -\frac{1}{m+1} \sum_{i=0}^{m-1} \binom{m+1}{i} b_i \end{aligned}$$

o sea,

$$b_m = -\frac{1}{m+1} \sum_{i=0}^{m-1} \binom{m+1}{i} b_i$$

Lo cual es cierto por la definición de número de Bernoulli. Así pues, por el Teorema 3 se tiene que

$$S_m(n-1) = \sum_{k=0}^m d_{m,k} n^{m-k+1}$$

donde

$$d_{m,k} = \frac{1}{m+1} \binom{m+1}{k} b_k$$

es decir,

$$S_m(n-1) = \frac{1}{m+1} \sum_{k=0}^m \binom{m+1}{k} b_k n^{m-k+1} = \sum_{k=0}^m \frac{m!}{k!(m-k+1)!} b_k n^{m-k+1}, m = 1, 2, \dots$$

donde

$$b_0 = 1, \quad b_k = -\frac{1}{k+1} \sum_{j=0}^{m-1} \binom{m+1}{j} b_j, \quad k = 1, 2, \dots, m$$

son los números de Bernoulli.

A continuación, una lista de los primeros números de Bernoulli

$$b_0 = 1, \quad b_1 = -\frac{1}{2}, \quad b_2 = \frac{1}{6}, \quad b_3 = 0, \quad b_4 = -\frac{1}{30}, \quad b_5 = 0$$

$$b_6 = \frac{1}{42}, \quad b_7 = 0, \quad b_8 = -\frac{1}{30}, \quad b_9 = 0, \quad b_{10} = \frac{5}{66}, \quad b_{11} = 0$$

- **Los números de Bernoulli y las series de potencia**

De las definiciones de las funciones trigonométricas e hiperbólicas complejas, se tiene que (Bressoud, 2007)

$$\begin{aligned} \operatorname{sen} z &= \frac{e^{iz} - e^{-iz}}{2i}, & \cos z &= \frac{e^{iz} + e^{-iz}}{2} \\ \operatorname{senh} z &= \frac{e^z - e^{-z}}{2}, & \cosh z &= \frac{e^z + e^{-z}}{2} \end{aligned}$$

Por lo tanto,

$$\cos z = \cosh(iz) \quad , \quad \text{sen } z = -i \sinh(iz)$$

Teorema 5: Sea $D = \mathbb{C} - \{2n\pi i : n \in \mathbb{Z} - \{0\}\}$ y sea $f: D \rightarrow \mathbb{C}$ la función definida por

$$f(z) = \begin{cases} 1 & , \text{ si } z = 0 \\ \frac{z}{e^z - 1} & , \text{ si } z \neq 0 \end{cases}$$

Entonces $f^{(n)}(0) = b_n$ para todo $n \in \{0, 1, 2, \dots\}$ y

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{b_n}{n!} z^n \quad , \quad |z| < 2\pi$$

Demostración

Note que

$$f'(0) = \lim_{z \rightarrow 0} \frac{f(z) - f(0)}{z - 0} = \lim_{z \rightarrow 0} \frac{\frac{z}{e^z - 1} - 1}{z} = - \lim_{z \rightarrow 0} \frac{e^z - 1 - z}{z(e^z - 1)} = -\frac{1}{2}$$

Por lo tanto, f es analítica en D y, el radio de convergencia de la serie de potencia centrada en $z_0 = 0$ de la función f es 2π .

Suponga que

$$f(z) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{b_k}{k!} z^k \quad , \quad |z| < 2\pi$$

Luego, como la serie es, absolutamente, convergente, se tiene que

$$z = (e^z - 1) \sum_{k=0}^{\infty} \frac{b_k}{k!} z^k = \left(\sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{i!} z^i \right) \left(\sum_{k=0}^{\infty} \frac{b_k}{k!} z^k \right) = \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{b_k}{i! k!} z^{i+k}$$

Tomando $j = i + k$, se obtiene

$$z = \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=i}^{\infty} \frac{b_{j-i}}{i! (j-i)!} z^j$$

Intercambiando las series, se obtiene

$$z = \sum_{j=1}^{\infty} \sum_{i=1}^j \frac{b_{j-i}}{i! (j-i)!} z^j = \sum_{j=1}^{\infty} \sum_{i=1}^j \frac{b_{j-i}}{j!} \binom{j}{i} z^j$$

Comparando los coeficientes de las potencias de z , se tiene que

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{b_n}{n!} z^n, \quad |z| < 2\pi$$

es equivalente a

$$b_0 = 1, \quad \sum_{i=1}^j \frac{b_{j-i}}{j!} \binom{j}{i} = 0, \quad j \in \{2, 3, \dots\}$$

es decir,

$$b_0 = 1, \quad \frac{1}{j!} \sum_{k=0}^{j-1} b_k \binom{j}{j-k} = 0$$

donde $k = j - i$. Finalmente, tomando $m = j - 1$, se obtiene que

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{b_n}{n!} z^n, \quad |z| < 2\pi$$

es equivalente a

$$b_0 = 1, \quad \sum_{k=0}^m \binom{m+1}{m+1-k} b_k = 0$$

o sea

$$b_0 = 1, \quad \sum_{k=0}^m \binom{m+1}{k} b_k = 0$$

lo cual es verdadero por la definición de números de Bernoulli. Así pues,

$$\frac{z}{e^z - 1} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{b_n}{n!} z^n, \quad |z| < 2\pi$$

Luego, por la unicidad de los coeficientes de la serie de potencia de una función analítica, se tiene que

$$b_n = f^{(n)}(0), \quad n \in \{0, 1, 2, \dots\}$$

Teorema 6: Sea $n \in \mathbb{Z}$, $n > 2$ un número impar. Entonces $b_n = 0$

Demostración

Sea $D = \{z \in \mathbb{C} : |z| < 2\pi\}$ y $g: D \rightarrow \mathbb{C}$ la función definida por

$$g(z) = \frac{z}{e^z - 1} + \frac{z}{2}$$

Entonces, por el Teorema 5 se tiene que

$$g(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{b_n}{n!} z^n + \frac{z}{2} = 1 + \sum_{n=2}^{\infty} \frac{b_n}{n!} z^n$$

Probaremos que g es una función par. En efecto,

$$g(z) = \frac{z}{e^z - 1} + \frac{z}{2} = \frac{z(e^z + 1)}{2(e^z - 1)}$$

y

$$g(-z) = \frac{-z(e^{-z} + 1)}{2(e^{-z} - 1)} = -\frac{z(e^z + 1)}{2(1 - e^z)} = \frac{z(e^z + 1)}{2(e^z - 1)} = g(z)$$

Por consiguiente, g es una función par. Esto implica que

$$b_{2n+1} = 0 \quad , \quad n \in \{1,2,3, \dots\}$$

Teorema 7: Sea $D = \{z \in \mathbb{C} : |z| < 2\pi\}$ y $g: D \rightarrow \mathbb{C}$ la función definida por

$$g(z) = \frac{z}{e^z - 1} + \frac{z}{2} = \frac{z(e^z + 1)}{2(e^z - 1)}$$

Entonces

$$g(z) = \frac{z}{2} \coth\left(\frac{z}{2}\right) \quad , \quad z \in D$$

Demostración

En efecto, sea $z \in D$, entonces

$$\begin{aligned} g(z) &= \frac{z(e^z + 1)}{2(e^z - 1)} = \frac{ze^{-\frac{z}{2}}(e^z + 1)}{2e^{-\frac{z}{2}}(e^z - 1)} = \frac{z}{2} \left(\frac{e^{\frac{z}{2}} + e^{-\frac{z}{2}}}{e^{\frac{z}{2}} - e^{-\frac{z}{2}}} \right) \\ &= \frac{z}{2} \left(\frac{\cosh\left(\frac{z}{2}\right)}{\sinh\left(\frac{z}{2}\right)} \right) = \frac{z}{2} \coth\left(\frac{z}{2}\right) \end{aligned}$$

Teorema 8: Sea $D = \{z \in \mathbb{C}: |z| < \pi\}$. Entonces

$$z \coth z = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{4^n b_{2n}}{(2n)!} z^{2n}, \quad z \in D$$

Demostración

Por los Teoremas 5 y 7 se tiene que

$$\begin{aligned} z \coth z &= g(2z) = 1 + \sum_{k=2}^{\infty} \frac{b_k}{k!} (2z)^k, \quad |2z| < 2\pi \\ &= 1 + \sum_{n=2}^{\infty} \frac{2^k b_k}{k!} z^k, \quad |z| < \pi \end{aligned}$$

Como $b_3 = b_5 = b_7 = \dots = 0$, tomando $k = 2n$, se tiene que

$$\begin{aligned} z \coth z &= 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2^{2n} b_{2n}}{(2n)!} z^{2n} = 1 + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{4^n b_{2n}}{(2n)!} z^{2n} \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{4^n b_{2n}}{(2n)!} z^{2n}, \quad z \in D \end{aligned}$$

Teorema 9: Sea $D = \{z \in \mathbb{C}: |z| < \pi\}$. Entonces

$$\cot z = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-4)^n b_{2n}}{(2n)!} z^{2n}, \quad z \in D$$

Demostración

Sea $z \in D$. Entonces

$$\cot z = \frac{\cos z}{\operatorname{sen} z} = \frac{\cosh(iz)}{-i \operatorname{senh}(iz)} = i \coth(iz)$$

Luego, por el Teorema 8, se tiene que si $z \in D$, entonces

$$\begin{aligned} z \cot z &= (iz) \cot(iz) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{4^n b_{2n}}{(2n)!} (iz)^{2n} \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n 4^n b_{2n}}{(2n)!} z^{2n} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-4)^n b_{2n}}{(2n)!} z^{2n} \end{aligned}$$

Teorema 10: Sea $D = \left\{z \in \mathbb{C}: |z| < \frac{\pi}{2}\right\}$. Entonces

$$\tan z = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} 4^n (4^n - 1) b_{2n}}{(2n)!} z^{2n-1}$$

Demostración

De la identidad

$$\tan z = \cot z - 2 \cot(2z) \quad , \quad z \in D$$

y del Teorema 9 se tiene que si $z \in D$, entonces

$$\begin{aligned} z \tan z &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-4)^n b_{2n}}{(2n)!} z^{2n} - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-4)^n b_{2n}}{(2n)!} (2z)^{2n} \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n 4^n b_{2n}}{(2n)!} (1 - 4^n) z^{2n} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} 4^n b_{2n}}{(2n)!} (4^n - 1) z^{2n} \end{aligned}$$

Luego, como $\tan(0) = 0$, se tiene que

$$\tan z = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} 4^n b_{2n} (4^n - 1)}{(2n)!} z^{2n-1} \quad , z \in D$$

Teorema 11: Sea $D = \{z \in \mathbb{C}: |z| < \pi\}$. Entonces

$$z \operatorname{csc} z = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} 2(2^{2n-1} - 1) b_{2n}}{(2n)!} z^{2n}$$

Demostración

De la identidad

$$\operatorname{csc} z = \cot z + \tan\left(\frac{z}{2}\right) \quad , \quad z \in D$$

y de los Teorema 9 y 10 se tiene que si $z \in D$, entonces

$$\begin{aligned} z \operatorname{csc} z &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n 4^n b_{2n}}{(2n)!} z^{2n} + 2 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} 4^n (4^n - 1) b_{2n}}{(2n)!} \left(\frac{z}{2}\right)^{2n} \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n 4^n b_{2n}}{(2n)!} \left[1 - \frac{(4^n - 1)}{2^{2n-1}}\right] z^{2n} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} (4^n - 2) b_{2n}}{(2n)!} z^{2n} \end{aligned}$$

$$= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} 2(2^{2n-1} - 1)}{(2n)!} z^{2n}$$

- **Los números de Bernoulli y la función Zeta de Riemann**

Con el uso del método de las fracciones parciales, Euler descubrió una interesante expansión de la función cotangente (Simmons, 1996). En efecto, observando que si

$$\frac{1}{x^2 - 3x + 2} = \frac{1}{(x - 2)(x - 1)} = \frac{C_1}{x - 1} + \frac{C_2}{x - 2}$$

entonces la constante C_1 se puede determinar multiplicando la expresión por $x - 1$ y reemplazando la x por 1 y, similarmente, para C_2 ; Euler extendió este análisis a la función

$$\cot \pi x = \frac{\cos \pi x}{\sen \pi x}$$

cuyo denominador tiene los ceros $0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Obteniendo que

$$\cot \pi x = \frac{a}{x} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{b_n}{x - n} + \frac{c_n}{x + n} \right)$$

donde

$$a = \frac{1}{\pi} \quad , \quad b_n = c_n = \frac{1}{\pi} \quad , \quad n = 1, 2, \dots$$

Por lo tanto,

$$\cot \pi x = \frac{1}{\pi x} + \frac{1}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{x - n} + \frac{1}{x + n} \right) = \frac{1}{\pi x} + \frac{1}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2x}{x^2 - n^2}$$

De donde,

$$\pi \cot \pi x = \frac{1}{x} + 2x \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{x^2 - n^2}$$

Tomando $z = \pi x$ se obtiene

$$\begin{aligned} z \cot z &= 1 + \frac{2}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{z^2}{\frac{z^2}{\pi^2} - n^2} = 1 - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{z^2}{n^2 \pi^2 - z^2} \\ &= 1 - 2 \sum_{k=1}^{\infty} \left[\frac{z^{2k}}{\pi^{2k}} \left(\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{2k}} \right) \right] = 1 - 2 \sum_{k=1}^{\infty} \left[\left(\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{2k}} \right) \frac{z^{2k}}{\pi^{2k}} \right] \end{aligned}$$

Luego, como por el Teorema 9,

$$z \cot z = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-4)^n b_{2n}}{(2n)!} z^{2n} = 1 + \sum_{n=0}^{\infty} [(-4)^n b_{2n}] \frac{z^{2n}}{(2n)!}$$

Por la unicidad de la expansión en serie de potencia de la función $z \cot z$, se tiene que

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{2k}} = \frac{(-1)^{k+1} 2^{2k-1} \pi^{2k}}{(2n)!} b_{2k}$$

para todo $k \in \{1, 2, 3, \dots\}$

Definición: La función zeta de Riemann, $\zeta(z)$, está definida por

$$\zeta(z) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^z}$$

para todo $z \in \mathbb{C}$, $Re(z) > 1$, donde $k^z = e^{z \ln k}$

Observaciones:

1. De las expansiones en serie de potencia de la función $z \cot z$, se tiene que

$$\zeta(2m) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{2m}} = \frac{(-1)^{m+1} 2^{2m-1} \pi^{2m}}{(2m)!} b_{2m} = \frac{(2\pi)^{2m}}{2(2m)!} |b_{2m}|$$

para todo $k \in \{1, 2, 3, \dots\}$

2. Los números de Bernoulli de índice par se alternan en signo

3. Para el caso $m = 1$, la función zeta de Riemann

$$\zeta(2) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \dots$$

Se conocen con el nombre de “Problema de Basilea”; propuesto por Pietro Mengoli (1626–1686) en 1650 en su obra *Novae quadraturae arithmeticae seu de additione fractionum* y, resuelto por Leonhard Euler (1707–1783) en 1734 (Harper, 2003), (Muzaffar, 2013), (William, 2023). Euler probó, usando los números de Bernoulli que

$$\zeta(2) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \dots = \frac{\pi^2}{6}$$

En efecto, como Euler probó que

$$\zeta(2m) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{2m}} = \frac{(-1)^{m+1} 2^{2m-1} \pi^{2m}}{(2m)!} b_{2m}$$

Para $m = 1$, se tiene que $b_{2m} = b_2 = \frac{1}{6}$ y

$$\zeta(2) = \frac{(-1)^2 \cdot 2 \cdot \pi^2}{2!} \left(\frac{1}{6}\right) = \frac{\pi^2}{6}$$

4. Conclusiones

- Observando el comportamiento de las sumas $S_m(n-1)$ para valores particulares de m , Jacob Bernoulli conjeturó la fórmula

$$S_m(n-1) = \frac{1}{m+1} \sum_{j=0}^m \binom{m+1}{j} b_j n^{m-j+1} = \sum_{j=0}^m \frac{b_j}{j!} \cdot \frac{m!}{(m-j+1)!} n^{m-j+1}$$

donde los b_j son unos números racionales misteriosos independientes de m . Posteriormente, Jacob probó que estos números, llamados números de Bernoulli, están definidos, recursivamente, por

$$b_0 = 1, \quad b_m = -\frac{1}{m+1} \sum_{i=0}^{m-1} \binom{m+1}{i} b_i, \quad m = 1, 2, \dots$$

- Los números de Bernoulli con índice impar mayor o igual a tres son ceros; o sea, $b_{2n+1} = 0$ para todo $n = 1, 2, 3, \dots$ [.] Además, los números de Bernoulli de índice par se alteran en signo.
- Al utilizar la expansión en serie de potencia de la función $z \cot z$, Euler dedujo la fórmula

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{2k}} = \frac{(-1)^{k+1} 2^{2k-1} \pi^{2k}}{(2k)!} b_{2k}, \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

la cual le permitió resolver el famoso problema de Basilea

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \dots = \frac{\pi^2}{6}$$

planteado por Pietro Mengoli.

Referencias Bibliográficas

- Apostol, T.M. (2008). A Primer on Bernoulli Numbers and Polynomials. *Mathematics Magazine*, 81(3), 178-190. <https://www.jstor.org/stable/27643104>
- Bressoud, D.M. (2007). *A Radical Approach to Real Analysis*. The Mathematical Association of America. USA. <https://www.abebooks.com/Radical-Approach-Real-Analysis-Mathematical-Association/31713566318/bd>
- Dunham, W. (2018). *The Calculus Gallery: Masterpieces from Newton to Lebesgue*. Princeton University Press. USA. <https://doi.org/10.2307/j.ctv3dnpr8>
- Edward, C.H. (1994). *The Historical Development of the Calculus*. Springer-Verlag. USA. https://isidore.co/calibre/get/PDF/Edwards%2C%20C.%20H.%2C%20Jr -The%20Historical%20Development%20of%20the%20Calculus_5448.pdf
- Hardy, G.H. and Wright, E.M. (2008). *An Introduction to the Theory of Numbers*. Oxford University Press. London. https://blngcc.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/11/hardy-wright-theory_of_numbers.pdf
- Harper, J.D. (2003). Another Simple Proof of $\frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \dots = \frac{\pi^2}{6}$. *The American Mathematical Monthly*, 110(6), 540-541. https://www.researchgate.net/publication/266169382_Another_simple_proof_of_11_2_2_1_3_2_p_2_6
- Muzaffar, H.B. (2013). A New Proof of a Classical Formula. *The American Mathematical Monthly*, 120(4), 355-358. <http://dx.doi.org/10.4169/amer.math.monthly.120.04.355>
- Simmons, G. (1996). *Calculus With Analytic Geometry*. Mc Graw-Hill. USA. https://refkol.ro/matek/mathbooks/ro.math.wikia.com%20wiki%20Fisiere_pdf_incarcate/Simmons - Calculus-With-Analytic-Geometry.pdf
- Williams, K.S. (2023). Beyond the Basel Problem, Part I. *Mathematics Magazine*, 96(2), 163-173. <https://doi.org/10.1080/0025570X.2023.2176099>
- Williams, K.S. (2023). Beyond the Basel Problem, Part II. *Mathematics Magazine*, 96(3), 225-233. <https://doi.org/10.1080/0025570X.2023.2199674>

Variabilidad de la comunidad de poliquetos en un periodo de 24 años en la playa El Agallito, península de Azuero, Panamá

Variability of the polychaete community over a 24-year period at El Agallito beach, Azuero Peninsula, Panama

Cinthia Samaniego¹, Juan Antonio Gómez H.², Italo Goti³

¹Fundación Pro Eco Azuero, Pedasí, Panamá; <https://orcid.org/0009-0008-1865-6266>; cinthiasamaniego2708@gmail.com

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá; <https://orcid.org/0000-0002-8548-3018>; juanay05@hotmail.com

³Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá; <https://orcid.org/0000-0001-5702-5389>; italo.goti@up.ac.pa

Fecha de recepción: 12-09-2024

Fecha de aceptación: 10-11-2024

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v8n2.a6567>

Resumen: Los poliquetos como componentes básicos de la red trófica bentónica marina, ingenieros del ecosistema, indicadores de contaminación ambiental, además del generalizado uso en proyectos acuícolas animan al estudio de la variabilidad de estos grupos en el tiempo. Para determinar posibles cambios de la población de poliquetos en la playa El Agallito, Panamá, se realizó la comparación de la densidad, diversidad y estructura de la población entre los meses de marzo y julio de los años 1997, 1999 y 2021, mediante muestras tomadas en tres estaciones, con nucleador de 17 cm de diámetro, introducidos 15 cm en el sedimento. La curva de rarefacción fue mayor en 1997, la densidad fluctuó entre 1 423,02 ind/m² y 5 773,95 ind/m² durante el estudio. Las diferencias entre períodos no se relacionan con la granulometría, ni con la amplitud de la marea, sin embargo, se muestran variaciones ante los fenómenos de El Niño y La Niña y la intensidad de estos.

Palabras clave: macromareal, anélidos, diversidad, cambios temporales, ácidos grasos.

Abstract: Polychaetes as basic components of the marine benthic food web, ecosystem engineers, and indicators of environmental pollution, in addition to their widespread use in aquaculture projects, encourage the study of the variability of these groups over time. To determine possible changes in the polychaete population on El Agallito Beach, Panama, a comparison of the density, diversity, and structure of the population was carried out between March and July of the years 1997, 1999, and 2021, using samples taken in three stations, with a 17 cm diameter nucleator, introduced 15 cm into the sediment. The rarefaction curve was higher in 1997, and the density fluctuated between 1,423.02 ind/m² and 5,773.95 ind/m² during the study. The differences between periods are not related to the granulometry or the amplitude of the tide, however, variations are shown due to the El Niño and La Niña phenomena and their intensity.

Keywords: macrotidal, annelids, diversity, temporal changes, fatty acids.

1. Introducción

Los poliquetos, además de los crustáceos y moluscos son los taxones dominantes en la zona intermareal de playas arenosas (McLachlan y Defeo, 2018), según Veiga et al. (2014) la variación de la estructura de la macrofauna en la zona intermareal de playas arenosas y por ende de la jerarquía de estos tres grupos, depende de las características sedimentológicas de las playas y de la interacción de estas variables con la amplitud de la marea. Sibaja Cordero et al. (2019) mencionan que la macrofauna intermareal es altamente variable a nivel local, entre playas, debido a las particularidades físicas que singularizan cada una.

En la costa del Pacífico de Panamá, los estudios de poliquetos de fondo suave se pueden resumir a López et al. (2002) quienes describieron la comunidad de este grupo en planicies mareales asociadas a manglares de la Isla Coiba, Veraguas, en la cual indican haber recolectado 252 individuos pertenecientes a 26 familias. Villalaz et al. (2002) describieron 38 familias en la playa El Agallito, Grajales González y Vergara Chen (2004) en Playa Bique, encontraron 3 555 poliquetos incluidos en 19 familias. Sin embargo, los estudios han sido enfocados a la descripción taxonómica, luego del trabajo clásico de Fauchald (1977), donde se describen poliquetos de 35 familias, se destacan principalmente los estudios realizados en el Parque Nacional Coiba, de los cuales sobresalen: Capa et al. (2001) quienes hicieron una revisión de la familia Syllidae, Aguado y López (2003) ampliaron el conocimiento de la familia Paraonidae para Panamá con nuevos registros para la zona y la descripción de una nueva especie, Aguado y San Martín (2006) reevaluaron las especies de la familia Syllidae en Coiba, mientras que López et al. (2006) hicieron una actualización del conocimiento de la familia Orbiniidae en la misma zona.

Los poliquetos en la zona intermareal son considerados ingenieros del ecosistema (Volkenborn et al., 2007), componente básico de la trama trófica de vertebrados e invertebrados marinos (Scaps, 2003), utilizados como indicadores de contaminación (Dean, 2008) y de zonas vulnerables (Díaz-Díaz y Rozbaczylo, 2021a), además de la importancia que tienen para el desarrollo de la acuicultura (Olive, 1994; Costa et al., 2003); razones que destacan su relevancia para estudios a mediano y largo plazo. Por lo antes expuesto, el

objetivo de la presente investigación es determinar la variabilidad de la comunidad de poliquetos, en un período no continuo entre 1997 y 2021, auxiliados por herramientas como la suficiencia taxonómica (Warwick, 1988) y la taxonomía subrogada (Olsgard y Somerfield, 2000), para la clasificación sistemática de grupos mayores, sin llegar a especie (Oliveira et al., 2020) y utilizadas, bajo las condiciones adecuadas, para la evaluación de la calidad de playa (De la Osa-Carretero et al., 2012).

2. Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la playa El Agallito, Bahía de Parita, ubicada en el extremo oeste del Golfo de Panamá, a $8^{\circ} 00' N$ y $80^{\circ} 26' W$, provincia de Herrera, en la costa pacífica de Panamá (Fig. 1). Se caracteriza por presentar sedimento arenoso con una superficie de 1 000 ha, descubierta durante la marea baja hasta una distancia de 1,6 Km, rodeada por una franja costera con manglares (Delgado, 1980).

Figura 1

Estaciones del área de estudio, playa El Agallito, bahía de Parita.



Fuente: Google Earth. Image TerraMetrics Data SIO NOAA, Image 2024Airbus

Las muestras fueron tomadas en la zona mesolitoral de la playa El Agallito, en tres estaciones, se tomaron tres muestras por mes, con tres repeticiones, en marea de sicigia, durante el período de marzo a junio de los años 1997, 1999 y 2021, que comprende el final de la temporada seca e inicios de la lluviosa.

El material extraído se fijó con formalina al 10 % en agua de mar por 24 horas, luego se lavó a través de un tamiz de 500 μm de apertura de malla y se conservó en alcohol al 70 % y trasladadas al Centro Regional Universitario de Azuero, Universidad de Panamá. La identificación de los organismos colectados se realizó a nivel de Familia, mediante las claves de: Fauchald y Reimer (1975), Salazar-Vallejo et al. (1989) y Liñero-Arana (1997), Bartholomeu (2001), Díaz-Díaz y Rozbaczylo (2021b) y León-González et al. (2021). La abundancia de los grupos taxonómicos colectados se expresó en términos de densidad (número de individuos/ m^2).

En cada muestreo se tomó la temperatura del sedimento, con un termómetro de mercurio, con precisión de 0,5 °C. Además de las muestras de poliquetos, en cada punto, se recolectó sedimento, con la misma metodología para el análisis granulométrico, realizado mediante la técnica de tamizado en seco (Suguio, 1973), con los tamices número: 18, 35, 60, 120, 230 y fondo, que corresponden a las fracciones de arena muy gruesa, gruesa, media, fina, muy fina y limo + arcilla. El análisis estadístico granulométrico se realizó con las ecuaciones de (Folk y Ward, 1957).

Se utilizó el índice de Shannon-Wiener, mediante el logaritmo natural, para determinar la diversidad, la prueba de equidad de Pielou para evaluar la equitabilidad y la prueba t de Hutcheson para definir diferencias entre índices de diversidad. Para la evaluación de la dominancia de cada período se calculó el índice de Berger Parker (Moreno, 2001) y las curvas de rango abundancia (Whittaker, 1965) y K dominancia (Warwick et al., 2008). Se construyeron las curvas de rarefacción para confirmar la diversidad, debido a que estas no son sensibles al tamaño de la muestra ni a la dominancia. Se corrió la rutina ANOSIM y el análisis multidimensional no métrico, ambos para verificar posibles diferencias entre períodos de colectas, además, se realizó el análisis SIMPER para determinar las familias que en mayor proporción explican las diferencias entre períodos de muestreo (Clarke, 1973).

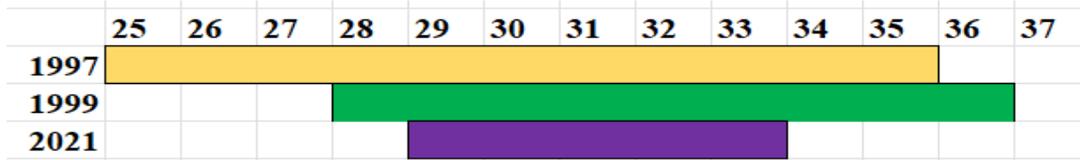
Se utilizaron los paquetes libres BioEstat 5.3 (Ayres et al., 2007) y PAST (Hammer et al., 2001) para realizar las pruebas antes mencionadas y BiodiversityPro (McAleece et al., 1997) para construir las curvas de abundancia y dominancia.

3. Resultados

La temperatura del sedimento en el período de muestreo 1997 fue de $31,61 \pm 2,74$ °C, mínimo de 25 °C y máximo 36 °C. Durante el segundo período, 1999, se registró $32,49 \pm 2,75$, mínimo de 28 °C y máximo 37 °C, mientras que, en el 2021, $32,25 \pm 2,36$ °C., mínimo 29 °C y máximo 34 °C (Figura 2).

Figura 2

Variación de la temperatura del sedimento durante los períodos de estudio.

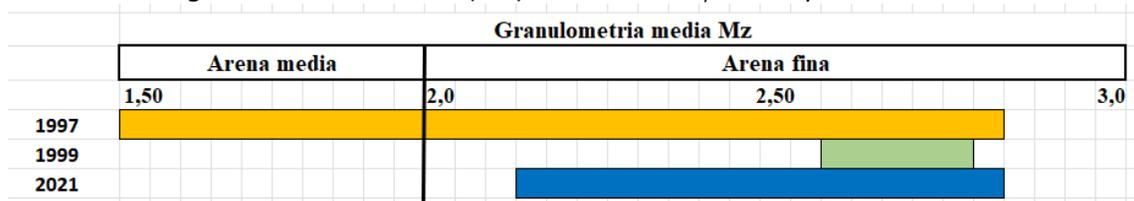


La proporción granulométrica en el sitio de estudio mostró valores de la fracción arena entre 79,23 % en el período de 1997 hasta 98,18 % en 2021, por otro lado, el limo+arcilla varió entre 0,16 % en 1997 hasta 18,33 % en 1999, sin embargo, el período de 2021 se dio en un ámbito entre 1,12 a 6,72 %.

La granulometría media (Mz) promedio durante el período 1997 fue de $2,18 \pm 0,61$ φ, con valores extremos entre 1,5 y 2,81 φ, en el período 1999 fue $2,68 \pm 0,09$ φ, mínimo 2,58 φ y máximo 2,76 φ. En las muestras de 2021 fue de $2,29 \pm 0,22$ φ, registro mínimo de 2,01 a 2,89 φ (Figura 3).

Figura 3

Variación de la granulometría media (Mz) en unidades φ de los períodos de estudio.



La selección granulométrica varió de 0,55 a 1,41 en el período 1997, lo cual describe un sedimento de moderadamente bien seleccionado a pobremente seleccionado, mientras que en 1999 varió de 0,01 a 0,26 que corresponde a granulometría muy bien seleccionada;

en 2021 la variación fue de 0,65 a 0,77 que implica sedimento moderadamente bien seleccionado a bien seleccionado.

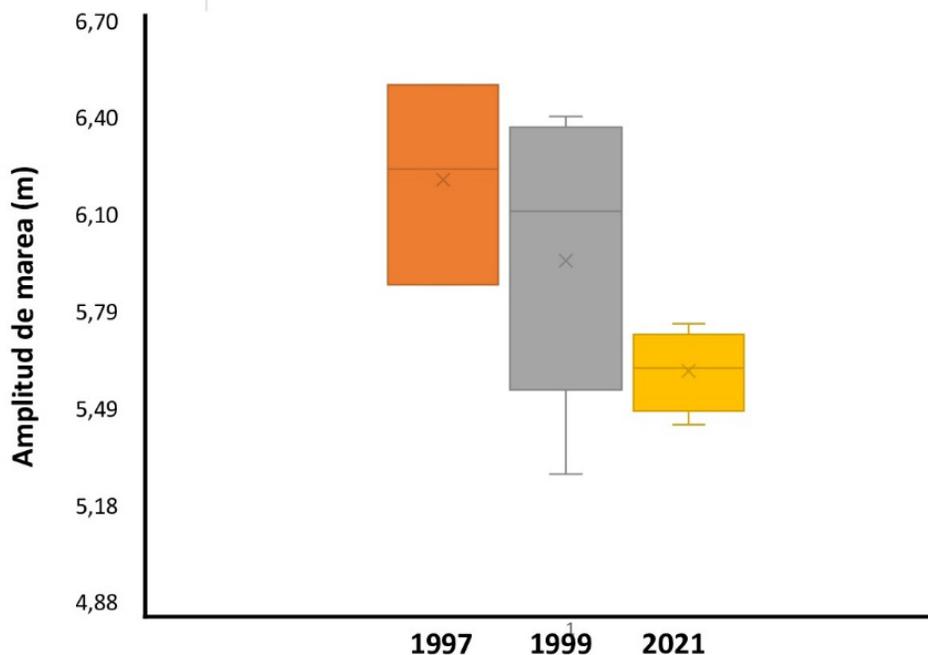
Durante los dos primeros períodos de muestreo la asimetría varió de 1,17 a 1,82 en 1997 y de 0,01 a 0,26 en 1999, variación que corresponde a curvas aproximadamente simétricas a asimetría positiva, sin embargo, en el período 2021 esta fue de -0,32 a 0,35 que representó asimetría negativa a muy positiva.

La curtosis en el período 1997 varió entre 0,61 a 0,64, curva muy platicúrtica, en 1999 fue de 1,16 a 1,82 leptocúrtica a muy leptocúrtica, mientras que en 2021 entre 0,84 a 1,50 que representó curvas platicúrticas a leptocúrticas.

La amplitud de la marea fue mayor durante el período de muestreo de 1997 con media de $6,10 \pm 0,29$ m, en 1999 presentó promedio de $5,85 \pm 0,40$ m, mientras que la amplitud más baja se observó en el período de recolecta 2021, con media de $5,54 \pm 0,12$ m (Figura 4).

Figura 4

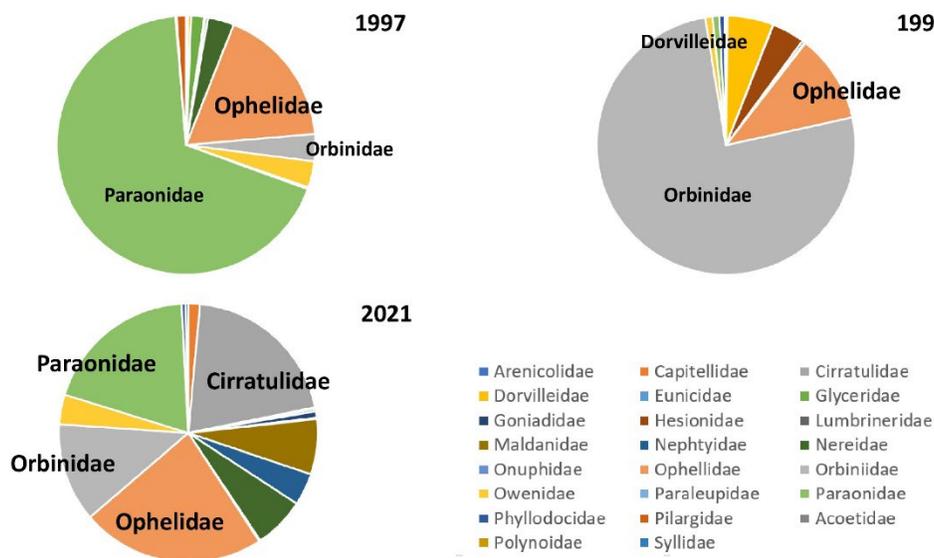
Variación de la amplitud de la marea (m) en el período de estudio, marzo a junio.



La abundancia de poliquetos durante el período 1997 se caracterizó por la preponderancia de la familia Paraonidae, seguida por Opheliidae y Orbiniidae que

representaron el 92,21 % del total de los organismos; en 1999 dominaron los Orbiniidae, seguido de Opheliidae y Dorvilleidae que sumaron el 90,74 %, mientras que en 2021 siete familias representaron el 89,58 % de la abundancia, con la presencia Opheliidae como la más abundantes (Figura 5); el gremio alimenticio de las familias dominantes y abundantes es del tipo depositívoro de superficie, a excepción de Dorvilleidae.

Figura 5
Densidad de poliquetos muestreados en los tres períodos de estudio.



La estructura de la población observada en 1997 presentó 14 familias con una densidad estimada en $5\ 580,73\ \text{ind}/\text{m}^2$, diversidad de Shannon-Wiener de 1,09 y equitatividad de 0,41; en 1999 se obtuvieron 15 familias que representaron densidad de $5\ 773,95\ \text{ind}/\text{m}^2$, diversidad de Shannon-Wiener de 0,92 y equitatividad de 0,37; mientras que en 2021 se registraron 17 familias, densidad de $1\ 423,02\ \text{ind}/\text{m}^2$, diversidad de 2,06 y equitatividad de 0,75 (Figura 6). La prueba de Hutcheson indicó diferencias altamente significativas de la diversidad entre los períodos de colecta, entre 1997 y 1999 ($t = 5,9383\ p < 0,0001$), entre 1999 y 2021 ($t = -26,36\ p < 0,0001$), entre 1997 y 2021 ($t = -26,61\ p < 0,0001$). El índice de dominancia de Berger Parker presentó valores de 0,6814 en 1997, 0,7586 en 1999 y 0,2295 en 2021. Las curvas de rango abundancia y K dominancia (Figura 7)

confirmaron la predominancia de dos familias más abundantes y mayor diversidad en los períodos 1997 y 1999.

Figura 6

Estructura de la población de los tres períodos de estudio.

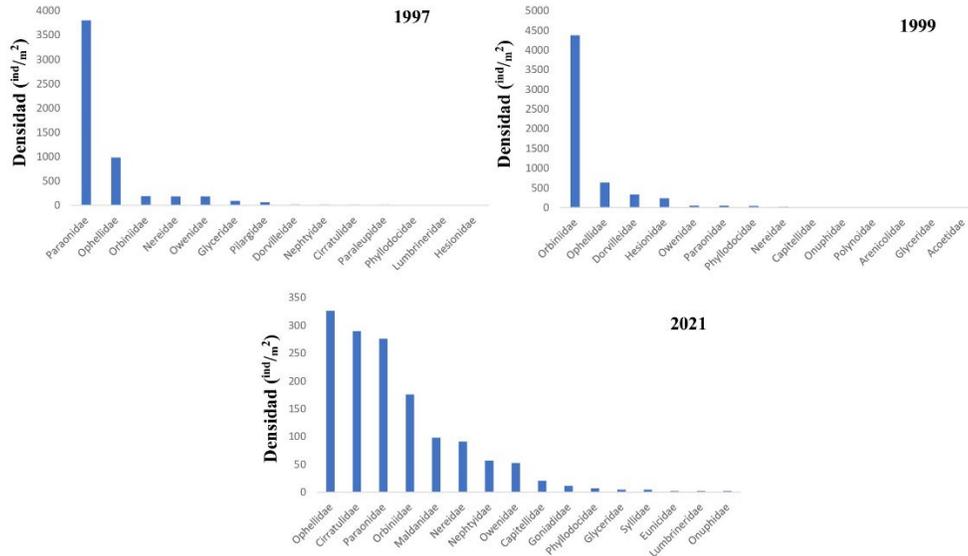
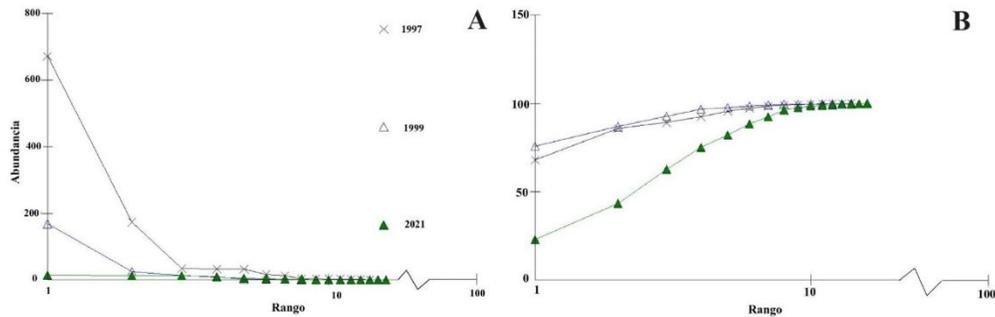


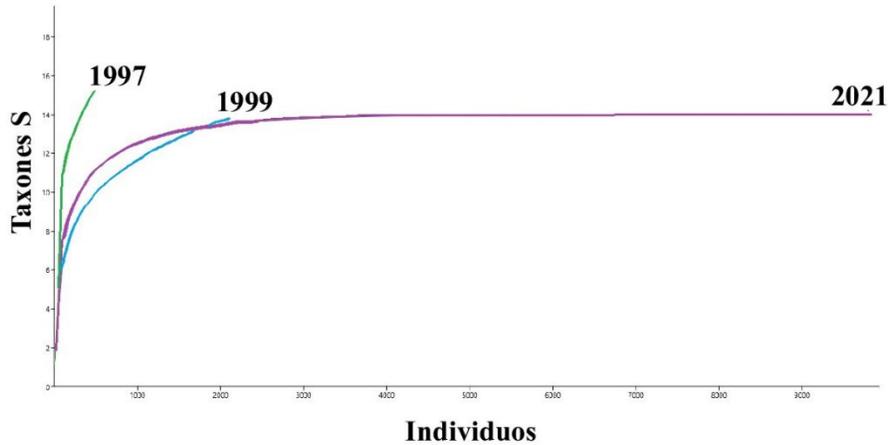
Figura 7

Curvas (A) Rango Abundancia y (B) K dominancia.



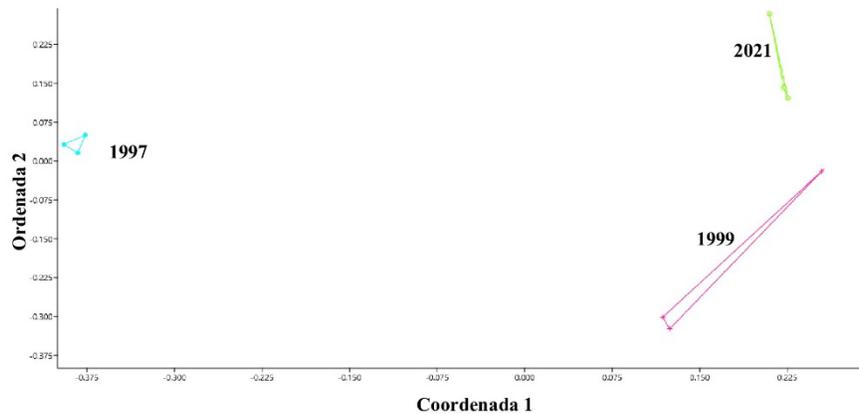
La curva de rarefacción por muestras indicó que la diversidad fue mayor en el período de colecta 1997, mientras que la mayor abundancia se obtuvo en 2021 (Figura 8). El ANOSIM mostró la total disimilaridad entre períodos de estudio ($R = 0,9259$ $p = 0,0035$).

Figura 8
Curvas de rarefacción de los años de muestreo.



El análisis multidimensional no métrico indicó que no existe semejanza entre los tres períodos de colecta (Figura 9), (Stress = 0,08748).

Figura 9
Análisis multidimensional no métrico de las comunidades de poliquetos en los períodos de estudio.



El análisis SIMPER señaló que las familias Paraonidae y Opheliidae definen el 76,54 % de la diferencia entre los periodos de muestreo 1997 - 1999 y 85,66 % entre 1997 – 2021, en tanto que, entre 1999 – 2021 la diferencia se le atribuyó a Orbiniidae y Dorvilleidae, con 75,56 %.

4. Discusión

La presente investigación, cobra importancia en el sentido que, durante los tres periodos comparados, las estaciones de muestreo se mantuvieron fijas, así como los meses de estudio, sin embargo, en el transcurso de 24 años, se observan variaciones térmicas del sedimento que se explican de la siguiente manera: la temperatura está relacionada con el período de insolación, durante el tiempo que la zona intermareal está descubierta en marea baja, a esto se suman cambios pueden vincularse con la hora en que se tomaron las muestras, el período de colecta en 1997 fue entre las 8:00 y las 10:00 h, mientras que las otras entre las 9:00 y las 12:00 h, la cual depende de la hora de la marea baja, razón que puede explicar esta variación entre los períodos muestreados.

Estudios realizados por Orlando et al. (2019) en períodos extensos de 27 años señala el efecto de factores tales como: la incidencia de las variaciones térmicas del mar, las alteraciones morfodinámicas debido a los procesos de erosión y acreción, el efecto del viento, proveniente del mar o del continente producen cambios anómalos en la zona intermareal de playas arenosas.

El uso de las herramientas para evaluación de calidad ambiental en zonas costeras basado en grupos taxonómicos mayores, denominadas, suficiencia taxonómica, desarrollada por Warwick (1988) y taxonomía subrogada de Olsgard y Somerfield (2000), ampliamente divulgada por Clarke (1993) es ampliamente conocida su aplicación, pero tienen sus detractores (Bacci, 2009), sin embargo, Giangrande et al. (2005) señalan que es una buena herramienta para ecosistemas mixohalinos, similares al área de este estudio, no así para otras zonas costeras o áreas marinas de mayor profundidad.

Barrio Froján et al. (2006) indican que existe una correlación inversa de la abundancia de poliquetos y la fracción arena en sedimentos intermareales, mientras que Tomiyama et al. (2008) señalan la existencia de relación directa de la distribución de poliquetos y el contenido de limo + arcilla en el sedimento de la zona intermareal, en la presente investigación no se observó correlación con estas fracciones granulométricas.

La asimetría positiva es común en zonas con poca energía, la cual no tiene la capacidad de seleccionar la granulometría, mientras que zonas leptocúrticas sugieren mayor

transporte de sedimento que de deposición (Ponçano, 1986). En asimetría negativa, la energía cinética afecta en torno a valores inferiores a lo esperado (Alcántara-Carrió et al., 2001).

Los autores arriba señalados indican que curvas leptocúrticas a muy leptocúrticas son el resultado del efecto permanente de la energía cinética en sedimentos bien escogidos, mientras que las platicúrticas representan zonas con oscilaciones de energía cinética que afecta a toda la gama granulométrica, desde granos gruesos a muy finos durante períodos de tiempo prolongado. El efecto de corrientes con fluctuaciones de velocidad baja sobre el sedimento en zonas intermareales se refleja sobre curvas leptocúrticas (Spalletti, 1979), propio de la característica morfodinámica disipativa que caracteriza a la playa de estudio.

La granulometría de la playa refleja el efecto de la energía de las olas, la pendiente y la morfodinámica (McLachlan y Brown, 2006), por lo que se constituye en el mecanismo de filtración en la estructura sedimentaria que define la distribución de los organismos de la infauna en playas arenosas (Dutertre et al., 2013), de tal forma que en sedimento grueso dominan los anfípodos, mientras que en los más finos abundan los moluscos y poliquetos (Pandey y Thiruchitrambalam, 2019).

La amplitud de la marea sobre el sustrato intermareal no solo ejerce un efecto físico sobre el fondo, sino que afecta procesos etológicos de la macrofauna como la búsqueda de alimento y el enterramiento en el sustrato (Diez y Sotelano, 2011). Deloffre et al. (2007) explican que la amplitud de la marea define el grosor de la capa de sedimento decantado en la zona, que afecta a la macrofauna, sin embargo, Speybroec et al. (2007) afirman que la relación de la amplitud de la marea con los poliquetos se restringe solo al período reproductivo de estos.

En el sur de Chile, Soto y Paterson (2010), mediante el uso de un nucleador de 20 cm de diámetro, introducido 30 cm en el sedimento, en la zona intermareal, obtuvieron 30 familias de poliquetos con dominancia de Nereidae, seguida de Nephtyidae, Orbiniidae y Polynoidae como abundantes. Prado-Navarro et al. (2016) al muestrear con draga Smith McIntyre, en zona submareal en el borde externo sur de la península de Baja California, México, describen la estructura de la comunidad de poliquetos de fondos suaves

conformada por 27 familias, constituida por Spionidae como dominante, Nephtyidae, Syllidae y Sabellidae como abundantes. Las zonas antes descritas están sometidas al efecto de corrientes marginales frías, la corriente de Humboldt en el primer caso y en el segundo, la corriente de California. En el caso de la playa El Agallito, esta no está sometida al efecto directo de corrientes marginales y si del período de afloramiento en temporada seca y caracterizada por ser una playa macromareal, de acuerdo a la clasificación de (Whitfield y Elliot, 2011).

En Costa Rica, Dean (2004) menciona que en el Golfo de Nicoya se registra la presencia de 50 familias de poliquetos e indica que aquellas que presentan más de 15 especies son: Spionidae, Cirratulidae, Nereidae, Lumbrineridae y Paraonidae, la primera no se reporta en la presente investigación, mientras que Cirratulidae y Lumbrineridae son poco abundantes, sin embargo, Paraonidae resultó ser la familia dominante en 1997 y abundante en 2021. Díaz-Díaz et al. (2013) reportaron, en la Bahía de Mochima, Venezuela, que esta familia, con tres especies, corresponde a la segunda en abundancia y representa el 48,12 % del total de organismos obtenidos; caracterizada por ser propia de fondos blandos y considerada como indicador ambiental en presencia de alto contenido de materia orgánica (Díaz-Díaz y Rozbaczylo, 2021b).

Londoño Mesa (2017), destaca que es poco conocida la composición de la fauna de poliquetos del Pacífico de Colombia, si comparado con el Caribe del mismo país y señala que en la costa del Departamento del Chocó, aledaño a Panamá, los escasos estudios en este sentido las torna casi desconocida. Menciona que las investigaciones de poliquetos en Colombia se han realizado en tres pulsos cronológicos, de los cuales en el último se torna relevante el trabajo Laverde-Castillo (1986) quien reporta 29 familias y señala que el número de especies es inferior a la encontrada en Panamá. Villalaz et al. (2002) indican que en la playa El Agallito se registran 38 familias y destacan la dominancia de Onuphidae, seguido de Serpulidae, familias que no estuvieron presentes en esta investigación, probablemente por la característica de la zona mesolitoral inferior e infralitoral, donde se tomaron las muestras.

Villamar (2005) en la costa ecuatoriana obtuvo en zona arenosa diversidad de 0,78 calculado con logaritmo base 10 que corresponde a 1,80. En Perú, Cabanillas et al. (2016), en zona intermareal del Parque Nacional Manglares de Tumbes, con nucleador cuadrado de 192 cm² enterrados 30 cm en el sedimento encontraron en la zona alta de la playa de 0 a 2,52, mientras que en la baja 0 a 1,41. Los valores presentados en los estudios anteriores están dentro del ámbito obtenido en la presente investigación.

Barrio Froján et al. (2006) en la provincia de Phang Nga, Tailandia, con nucleador de 30 cm de diámetro enterrado 40 cm, encontraron diversidad entre 3,2 a 6, calculado con logaritmo de base 10, que corresponde de 4,61 a 8,65, con logaritmo natural, valores superiores a los observados en la playa El Agallito. En Panamá, específicamente en la playa Bique, Grajales-González y Vergara-Chen (2004) reportan un valor del índice de Shannon Wiener promedio de 1,61, sin embargo, no indican con que logaritmo desarrollaron el cálculo, por lo cual no es comparable con los valores obtenidos en esta investigación.

Taheri y Foshtomi (2009) en la bahía de Chabahar, Golfo de Omán, Irán, con amplitud de marea entre -0,20 a 0,20 m, mediante el uso de nucleadores de 12 cm enterrados 20 cm en el sedimento encontraron 15 familias de poliquetos, con densidades entre 117,10 y 1 370,70 ind/m², obtuvieron dominancia de la familia Pilargidae con hábito alimentario carnívoro, seguido de Magelonidae, detritívoro de sub-superficie. La primera familia reportada en 1997 muestra valores poco abundantes en la playa de estudio, mientras que la segunda no se registra.

Aun cuando los períodos de 1999 y 2021, con efecto de la presencia del afloramiento costero, la estructura de la comunidad de poliquetos es diferente, lo que demuestra que no necesariamente esta zona depende la productividad primaria favorecida por este fenómeno, sino también, entre otros factores, como los nutrientes procedentes del manglar aledaño y de los aportes terrígenos arrastrados por el río La Villa hacia la zona costera.

La playa El Agallito, donde se realiza este estudio, fue creada de forma artificial, al devastar parte del manglar del mismo nombre (Tejada et al., 2023), por lo cual, a pesar de ser expuesta, es pequeña y bordeada lateralmente por bosques de mangle cubiertos

principalmente de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*, tornándola no solo relativamente protegida, pero además, receptora de los detritos aportados por la descomposición de las hojas de este bosque inundable e irrigada por la pluma de dispersión de las desembocaduras de los ríos Parita y La Villa y aguas residuales provenientes de las fincas de cultivo de camarón, lo que explica la variabilidad de las distintas familias de poliquetos en el tiempo, además de recibir el impacto del efecto de fenómenos oceanográfico-meteorológicos que se dan en la zona.

Aunque los grupos dominantes no son de la misma familia, son resistentes a altas concentraciones de materia orgánica (Fernández-Rodríguez y Londoño-Mesa, 2015; Elias et al., 2021), por lo cual, el tipo de alimentación predominante de estos que es depositívoros de superficie (Sanchis et al., 2021), explica su abundancia en la posición de la estructura de la comunidad, lo que le da estabilidad ecológica al ecosistema, aun cuando está sometido al efecto de acumulación de material orgánico de origen continental (Sanchis et al., 2021).

Hay que resaltar que la importancia de los poliquetos no solamente se puede apreciar desde la perspectiva de la taxonomía (Ehklöf, 2010), la biodiversidad (Stewart, 2023) y su relación con los procesos geoquímicos en la degradación de la materia orgánica (Carregosa et al., 2014), las variaciones debido al cambio climático (David, 2021), si no también desde el uso que actualmente se le da, a nivel mundial, en el desarrollo de la acuicultura, como fuente alternativa alimentaria (Fidalgo e Costa et al., 2003).

En ese sentido, los poliquetos utilizados en actividades acuícolas se dirigen a distintas tareas de dicha industria, la importancia de estos organismos en procesos de remediación se destacan en la reducción de heces producidas en cultivos de salmón, por el hábito detritívoro de algunas especies de estos anélidos , ejemplo, a partir de la incorporación de desechos por *Capitella sp.* (Nederlof et al., 2020) y del uso de *Perinereis gualpensis* como biorremediador de fondos (Gómez et al., 2023); mientras que *Hedistes diversicolor* tiene la capacidad de extraer carbón, nitrógeno y fósforo de lodos provenientes de este cultivo (Anglade et al., 2023). El filtrador *Sabella spallanzanii*, es efectivo en la reducción bacteriana de aguas de cultivo, principalmente bacterias heterotróficas y vibrios (Stabili et al., 2010).

El uso de poliquetos como indicadores ambientales es ampliamente conocido (Omena et al., 2012), quienes indican la manera que estos grupos pueden evidenciar zonas contaminadas o estresadas por los efectos antrópicos o simplemente eutrofizados. La facilidad de la utilización de este grupo como modelos para evaluar la contaminación, se debe a que el estrés ambiental se refleja rápidamente en la población de estos invertebrados, organismos sensibles al efecto acumulativo de factores naturales y antrópicos, que los hace ideales para ser utilizados para esta tarea (Díaz-Castañeda y Reish, 2010; Elías et al., 2021). En zonas tropicales, Dean (2008) señaló la presencia de poliquetos potencialmente indicadores en el Golfo de Nicoya, Costa Rica; Kies et al. (2020) en Argelia, zona sub-tropical, utilizan este grupo con éxito para clasificar zonas de acuerdo a la diversa concentración de variables indicadoras, tales como: DBO, sólidos suspendidos, turbidez, fosfato, oxígeno disuelto y concentración de clorofila a, asociadas a ambientes eutrofizados.

5. Conclusiones

- La diversidad, densidad y estructura de la población mostró diferencias a través de los tres períodos de estudio, se resalta que hay mayor diversidad en el período 1997, a pesar que la densidad fue superior en 1999, mientras que la estructura de la comunidad fue más organizada en el 2021.
- Los gremios alimentarios, depositívoros de superficie y la afinidad por zonas de mayor concentración de materia orgánica, producto de la acumulación de material procedente de la zona continental, definen la dominancia y distribución temporal de las familias de poliquetos en los tres períodos de estudio.
- El conocimiento de la ecología de los poliquetos sirve para entender la importancia como fuente de alimento para aves migratorias, su uso en acuicultura para el mantenimiento del régimen alimentario de especies de cultivo, biorremediación de metabolitos secundarios de esta industria y la aplicación en la evaluación de la calidad ambiental de la zona costera.

Referencias Bibliográficas

- Aguado, M. T. y López, E. 2003. Paraonidae (Annelidae: Polychaeta) del Parque Nacional de Coiba (Pacífico, Panamá), con la descripción de una nueva especie de Aricidae Webster, 1879. *Revista Chilena de historia natural*, 76(3), 363-370. <https://www.scielo.cl/pdf/rchnat/v76n3/art02.pdf>
- Aguado, M.T. y San Martín, G. 2006. Sílidos (Syllidae: Polychaeta) del Parque Nacional de Coiba (Pacífico, Panamá). *Revista de Biología Tropical*, 54(3), 725-743. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v54n3/3860.pdf>
- Alcántara-Carrió, J., Cabrera, L., Alonso, L., Alejo, I., Rey, S. y Gago, L. 2001. Parámetros granulométricos: comparación entre el método gráfico y el método de los momentos. *Geotemas*, 3(1), 33-37. https://www.researchgate.net/profile/Javier-Alcantara-Carrio/publication/286456155_Parametros_granulometricos_comparacion_entre_el_metodo_grafico_y_el_metodo_de_los_momentos/links/566ae50908ae1a797e3960fd/Parametros-granulometricos-comparacion-entre-el-metodo-grafico-y-el-metodo-de-los-momentos.pdf
- Anglade, I., Kristensen, B.S.B., Dahl, T.H., Hagermann, A., Malzahn, A.M. y Reitan, K.I. 2023. Upcycling of carbon, nitrogen, and phosphorus from aquaculture sludge using the polychaete *Hedistes diversicolor* (OF Müller, 1776) (Annelida: Nereididae). *Front Sustain Food Syst*, 7. 1278586. <https://doi.org/10.3389/sufs.2023.1278586>
- Ayres, M., Ayres, M., Ayres, D. y Santos, A. 2007. *BioEstat- aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas*. Instituto de Conservação Mamirauá.
- Bacci, T., Trabucco, B., Marzialetti, S., Marusso, V., Lomiri, S., Vani, D. y Lamberti, C.V. 2009. Taxonomic sufficiency in two case studies: Where does it work better? *Marine Ecology*, 30(Suppl. 1), 13-19. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2009.00324.x>
- Barrio-Froján, C.R.S. y Kendall, M.A., Paterson, G.L.J., Hawkins, L.E., Nimsantijaroen, S. y Aryuthaka, C. 2006. Patterns of polychaete diversity in selected tropical intertidal habitats. *Scientia Marina*, 70S3, 239-248. <https://doi.org/10.3989/scimar.2006.70s3239>
- Bartholemeu, A. 2001. *Polychaete key for Chesapeake Bay and coastal Virginia*. Virginia Institute of Marine Science. WyM Scholar Works. . <https://doi.org/10.21220/V5Q319>
- Capa, M., San Martín, G. y López, E. 2001. Syllinae (Syllidae: Polychaeta) del Parque Nacional de Coiba, Panamá. *Revista de Biología Tropical*, 49(1), 103-115. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442001000100011&script=sci_arttext
- Cabanillas, R., Advincula, O. y Gutiérrez, C. 2016. Diversidad de polychaeta (Annelida) en el intermareal de los esteros del Santuario Nacional de Los Manglares de Tumbes, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 23(2), 117-126. <https://doi.org/10.15381/rpb.v23i2.12383>
- Carregosa, V. Vélez, C., Pires, A., Soares, A.M.V.M, Figueira, E. y Freitas, R. 2014. Physiological and biochemical responses of the polychaete *Dipatra neapolitana* to organic matter enrichment. *Aquatic Toxicology*, 155, 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2014.05.029>

- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18, 117-143. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50943099/Clarke_KR.._Non-parametric_multivariate_20161217-19496-jutpin-libre.pdf?1482033621=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DNon_parametric_multivariate_analyses_of.pdf&Expires=1732570333&Signature=W6vQv0GwSXESPiM-W6HVJiOmeZe3iRlocGM0VWRYM0Uum5X~MW8uRWt48Dul3TN8M5FXhi6JEbWjiLnh3x3jvyzbKus5tfrZtsQuYxx4fRzRg36Y4IrdrtSEOiFNidTcbTMFqROYEC969mIIUNtlpxO5earlT5fxlZnEZoQ7MOhYMBpiQrUm0L-h6adZgOkBSYDvlcZqIRX0JnF~Nin0na57MZJgDx0eMd0cplDe0nb~px9~2of~XlvoFsQxrtl3Eb~dhxoM26oZaUK-fJFY3FcsImetnU5~r67ApwFshWkgaxs22MeywmdotPQAZorNsXKX6REAltO-pgilXGTg &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Costa, P. F., Passos, A.M. y Fonseca, L.C.D. 2003. Polychaetes and their potential use in aquaculture. *World Aquaculture*, 34(3), 41-44. https://www.researchgate.net/publication/267626563_Polychaetes_and_their_potential_use_in_aquaculture
- David, A.A. 2021. Climate change and shell-boring polychaetes (Annelida: Spionidae): Current state of knowledge and the need for more experimental research. *Biological Bulletin*, 241, 4-15. <https://doi.org/10.1086/714989>
- Dean, H.K. 2004. Marine biodiversity of Costa Rica: Class Polychaeta (Annelidae). *Revista de Biología Tropical*, 52(Supl. 2), 131-181. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442004000600012&script=sci_arttext&tIng=en
- Dean, H.K. 2008. The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *Revista de Biología Tropical*, 56(Supl. 4), 11-38. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/27162>
- De la Osa-Carretero, J.A., Simboura, N., Del Pilar-Russo, Y, Panuccucci-Papadopoulou, M.A., Giménez-Casalduero, F. y Sánchez Lizaso, J.L. 2012. A methodology for applying taxonomic sufficiency and benthic biotic indices in two Mediterranean areas. *Ecological Indicators*, 23, 232-241. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.03.029>
- Delgado, F. 1980. *Datos sobre la analogía de las garzas panameñas, área pacífica*. En: Acta I: Reunión Iberoamericana de Zoología de Vertebrados, 807-813. https://books.google.com.pa/books/about/Reuni%C3%B3n_Iberoamericana_de_Zo%C3%B3logos_d.html?id=uP6ZzwEACAAJ&redir_esc=y
- Deloffre, J., Lafite, V.R., Lesueur, P., Leseurd, S. y Cundy, A.B. 2007. Sedimentation on intertidal mudflats in the lower part of macrotidal estuaries: Sedimentation rhythms and their preservation. *Marine Geology*, 241(1-4), 19-32. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2007.02.011>
- Díaz-Castañeda, V. y Reish, D. 2009. Polychaetes in environmental studies. *Annelids in Modern Biology*, 7, 203-227. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.08.003>
- Díaz-Díaz, O., Trócoli, L. y Díaz-Pérez, O. 2013. Estructura de la comunidad de poliqueto de fondos blandos en tres localidades de la Bahía de Mochima, Venezuela. *Scientia*, 23(2), 65-88. <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UP.196005>
- Díaz-Díaz, O. y Rozbaczylo, N. 2021a. Poliquetos bentónicos de Chile asociados a hábitats vulnerables. *Faunamar Ltda*.
- Díaz-Díaz, O. y Rozbaczylo, N. 2021b. Poliquetos bentónicos de Chile. Indicadores de estado ecológico. *Faunamar Ltda*.

- Díaz, M. y Sotelano, P. 2011. Viviendo entre mareas en el canal de Beagle. La Lupa. *Colección fueguina de divulgación científica*, 1, 22-27. <https://www.coleccionlalupa.com.ar/index.php/lalupa/article/view/290>
- Dutertre, M., Hamon, D., Chevalier, C. y Ehrhold, A. 2013. The use of the relationships between environmental factors and benthic macrofaunal distribution in the establishment of a baseline for coastal management. *Journal of Marine Science*, 74(2), 294-308. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fss170>
- Ehklöf, J. 2010. *Taxonomy and phylogeny of polychaetes*. University of Gothenburg. https://gupea.ub.gu.se/bitstream/handle/2077/22179/gupea_2077_22179_4.pdf;jsessionid=5C05D2988C9BAE57991D6FFD16F593E1?sequence=4
- Elías, R., Méndez, N., Muniz, P., Cabanillas, R., Gutiérrez-Rojas, C., Rozbaczylo, N., Londoño-Mesa, M.H., Gárate Contreras, P.J., Cárdenas-Calle, M., Villamar, F., Laverde-Castillo, J.J.A., Brauko, K.M., Araki, Braga, M., Cunha Lana, P. y Díaz-Díaz, O. 2021. Los poliquetos como indicadores biológicos en Latinoamérica y el Caribe. *Marine Fisheries Science*, 34(1), 37-107. <https://doi.org/10.47193/imafis.3410021010301>
- Fauchald, K. 1977. *Polychaetes from intertidal areas in Panama, with a review of previous shallow-water records*. Smithsonian Institution Press. https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/5511/SCtZ-0221-Lo_res.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Fauchald, K. y Reimer, A.A. 1975. Clave de poliquetos panameños con la inclusión de una clave para todas las familias del mundo. *Boletín del Instituto Oceanográfico Universidad de Oriente*, 14(1), 71-94. <https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/3423/BIOUOFauchald1975.pdf>
- Fernández Rodríguez, V. & Londoño Mesa, M.H. 2015. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) como indicadores biológicos de contaminación marina: casos en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 18(1), 189-204. <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169439782012.pdf>
- Fidalgo e Costa, P., Passos, A.M. y Cancela da Fonseca, L. 2003. Polychaetes and their potential use in aquaculture. *World Aquaculture*, 34(3), 41-44. https://www.researchgate.net/publication/267626563_Polychaetes_and_their_potential_use_in_aquaculture
- Folk, R.L. y Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3-27. [https://www.aqqua.uqam.ca/articles/Folk_Ward_27\(1\)-3.pdf](https://www.aqqua.uqam.ca/articles/Folk_Ward_27(1)-3.pdf)
- Giangrande, A., Licciano, M. y Musco, L. 2005. Polychaetes as environmental indicators revisited. *Marine Pollution Bulletin*, 50, 1153-1162. <https://doi.org/doi:10.1016/j.marpolbul.2005.08.003>
- Gómez, S., Lara, G., Hurtado, C., Espinoza Alvarado, R., Gutiérrez, J., Huechucoy, J.C., Valenzuela-Olea, G. y Turner, A. 2023. Evaluating the bioremediation capacity of the polychaete *Perinereis gualpensis* (Jeldes, 1963) for Atlantic salmon aquaculture sludge. *Fishes*, 8, 417. <https://doi.org/10.3390/fishes8080417>
- Grajales González, G. y Vergara Chen, C. 2004. Cambios temporales en la abundancia y diversidad de poliquetos en un área de la zona entre mareas de playa Bique (Pacífico de Panamá). *Tecnociencia*, 6(2), 7-21. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/658>

- Hammer, Ø., Harper, D. y Ryan, P. 2001. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica*, 4(1), 4-9. https://doc.rero.ch/record/15326/files/PAL_E2660.pdf
- Kies, F., Kerfoul, A., Elegbede, I., Matemilola, S., De Los Ríos Escalante, P., Khorchani, A. y Savari, S. 2020. Assessment of the coastal and estuarine environment quality of western Algeria using the bioindicator polychaeta; the genus *Nereis*. *Journal of Materials and Environmental Science*, 11(9), 1472-1481. https://www.researchgate.net/publication/343399501_Assessment_of_the_coastal_and_estuarine_environment_quality_of_western_Algeria_using_the_bioindicator_Polychaeta_the_genus_Nereis
- Laverde-Castillo, J.A. 1986. Lista anotada de los poliquetos (Annelida) registrados para el Pacífico colombiano, con notas preliminares sobre su zoogeografía. *Acta Biológica*, 15(58): 123-130. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.330103>
- León-González, J.A., Bastida-Zavala, J.R., Carrera-Parra, L.F., García-Garza, M.E., Salazar-Vallejo, S.I., Solís-Weiss, V. y Tovar-Hernández, M.A. 2021. *Anélidos marinos de México y América Tropical*. Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/22161/>
- Liñero Arana, I. 1997. *Poliquetos bénticos de Venezuela*. Instituto Oceanográfico de Venezuela.
- Londoño Mesa, M. 2017. Poliquetos de Colombia: *Un reto para la megadiversidad*. En Díaz, O., Bone, D., Rodríguez, C.T., Delgado-Blas, V.H. (eds.). Poliquetos de Sudamérica. *Boletín del Instituto Oceanográfico Universidad de Oriente, (Vol. Esp.)*. 71-88. https://www.researchgate.net/publication/316106905_Poliquetos_de_Sudamerica_Libro
- López, E., Cladera, P., San Martín, G., Laborda, A. y Teresa, M. 2002. Polychaete assemblages inhabiting intertidal soft bottoms associated with mangrove systems in Coiba National Park (East Pacific, Panama). *Wetlands Ecology and Management*, 10, 233-242. <https://doi.org/10.1023/A:1020179830880>
- López, E., Cladera, P. y San Martín, G. 2006. Orbiniidae polychaete (Polychaeta: Scolecidae) from Coiba island, Eastern Pacific of Panama, with description of a new species. *Revista de Biología Tropical*, 54(4), 1307-1318. <https://www.redalyc.org/pdf/449/44954427.pdf>
- McAleece, N., Gage, J.D.G., Lambsehad, P.J.D. y Paterson, G.L.J. 1997. *Biodiversity Professional statistics analysis software*. Jointly developed by the Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London.
- McLachlan, A. y Brown, A.C. 2006. *The ecology of sandy shores*. Academic Press. 2nd ed.
- McLachlan, A. y Defeo, O. 2018. *The ecology of sandy shores*. Academic Press, 3rd ed. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809467-9.00005-9>
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para determinar la biodiversidad. *MyT Manuales y Tesis SEA*. https://www.researchgate.net/publication/304346666_Metodos_para_medir_la_biodiversidad

- Nederlof, M.A.J., Fang, J., Dahlgren, T.G., Rastrick, S.P.S., Smaal, A.C., Strands, O., Sveier, H., Verdegem, M.C.J. y Jansen, H.M. 2020. Application of polychaetes in (de)coupled integrated aquaculture: an approach for fish waste bioremediation. *Aquatic Environmental Interaction*, 12, 385-399. <https://doi.org/10.3354/aei00371>
- Olive, P. 1994. *Polychaeta as a world resource: a review of patterns of exploitation as sea angling baits and the potential for aquaculture-based production*. En Dauvin, J.C. L., Laubiern L y Reish, D.J. (eds.). Actes de la 4ème Conférence internationale des Polychètes. *Memoires du Muséum d'Histoire Naturelle*, 162: 603-610. https://www.researchgate.net/publication/285742382_Polychaeta_as_a_world_resource_A_review_of_patterns_of_exploitation_as_sea_angling_baits_and_the_potential_for_aquaculture_based_production
- Oliveira, S.A., Ortega, J.C, Santos Ribas, L.G., Lopes, V.G. y Bini, L.M. 2020. Higher taxa are sufficient to represent biodiversity patterns. *Ecological Indicators*, 111, 105994. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105994>
- Olsgard, F. y Somerfield, P.J. 2000. Surrogates in marine benthic investigations-which taxonomic unit to target? *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 7, 25-42. <https://doi.org/10.1023/A:1009967313147>
- Omena, E.P., Lavrado, H.P., Paranhos, R. y Silva, T.A. 2012. Spatial distribution of intertidal sandy beach polychaete along an estuarine and morphodynamic gradient in a eutrophic tropical bay. *Marine Pollution Bulletin*, 64(9), 1861-1873. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.06.009>
- Orlando, L., Ortega, L. y Defeo, O. 2019. Multi-decadal variability in sandy beach area and the role of climate forcing. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 218, 197-203. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.12.015>
- Pandey, V. y Thiruchitrabalam, G. 2019. Spatial and temporal variability of Sandy intertidal macrobenthic communities and their relationship with environmental factors in a tropical island. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 224, 73-83. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.04.045>
- Ponçano, W.L. 1986. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos exemplos de sedimentos quaternários da costa brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, 16(2), 157-170. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.1986157170>
- Prado-Navarro, A., Días-Castañeda, V., Leija-Tristán, A. y De León-González. J.A. 2016. Composición y estructura de las comunidades de poliquetos (Annelidae) asociadas a fondos blandos de la costa occidental de la península de Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, 74-85. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.01.015>
- Salazar Vallejos, S.I., León González, J.A.D. y Polanco, S. 1989. *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. http://ipttest.conabio.gob.mx/iptconabiotest/resource?r=SNIB-B057&v=1.0&request_locale=pt

- Sanchis, C., Soto, E.H. y Quiroga, E. 2021. The importance of a functional approach on benthic communities for aquaculture environmental assessment: Trophic groups – A polychaete view. *Marine Pollution Bulletin*, 167, 112309. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112309>
- Scaps, P. 2003. The exploitation and aquaculture of marine polychaetes. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 128, 21-33. <https://www.researchgate.net/publication/286049351> The exploitation and aquaculture of marine polychaetes
- Sibaja-Cordero, J.A., Camacho-García, Y.E., Azofeifa-Solano, J.A. y Alvarado-Arranz, B. 2019. Ecological patterns of macrofauna in sandy beaches of Costa Rica: A Pacific-Caribbean comparison. *Estuarine and Coastal Shelf Science*, 223(31), 94-104. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.04.032>
- Spalletti, L.A. 1979. Diferenciación textural de arenas de playa frontal, playa distal y médano de la provincia de Buenos Aires en base a análisis estadísticos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 34(2), 87-99. <https://naturalis.fcnyu.unlp.edu.ar/entities/publication/319735b4-c473-4c2f-ba62-e029a0d13183/full>
- Soto, E.H. y Paterson, G.L.J. 2010. Poliquetos bentónicos intermareales y sublitorales de la región de Aisén, Chile. *Anales del Instituto Patagonia*, 38(2), 69-80. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-686X2010000200007>
- Speybroec, J., Alsteens, L., Vincx, M. y Degraer, S. 2007. Understanding the life of a sandy beach polychaete of functional importance *Scolecopsis squamata* (Polychaeta: Spionidae) on Belgian sandy beaches (northern Atlantic, North Sea). *Estuarine and Coastal Shelf Science*, 74, 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.04.002>
- Stabili, L., Schirosi, R., Licciano, M., Mola, E. y Giangrande, A. 2010. Bioremediation of bacteria in aquaculture waste using the polychaete *Sabella spallanzani*. *New Biotechnology*, 27(6), 775-781. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2010.06.018>
- Stewart E.C.D., Bribiesca-Contreras, G, Taboada, S., Wiklund, H., Ravara, A., Pape, E., De Smet, B., Neal, L., Cunha, M.R., Jones, D.O.B., Smith, C.R., Glover, A.G. y Dahlgren, T.G. 2023. Biodiversity, biogeography, and connectivity of polychaetes in the world's largest marine minerals exploration frontier. *Diversity and Distribution*, 29, 727-747. <https://doi.org/10.1111/ddi13690>
- Suguio, K. 1973. *Introdução à sedimentologia*. Ed. Blücker/USP.
- Taheri, M. y Foshtomi, M.Y. 2009. Community structure and biodiversity of intertidal sandy beach polychaetes in Chabahar Bar, Oman Gulf, Iran, related to the monsoon period. *Marine Biodiversity Records*. 2, e137, 1-8. <https://doi.org/10.1017/S1755267209990546>
- Tejada, K., González, A., Carty, E. y Camarena, F. 2023. Abundancia y diversidad de aves playeras en la playa El Agallito, distrito de Chitré, provincia de Herrera. *Tecnociencia*, 25(1), 41-62. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/3432>
- Tomiyama, T., Komizumai, N., Shirase, T., Ito, K. y Omori, M. 2008. Spatial intertidal distribution of bivalves and polychaetes in relation to environmental conditions in the Natori River estuary, Japan. *Estuarine and Coastal Shelf Science*, 80, 243-250. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272771408003016>

- Villamar, F. 2005. Estudio taxonómico y distribución de los poliquetos bentónicos en la zona intermareal de las provincias de Esmeraldas y Manabí (Ecuador). *Acta Oceanográfica del Pacífico Sur*, 13(1), 169-197. <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/publicaciones/actas-oceanograficas/15-acta-oceanografica-del-pacifico-vol-13-n-1-2005-2006/194-estudio-taxonomico-y-distribucion-de-los-poliquetos-bentonicos-en-la-zona-intermareal-de-las-provincias-de-esmeraldas-y-manabi-ecuador?start=10>
- Veiga, P., Rubal, M., Cacabelos, E., Maldonado, C. y Souza-Pinto, I. 2014. Spatial variability of macrobenthic zonation on exposed sandy beaches. *Journal of Sea Research*, 90, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2014.02.009>
- Villalaz, J.R., Vega, C., Avila, Y. y Gómez, J.A. 2002. Análisis temporal de macroinvertebrados bentónicos en playa El Agallito, Chitré. *Tecnociencia*, 4(2), 111-126. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/533/443>
- Volkenborn, N., Hedtkamp, S.I.C., Van Beusekom. J.E.E. y Reise, K. 2007. Effects of bioturbation and bioirrigation by lugworms (*Arenicola marina*) on physical and chemical sediment properties and implications for intertidal habitat succession. *Estuarine and Coastal Shelf Science*, 74, 331-343. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.05.001>
- Warwick, R.M. 1988. The level of taxonomic discrimination required to detect pollution effects on marine benthic communities. *Marine Pollution Bulletin*, 19(6), 259-268. <https://www.vliz.be/imisdocs/publications/orcd/2791345.pdf>
- Warwick, R.M., Clark, K.R. y Somerfield, P.J. 2008. *K-dominance curve*. In Jorgensen, S.E. y B.D. Fath (Eds.) *Encyclopedia of ecology*. Oxford Academic Press, 2055-2057. <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00114-2>
- Whittaker, R.H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. Numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution. *Science*, 147(3655), 250-260. <https://doi.org/10.1126/science.147.3655.250>
- Whitfield, A. y Elliot, M. 2011. *Ecosystem and biotic classification of estuaries and coasts*. En: Wolanski, E. y D.S. McLusky (eds.). *Treatise on estuarine and coastal science*, Wahlthaman, Academic Press. 1, 99-124. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374711-2.00108-X>

Citogenética de peces: conocimientos actuales y perspectivas futuras

Fish cytogenetics: current knowledge and future perspectives

Mauro Nirchio Tursellino¹, Italo Goti², Juan Antonio Gómez H.³

¹Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Acuicultura, Ecuador; <https://orcid.org/0000-0001-7171-2433>; manirchio@utmachala.edu.ec

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá; italo.goti@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0001-5702-5389>

³Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá; juanay05@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8548-3018>

Fecha de recepción: 15-09-2024

Fecha de aceptación: 10-11-2024

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v8n2.a6568>

Resumen: El papel fundamental de los peces es mantener el equilibrio en el ecosistema, por su adaptabilidad. La diversidad genética y estructura cromosómica refleja la biología evolutiva a través de técnicas de cariotipado, bandeado cromosómico e hibridación fluorescente y permite conocer la biología de los peces. A través del análisis citogenético se definen especies similares morfológicamente similares. La variabilidad en la configuración de los cromosomas sexuales en peces presenta una alta plasticidad evolutiva y notable diversidad, característica de flexibilidad y variabilidad que permiten mejor adaptación ambiental. La presencia de cromosomas B, considerados parásitos genómicos, aumentan la variabilidad genética de una población al actuar como reservorio de material genético e inducen reorganizaciones cromosómicas, lo que los convierte en bioindicadores. La prueba de micronúcleos, utilizada en la toxicología acuática, para identificar fragmentos cromosómicos reflejan daños genéticos e inestabilidad cromosómica. Los cariotipos ancestrales, reflejo de la complejidad de la evolución cromosómica, destacan implicaciones evolutivas en los linajes de peces. El reto de las futuras investigaciones citogenéticas en peces parte del desarrollo de tecnologías en biología molecular u otras como la pintura cromosómica, análisis de polimorfismos de un solo núcleo y la secuenciación, herramientas que han servido para tener una visión de la organización del genómica, su evolución cromosómica y la diferenciación de especies. Se concluye que a través de la citogenética se facilita el entendimiento de la evolución cromosómica, la gestión en la acuicultura, la conservación de especies en peligro de extinción y como indicadores de la salud ambiental acuática.

Palabras clave: Cariotipo, micronúcleo, bioindicador, toxicidad genética, evolución cromosómica

Abstract: The fundamental role of fish is to maintain the balance in the ecosystem, due to their adaptability. Genetic diversity and chromosomal structure reflect evolutionary biology through karyotyping, chromosome banding, and fluorescent hybridization techniques and allow us to understand the biology of fish. Cytogenetic analysis defines morphologically similar species. The variability in the configuration of sex chromosomes in fish shows high evolutionary plasticity and notable diversity, a characteristic of flexibility and variability that allows better environmental adaptation. The presence of B chromosomes, considered genomic parasites, increases the genetic variability of a population by acting as a reservoir of genetic material and induces chromosomal rearrangements, which makes them bioindicators. The micronucleus test, used in aquatic toxicology, to identify chromosomal fragments reflects genetic damage and chromosomal instability. Ancestral karyotypes, a reflection of the complexity of chromosomal evolution, highlight evolutionary implications in fish lineages. The challenge of future cytogenetic research in fish is based on the development of molecular biology technologies or others such as chromosome painting, single-nucleus polymorphism

analysis, and sequencing, tools that have served to provide insight into the organization of genomics, its chromosomal evolution and species differentiation. It is concluded that through cytogenetics, the understanding of chromosomal evolution, management in aquaculture, conservation of endangered species, and indicators of aquatic environmental health is facilitated.

Keywords: Karyotype, micronucleus, bioindicator, genetic toxicity, chromosomal evolution

1. Introducción

Los peces son uno de los grupos de vertebrados más diversos y habitan en casi todos los medios acuáticos, desde los océanos más profundos hasta los lagos y arroyos poco profundos (Nelson et al., 2016; Zhu et al., 2021). Desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas, la regulación de la cadena alimentaria y la salud de los ecosistemas (Levêque, 2017; Villéger et al., 2017). Además, los peces son una importante fuente de alimento para humanos y animales (Boyd et al., 2022; Lynch et al., 2016; Tacon y Metian, 2013) y se utilizan ampliamente en la investigación científica debido a su adaptabilidad y diversidad genética (Harris et al., 2014; Wittbrodt et al., 2002). Su adaptabilidad y sus variadas estrategias ecológicas son el resultado de más de 400 millones de años de evolución y han sobrevivido a cuatro de las cinco grandes extinciones masivas del Fanerozoico (Smithwick y Stubbs, 2018).

El estudio de la estructura cromosómica, la función y el comportamiento de los cromosomas de los peces, ofrece valiosa información sobre su biología evolutiva. Este campo ha evolucionado considerablemente en el último siglo, empezando con estudios descriptivos centrados en el recuento de cromosomas y la identificación de patrones generales de variación del cariotipo entre especies. A medida que avanzaron las técnicas científicas, sobre todo con el desarrollo de métodos como el cariotipado, el bandeo cromosómico y la hibridación fluorescente in situ (FISH), los investigadores adquirieron la capacidad de explorar reordenamientos cromosómicos, marcadores genéticos y variabilidad dentro de las especies y entre ellas. Estos avances han puesto al descubierto procesos cruciales como la evolución cromosómica, la variación genética y la diferenciación entre especies, lo que ha permitido comprender mejor la especiación y la evolución adaptativa (Pisano et al., 2007; Rossi, 2021). Gracias a estos enfoques moleculares, la

citogenética de peces sigue ampliando nuestros conocimientos sobre los mecanismos evolutivos y la diversidad genética que define a las especies de peces.

Más allá de los conocimientos evolutivos, los estudios citogenéticos de los peces desempeñan un papel esencial en aplicaciones prácticas como la acuicultura (Arai, 2001; Arai y Fujimoto, 2018), biología de la conservación (Molina et al., 2023; Ráb et al., 2007), y gestión de especies invasoras (Jácome et al., 2019). Las técnicas citogenéticas se aplican para mejorar los programas de cría, vigilar la salud genética y proteger la biodiversidad mediante la identificación de marcadores genéticos asociados a especies invasoras. Estas herramientas se han vuelto indispensables para mejorar la gestión de las especies y promover una gestión sostenible de los recursos acuáticos. A medida que sigan apareciendo nuevas tecnologías, la citogenética de peces hará avanzar aún más nuestra comprensión de la biología de los peces y contribuirá a la conservación y el uso sostenibles de los ecosistemas acuáticos.

2. Desarrollo

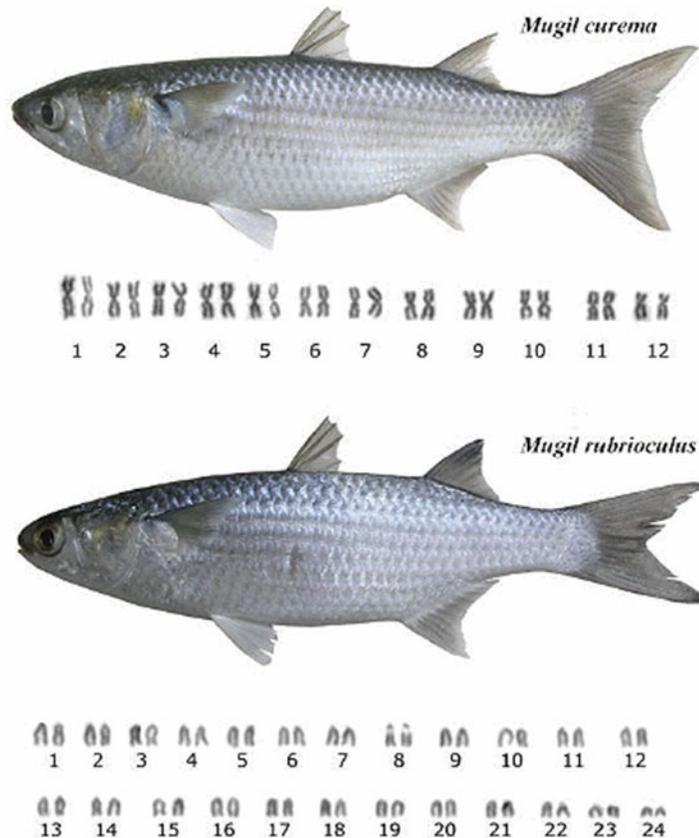
- **Citogenética en la taxonomía de peces**

La citogenética ha demostrado ser una herramienta clave en la taxonomía de peces, permitiendo una clasificación más precisa y una comprensión más profunda de las relaciones evolutivas entre especies. Tradicionalmente, la taxonomía de los peces se basaba principalmente en características morfológicas externas, como el color, las proporciones corporales y el número de espinas, entre otros. Sin embargo, estas características pueden ser insuficientes, especialmente en el caso de especies crípticas, que son morfológicamente similares, pero genéticamente distintas (Nirchio y Oliveira, 2014). El análisis citogenético, que incluye técnicas como el cariotipado, el bandeo cromosómico y la hibridación fluorescente in situ (FISH), ha revelado diferencias cromosómicas que no son evidentes en estudios morfológicos. Un ejemplo destacado es el género *Mugil*, donde varios estudios han identificado variaciones significativas en el número de cromosomas entre especies (Harrison et al., 2007; Nirchio et al., 2005, 2007, 2017, 2018). Estos avances han permitido

no solo la identificación de nuevas especies, sino también la reevaluación de las relaciones taxonómicas entre especies conocidas (Figura 1).

Figura 1

*Comparación cariotípica entre *Mugil curema* (arriba) y *Mugil rubrioculus* (abajo), destacando las diferencias en la morfología cromosómica. Los cariotipos de ambas especies muestran 12 pares de cromosomas en *Mugil curema* y 22 pares en *Mugil rubrioculus*.*



Fuente: Modificado de Nirchio y Oliveira (2014).

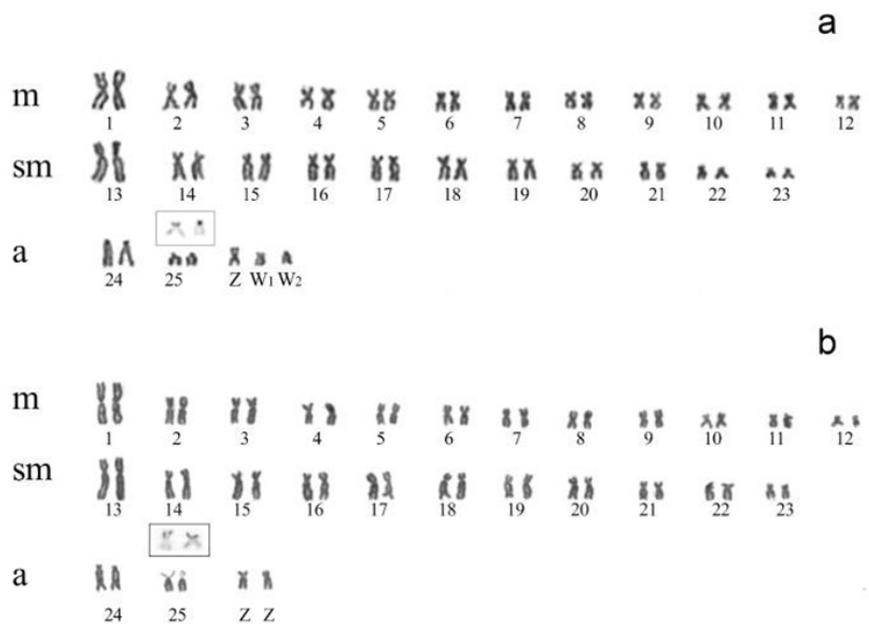
- **Cromosomas sexuales**

A diferencia de los mamíferos y las aves, que poseen cromosomas sexuales relativamente estables en todos sus linajes (sistemas XX/XY o ZZ/ZW), los peces muestran una extraordinaria variabilidad en sus sistemas de cromosomas sexuales. Mientras que algunas especies de peces poseen cromosomas sexuales identificables, en muchas otras los cromosomas sexuales son morfológicamente indistinguibles o están totalmente ausentes (Kottler y Schartl, 2018). La variedad de sistemas cromosómicos de determinación del sexo

observados en los peces, va desde la heterogamia masculina más común ($\text{♀XX}/\text{♂XY}$) y la heterogamia femenina ($\text{♂ZZ}/\text{♀ZW}$) hasta sistemas más complejos que implican la pérdida de cromosomas Y o W ($\text{♀XX}/\text{♂X0}$, $\text{♂ZZ}/\text{♀Z0}$) y configuraciones cromosómicas sexuales múltiples como $\text{♀XX}/\text{♂XY1Y2}$ o $\text{♀X1X1X2X2}/\text{♂X1X2Y}$ (Sember et al., 2021). Estudios recientes han revelado la presencia de un nuevo sistema cromosómico sexual en *Ancistrus clementinae*, una especie endémica de Ecuador. Esta especie presenta un sistema $\text{♂ZZ}/\text{♀ZW1W2}$ (Figura 2), siendo la primera vez que se identifica una configuración de este tipo en el género *Ancistrus* (Nirchio et al., 2023), subrayando la notable diversidad y plasticidad evolutiva de la diferenciación de los cromosomas sexuales en los peces, ya que este sistema de cromosomas sexuales múltiples probablemente se originó a partir de un sistema ZW estándar mediante reordenamientos cromosómicos y la acumulación de secuencias repetitivas de ADN, incluido el ADN ribosómico.

Figura 2

Cariotipo de Ancistrus clementinae, que ilustra el sistema de cromosomas sexuales $\text{♂ZZ}/\text{♀ZW1W2}$. (a) El cariotipo de la hembra muestra dos cromosomas W distintos (W1 y W2) además del cromosoma Z. (b) El cariotipo masculino muestra dos cromosomas Z. Los cromosomas se clasifican según su morfología en grupos metacéntricos (m), submetacéntricos (sm) y acrocéntricos (a).



Fuente: Adaptado de Nirchio et al. (2023).

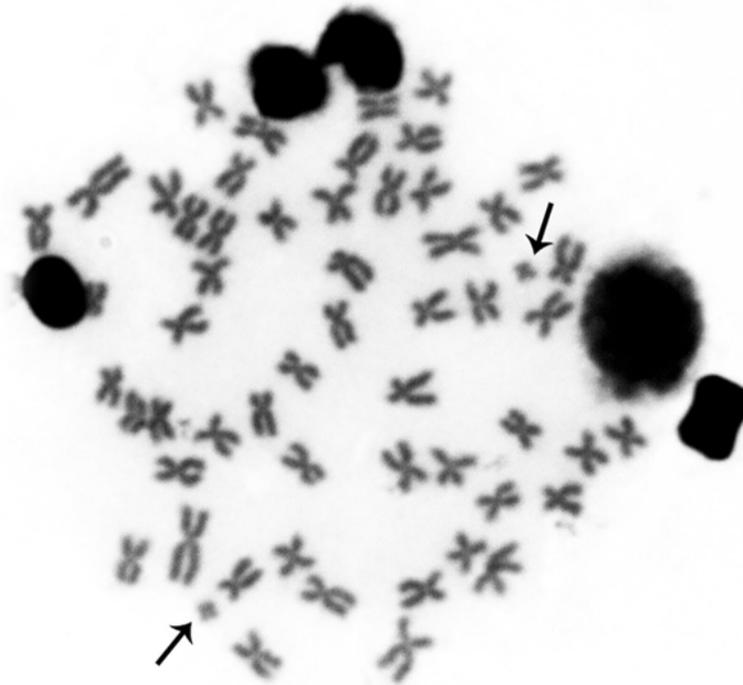
Estos sistemas múltiples surgen a menudo de fusiones o fisiones cromosómicas y se han descrito en 75 casos, el 80% de los cuales probablemente evolucionaron de forma independiente y diversa gama de sistemas de cromosomas sexuales plantea cuestiones fundamentales sobre cómo los peces determinan su sexo, un tema que no sólo es intrigante desde el punto de vista de la biología evolutiva, sino que también tiene implicaciones significativas para las prácticas acuícolas. La flexibilidad y variabilidad de estos sistemas de determinación del sexo permiten a los peces adaptarse a distintas condiciones ambientales, lo que es clave para su éxito evolutivo. La manipulación de la proporción de sexos es una práctica habitual en acuicultura, por lo que comprender estos mecanismos cromosómicos puede conducir a programas de cría y gestión genética de las poblaciones de peces más eficaces.

- **Cromosomas B: elementos cromosómicos anómalos en los peces**

Los cromosomas B o accesorios en peces representan uno de los temas más intrigantes de la citogenética, al ser elementos genéticos adicionales que desafían las normas de la genética mendeliana (Houben et al., 2014; Johnson Pokorná y Reifová, 2021). Estos cromosomas no son esenciales para la supervivencia ni forman parte del complemento genómico estándar (cariotipo A), y su presencia puede variar en número entre los individuos de una población (Camacho et al., 2000; Ruban et al., 2020). Los cromosomas B son generalmente más pequeños que los cromosomas A (Figura 3) y, aunque no contienen genes vitales, persisten en las poblaciones debido a su capacidad para replicarse y segregarse de manera independiente. Se han documentado en diversos organismos, incluyendo plantas y animales (Jones, 1995; Vujošević et al., 2018) y su aparición en peces ha permitido explorar su papel en la evolución, la adaptación y la variabilidad genética (Moreira-Filho et al., 2004; Noletto et al., 2012; Yoshida et al., 2011).

Figura 3

Metafase de Prochilodus mariae, que muestra la presencia de cromosomas B (indicados con flechas). Los cromosomas B son más pequeños que los cromosomas A estándar.



Aunque tradicionalmente se han considerado "parásitos genómicos", algunos estudios sugieren que los cromosomas B pueden tener funciones importantes en circunstancias específicas. Pueden aumentar la variabilidad genética dentro de una población, actuando como un reservorio de material genético que podría ser aprovechado en entornos cambiantes. También pueden inducir reorganizaciones cromosómicas, como translocaciones o fusiones, influyendo en la evolución del genoma y la especiación. Además, han demostrado afectar la expresión de genes en los cromosomas A, lo que podría influir en procesos biológicos como la reproducción, el crecimiento o la respuesta a factores ambientales. En algunos casos, su presencia ha sido asociada con cambios en la fertilidad y la viabilidad, aunque su impacto puede variar considerablemente entre especies.

Los cromosomas B se han observado en diversas especies de peces, tanto de agua dulce como marina, con ejemplos notables como *Astyanax scabripinnis* (Moreira-Filho et al., 2004; Vicari et al., 2011), *Prochilodus lineatus* (Artoni et al., 2006; Maistro et al., 2000;

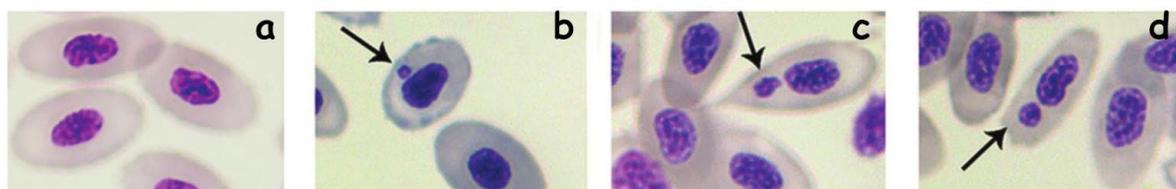
Stornioli et al., 2021) y *Prochilodus mariae* (*Oliveira et al., 2003*). La frecuencia de estos cromosomas varía significativamente entre poblaciones e incluso dentro de una misma especie, lo que subraya su naturaleza dinámica y enigmática (*Nascimento et al., 2020*; *Oliveira et al., 2003*; *Voltolin et al., 2010*).

- **Citogenética en toxicología acuática**

Los métodos citogenéticos tienen un valor incalculable en el campo de la toxicología acuática, especialmente cuando se trata de evaluar el impacto de los contaminantes sobre la salud genética de los organismos acuáticos. Una de las técnicas más utilizadas es la **prueba de micronúcleos**, que identifica pequeños cuerpos extranucleares (micronúcleos) formados a partir de fragmentos cromosómicos o cromosomas enteros que no se integran correctamente en nuevos núcleos durante la división celular (Figura XX). Aunque esta prueba se diseñó inicialmente para detectar daños cromosómicos en roedores (*Heddle et al., 1991*; *Schmid, 1975, 1976*), desde entonces se ha adaptado para su uso en muchos organismos, incluidos los peces, debido a su fiabilidad para detectar daños genéticos e inestabilidad cromosómica (*Salunke et al., 2024*; *Sommer et al., 2020*).

Figura 4

*Micronúcleos en eritrocitos de *Andinoacara rivulatus* expuestos a cloruro de mercurio ($HgCl_2$). (a) Células control sin micronúcleos. (b)-(d) Las flechas indican la presencia de micronúcleos de diferentes tamaños. La formación de micronúcleos es una señal de daño genotóxico provocado por la exposición al cloruro de mercurio, lo que refleja inestabilidad cromosómica en las células.*



Fuente: Modificado de *Nirchio et al. (2019)*.

Los peces son especialmente adecuados para este tipo de análisis. Su alta sensibilidad a los contaminantes ambientales los convierte en excelentes **bioindicadores**, que ayudan a

los científicos a controlar la salud de los ecosistemas acuáticos. La prueba de micronúcleos es una potente herramienta para evaluar la genotoxicidad en los peces, ya que permite detectar precozmente los daños relacionados con la contaminación a nivel genético. Esta capacidad de revelar daños cromosómicos sutiles antes de que se produzcan efectos visibles convierte a los peces en una parte esencial de los esfuerzos de vigilancia medioambiental (Mustafa et al., 2024; van Treeck et al., 2020).

La prueba se ha aplicado con éxito tanto a **especies marinas** como a **especies de agua dulce** para detectar el impacto genético de los contaminantes ambientales, ayudando a los investigadores a vigilar los efectos genéticos de la contaminación en ambos ecosistemas. Su capacidad para detectar signos tempranos de daños cromosómicos en los peces permite calibrar la salud ambiental y tomar medidas preventivas antes de que la contaminación cause daños irreversibles. A medida que los medios acuáticos se enfrentan a amenazas crecientes de las actividades humanas, el papel de pruebas como ésta se hace aún más crucial para salvaguardar la biodiversidad y promover prácticas sostenibles.

- **Cariotipo en peces marinos y dulceacuícolas**

La evolución cromosómica en peces marinos y de agua dulce refleja adaptaciones a sus respectivos entornos y presenta variaciones notables en su estructura cariotípica. Generalmente, los peces de agua dulce tienden a mostrar una mayor variabilidad cromosómica debido a las condiciones geográficas y ambientales que influyen en la dispersión y el aislamiento genético (Nirchio et al., 2014). Este fenómeno es evidente en los cíclidos (Kocher, 2004), en los que se han observado reordenamientos cromosómicos complejos que incluyen fusiones y fisiones cromosómicas, destacando la adaptación rápida de los cíclidos a distintos nichos ecológicos, particularmente en cuerpos de agua dulce como los lagos de África y América del Sur (Poletto et al., 2010).

En contraste, los peces marinos muestran patrones cromosómicos más conservadores, con una tendencia hacia un menor número de cromosomas y una menor variabilidad estructural (Motta-Neto et al., 2019; Paim et al., 2017). Esto puede explicarse por el mayor

potencial de dispersión de las especies marinas, lo que reduce el aislamiento geográfico y limita la divergencia genética entre las poblaciones. En muchos peces marinos, como los que pertenecen al orden Perciformes, el número diploide tiende a estar alrededor de 48 cromosomas, con una prevalencia de cromosomas acrocéntricos (Molina et al., 2024; Soares et al., 2013), aunque algunos grupos pueden tener cariotipos con mucha diversidad de cromosomas producto de inversiones pericéntricas y modificaciones que afectan a las regiones organizadoras del nucléolo (NOR) que ponen de relieve el papel de los reordenamientos cromosómicos en la diversificación evolutiva de los peces marinos (Coluccia et al., 2010; Gómez-Herrera et al., 2021; Nirchio, Gaviria, et al., 2019). Estos mecanismos permiten ajustes en la estructura cromosómica que pueden influir en la regulación génica, facilitando la adaptación a diferentes presiones ambientales y promoviendo la especiación.

- **El cariotipo ancestral en los peces: un debate**

La citogenética de peces no solo ha permitido avances en áreas prácticas como la acuicultura y la conservación, sino que también ha sido fundamental para comprender los complejos procesos evolutivos, como la evolución cromosómica. Uno de los debates más relevantes en este contexto es el del **cariotipo ancestral en peces Actinopterygios**, el cual sigue siendo una cuestión abierta en la comunidad científica. Originalmente, se propuso que los primeros vertebrados, incluidos los peces con aletas radiadas primitivas, poseían un complemento diploide de 48 cromosomas acrocéntricos. Esta hipótesis obtuvo apoyo a partir de la idea de que las duplicaciones completas del genoma (WGD, por sus siglas en inglés) contribuyeron a la complejidad genética observada en los vertebrados modernos, con una primera duplicación que ocurrió hace aproximadamente 500 millones de años y una segunda 100 millones de años después (Ohno et al., 1968; Van de Peer et al., 2010). Esta perspectiva ha sido ampliamente aceptada en la citogenética de peces, posicionando el cariotipo acrocéntrico de 48 cromosomas como un rasgo ancestral del que surgieron desviaciones a través de reorganizaciones cromosómicas.

Sin embargo, una hipótesis alternativa sugiere que el cariotipo ancestral podría haber incluido un número mayor de cromosomas, cercano a 60, como se observa en algunos grupos de peces basales como los Lepisosteiformes. Esta visión propone que la reducción a 48 cromosomas ocurrió de manera independiente en diferentes linajes de teleósteos mediante procesos como la fusión y la eliminación cromosómica (Brum y Galetti, 1997). Los estudios citogenéticos refuerzan esta idea, particularmente en peces marinos, donde los patrones cariotípicos tienden a ser más conservados en comparación con los cariotipos más variables que se encuentran en especies de agua dulce. Estas diferencias en la evolución cromosómica entre peces marinos y de agua dulce a menudo se atribuyen a factores ambientales, como la estabilidad del hábitat y el potencial de dispersión (Galetti et al., 2000; Nirchio et al., 2014).

Este debate en curso subraya la complejidad de la evolución cromosómica en los peces y destaca la necesidad de más investigaciones para comprender completamente el cariotipo ancestral y sus implicaciones evolutivas a lo largo de los diversos linajes de peces.

- **Orientaciones futuras en citogenética de peces**

El futuro de la citogenética de peces pasa por su integración con la genómica y la biología molecular. Técnicas como la pintura cromosómica, el análisis de polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) y la secuenciación de nueva generación están ampliando el alcance de la investigación citogenética, ofreciendo una visión sin precedentes de la organización del genoma, la evolución cromosómica y la diferenciación de especies. La hibridación genómica comparativa (CGH) y los “microarrays” cromosómicos se están empleando para detectar reordenamientos cromosómicos, variaciones en el número de copias y duplicaciones génicas, arrojando luz sobre cómo estos cambios impulsan la especiación y la adaptación.

Otro avance prometedor es la aplicación de la citogenética a la biología evolutiva del desarrollo (evo-devo). Examinando las estructuras cromosómicas y la regulación génica, los investigadores pueden comprender mejor cómo los cambios genéticos contribuyen al desarrollo de fenotipos específicos e innovaciones evolutivas en los peces. Con los avances

en técnicas citogenéticas de alta resolución y tecnologías de edición del genoma como CRISPR, la citogenética de peces seguirá descubriendo nuevos aspectos de la diversidad genética, la adaptación y la conservación.

3. Conclusiones

La citogenética de peces ha pasado de ser un campo descriptivo que documentaba la variación del cariotipo a convertirse en una ciencia de vanguardia que integra la genómica y las técnicas moleculares. Ya sea para entender la evolución cromosómica, gestionar la acuicultura, conservar especies amenazadas o vigilar la salud ambiental, la citogenética de peces ofrece herramientas y conocimientos de valor incalculable. A medida que surjan nuevas tecnologías, este campo seguirá ampliando los límites de la investigación biológica, contribuyendo a la gestión sostenible y la conservación de los recursos acuáticos.

Referencias Bibliográficas

- Arai, K. (2001). Genetic improvement of aquaculture finfish species by chromosome manipulation techniques in Japan. *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 197(1-4), 205–228. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00588-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00588-9)
- Arai, K., y Fujimoto, T. (2018). Chromosome Manipulation Techniques and Applications to Aquaculture. In *Sex Control in Aquaculture* (pp. 137–162). John Wiley y Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119127291.ch6>
- Artoni, R. F., Vicari, M. R., Endler, A. L., Cavallaro, Z. I., de Jesus, C. M., de Almeida, M. C., Moreira-Filho, O., y Bertollo, L. A. C. (2006). Banding pattern of A and B chromosomes of *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae), with comments on B chromosomes evolution. *Genética*, 127(1-3), 277–284. <https://doi.org/10.1007/s10709-005-4846-1>
- Boyd, C. E., McNevin, A. A., y Davis, R. P. (2022). The contribution of fisheries and aquaculture to the global protein supply. *Food Security*, 14(3), 805–827. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01246-9>
- Brum, M. J., y Galetti, P. M. (1997). Teleostei ground plan karyotype. *Journal of Computational Biology: A Journal of Computational Molecular Cell Biology*, 2, 91–102. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1572543024466019200>
- Camacho, J. P., Sharbel, T. F., y Beukeboom, L. W. (2000). B-chromosome evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 355(1394), 163–178. <https://doi.org/10.1098/rstb.2000.0556>

- Coluccia, E., Deiana, A. M., Libertini, A., y Salvadori, S. (2010). Cytogenetic characterization of the moray eel *Gymnothorax tile* and chromosomal banding comparison in Muraenidae (Anguilliformes). *Marine Biology Research*, 6(1), 106–111. <https://doi.org/10.1080/17451000902932993>
- Galetti, P. M., Aguilar, C. T., y Molina, W. F. (2000). An overview of marine fish cytogenetics. In A. M. Solé-Cava, C. A. M. Russo, y J. P. Thorpe (Eds.), *Marine Genetics* (pp. 55–62). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2184-4_6
- Gómez-Herrera, J. A., Nirchio, T. M., y Oliveira, C. (2021). Karyotype of *Sparisoma chrysopterum* (Bloch y Schneider 1801): insights into chromosomal evolution in Sparisomatinae (Perciformes: Scaridae). *Boletín Del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente*, 60(2), 58–63. <https://iovo.com/revista/index.php/boletin57-1/article/view/217>
- Harris, M. P., Henke, K., Hawkins, M. B., y Witten, P. E. (2014). Fish is Fish: the use of experimental model species to reveal causes of skeletal diversity in evolution and disease. *Zeitschrift Fur Angewandte Ichthyologie Journal of Applied Ichthyology*, 30(4), 616–629. <https://doi.org/10.1111/jai.12533>
- Harrison, I. J., Nirchio, M., Oliveira, C., Ron, E., y Gaviria, J. (2007). A new species of mullet (Teleostei: Mugilidae) from Venezuela, with a discussion on the taxonomy of *Mugil gaimardianus*. *Journal of Fish Biology*, 71(sa), 76–97. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01520.x>
- Heddle, J. A., Cimino, M. C., Hayashi, M., Romagna, F., Shelby, M. D., Tucker, J. D., Vanparys, P., y MacGregor, J. T. (1991). Micronuclei as an index of cytogenetic damage: past, present, and future. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 18(4), 277–291. <https://doi.org/10.1002/em.2850180414>
- Houben, A., Banaei-Moghaddam, A. M., Klemme, S., y Timmis, J. N. (2014). Evolution and biology of supernumerary B chromosomes. *Cellular and Molecular Life Sciences: CMLS*, 71(3), 467–478. <https://doi.org/10.1007/s00018-013-1437-7>
- Jácome, J., Quezada Abad, C., Sánchez-Romero, O., Pérez, J. E., y Nirchio, M. (2019). Tilapia en Ecuador: paradoja entre la producción acuícola y la protección de la biodiversidad ecuatoriana. *Revista Peruana de Biología*, 26(4), 543–550. <https://doi.org/10.15381/rpb.v26i4.16343>
- Johnson Pokorná, M., y Reifová, R. (2021). Evolution of B chromosomes: From dispensable parasitic chromosomes to essential genomic players. *Frontiers in Genetics*, 12(727570). <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.727570>
- Jones, R. N. (1995). B chromosomes in plants. *The New Phytologist*, 131(4), 411–434. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1995.tb03079.x>
- Kocher, T. D. (2004). Adaptive evolution and explosive speciation: the cichlid fish model. *Nature Reviews. Genetics*, 5(4), 288–298. <https://doi.org/10.1038/nrg1316>
- Kottler, V. A., y Schartl, M. (2018). The colorful sex chromosomes of teleost fish. *Genes*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/genes9050233>
- Levêque, C. (2017). Role of fish in ecosystem functioning. In D. Paugy, C. Levêque, y O. Otero (Eds.), *The inland water fishes of Africa* (pp. 339–348). IRD Éditions, Éditions Mrac. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.25130>

- Lynch, A. J., Cooke, S. J., Deines, A. M., Bower, S. D., Bunnell, D. B., Cowx, I. G., Nguyen, V. M., Nohner, J., Phouthavong, K., Riley, B., Rogers, M. W., Taylor, W. W., Woelmer, W., Youn, S.-J., y Beard, T. D., Jr. (2016). The social, economic, and environmental importance of inland fish and fisheries. *Environmental Review*, 24(2), 115–121. <https://doi.org/10.1139/er-2015-0064>
- Maistro, E. L., Oliveira, C., y Foresti, F. (2000). Cytogenetic analysis of A- and B-chromosomes of *Prochilodus lineatus* (Teleostei, Prochilodontidae) using different restriction enzyme banding and staining methods. *Genética*, 108(2), 119–125. <https://doi.org/10.1023/a:1004063031965>
- Molina, W. F., da Motta-Neto, C. C., y da Costa, G. W. W. F. (2023). Integrative Cytogenetics, A Conservation Approach in Atlantic Fish: Concepts, Estimates, and Uses. In P. M. Galetti (Ed.), *Conservation Genetics in the Neotropics* (pp. 167–199). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-34854-9_8
- Molina, W. F., Khensuwan, S., Rosa de Moraes, R. L., de Menezes Cavalcante Sassi, F., Werneck Félix da Costa, G. W., Miguel, D. Z., Supiwong, W., Jantararat, S., Phintong, K., Seetapan, K., Ditcharoen, S., Tanomtong, A., Liehr, T., y de Bello Cioffi, M. (2024). Karyotypic stasis and its implications for extensive hybridization events in corallivores species of butterflyfishes (Chaetodontidae). *Heliyon*, 10(6), e27435. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27435>
- Moreira-Filho, O., Galetti, P. M., Jr, y Bertollo, L. A. C. (2004). B chromosomes in the fish *Astyanax scabripinnis* (Characidae, Tetragonopterinae): an overview in natural populations. *Cytogenetic and Genome Research*, 106(2-4), 230–234. <https://doi.org/10.1159/000079292>
- Motta-Neto, C. C. da, Cioffi, M. de B., Costa, G. W. W. F. da, Amorim, K. D. J., Bertollo, L. A. C., Artoni, R. F., y Molina, W. F. (2019). Overview on karyotype stasis in Atlantic grunts (eupercaria, Haemulidae) and the evolutionary extensions for other marine fish groups. *Frontiers in Marine Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00628>
- Mustafa, S. A., Al-Rudainy, A. J., y Salman, N. M. (2024). Effect of environmental pollutants on fish health: An overview. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 50(2), 225–233. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2024.02.006>
- Nascimento, C. N. do, Troy, W. P., Alves, J. C. P., Carvalho, M. L., Oliveira, C., y Foresti, F. (2020). Molecular cytogenetic analyses reveal extensive chromosomal rearrangements and novel B chromosomes in *Moenkhausia* (Teleostei, Characidae). *Genetics and Molecular Biology*, 43(4), e20200027. <https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2020-0027>
- Nelson, J. S., Grande, T. C., y Wilson, M. V. H. (2016). *Fishes of the World*. <https://doi.org/10.1002/9781119174844>
- Nirchio, M., Cipriano, R., Cestari, M., y Fenocchio, A. (2005). Cytogenetical and morphological features reveal significant differences among Venezuelan and Brazilian samples of *Mugil curema* (Teleostei: Mugilidae). *Neotropical Ichthyology*, 3(1), 107–110. <https://doi.org/10.1590/s1679-62252005000100006>

- Nirchio, M., Gaviria, J. I., Siccha-Ramirez, Z. R., Oliveira, C., Foresti, F., Milana, V., y Rossi, A. R. (2019). Chromosomal polymorphism and molecular variability in the pearly razorfish *Xyrichtys novacula* (Labriformes, Labridae): taxonomic and biogeographic implications. *Genetica*, 147(1), 47–56. <https://doi.org/10.1007/s10709-019-00051-9>
- Nirchio, M., y Oliveira, C. (2014). Citogenética como herramienta taxonómica en peces. *Saber (Cumana, Venezuela)*, 26(4), 361–372. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622014000400002
- Nirchio, M., Oliveira, C., de Bello Cioffi, M., de Menezes Cavalcante Sassi, F., Valdiviezo, J., Paim, F. G., Soares, L. B., y Rossi, A. R. (2023). Occurrence of sex chromosomes in fish of the genus *Ancistrus* with a new description of multiple sex chromosomes in the Ecuadorian endemic *Ancistrus clementinae* (Loricariidae). *Genes*, 14(2), 306. <https://doi.org/10.3390/genes14020306>
- Nirchio, M., Oliveira, C., Ferreira, I. A., Pérez, J., Gaviria, J., Harrison, I., Rossi, A., y Sola, L. (2007). COMPARATIVE CYTOGENETIC AND ALLOZYME ANALYSIS OF *Mugil rubrioculus* AND *M. curema* (TELEOSTEI: MUGILIDAE) FROM VENEZUELA. *Interciencia*, 32(11), 757–762. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442007001100008&script=sci_arttext
- Nirchio, M., Oliveira, C., Siccha-Ramirez, Z. R., de Sene, V. F., Sola, L., Milana, V., y Rossi, A. R. (2017). The *Mugil curema* species complex (Pisces, Mugilidae): a new karyotype for the Pacific white mullet mitochondrial lineage. *Comparative Cytogenetics*, 11(2), 225–237. <https://doi.org/10.3897/CompCytogen.v11i2.11579>
- Nirchio, M., Paim, F. G., Milana, V., Rossi, A. R., y Oliveira, C. (2018). Identification of a new mullet species complex based on an integrative molecular and cytogenetic investigation of *Mugil hospes* (Mugilidae: Mugiliformes). *Frontiers in Genetics*, 9(17). <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00017>
- Nirchio, M., Rossi, A. R., Foresti, F., y Oliveira, C. (2014). Chromosome evolution in fishes: a new challenging proposal from Neotropical species. *Neotropical Ichthyology: Official Journal of the Sociedade Brasileira de Ictiologia*, 12(4), 761–770. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20130008>
- Nirchio, M., Ventimilla, O. J. C., Cordero, P. F. Q., Hernández, J. G., y Oliveira, C. (2019). Genotoxic effects of mercury chloride on the Neotropical fish *Andinoacara rivulatus* (Cichlidae: Cichlasomatini). *Revista de Biología Tropical*, 67(4), 745–754. <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i4.34133>
- Noieto, R. B., Vicari, M. R., Cestari, M. M., y Artoni, R. F. (2012). Variable B chromosomes frequencies between males and females of two species of pufferfishes (Tetraodontiformes). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 22(1), 343–349. <https://doi.org/10.1007/s11160-011-9231-9>
- Ohno, S., Wolf, U., y Atkin, N. B. (1968). Evolution from fish to mammals by gene duplication. *Hereditas*, 59(1), 169–187. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1968.tb02169.x>
- Oliveira, C., Nirchio, M., Granado, Á., y Levy, S. (2003). Karyotypic characterization of *Prochilodus mariae*, *Semaprochilodus kneri* and *S. laticeps* (Teleostei: Prochilodontidae) from Caicara del Orinoco, Venezuela. *Neotropical Ichthyology*, 1(1), 47–52. <https://doi.org/10.1590/s1679-62252003000100005>

- Paim, F. G., Almeida, L. A. da H., Affonso, P. R. A. de M., Sobrinho-Scudeler, P. E., Oliveira, C., y Diniz, D. (2017). Chromosomal stasis in distinct families of marine Percomorpharia from South Atlantic. *Comparative Cytogenetics*, 11(2), 299–307. <https://doi.org/10.3897/compcytogen.v11i2.11942>
- Pisano, E., Ozouf-Costaz, C., Foresti, F., y Kapoor, B. G. (Eds.). (2007). *Fish Cytogenetics*. Science.
- Poletto, A. B., Ferreira, I. A., Cabral-de-Mello, D. C., Nakajima, R. T., Mazzuchelli, J., Ribeiro, H. B., Venere, P. C., Nirchio, M., Kocher, T. D., y Martins, C. (2010). Chromosome differentiation patterns during cichlid fish evolution. *BMC Genetics*, 11(1), 50. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-11-50>
- Ráb, P., Bohlen, J., Rábová, M., Flajšhans, M., y Kalous, L. (2007). Cytogenetics as a tool in fish conservation: The present situation in Europe. In *Fish Cytogenetics* (pp. 215–240). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10746-8>
- Rossi, A. R. (2021). Fish cytogenetics: *Present and future*. *Genes*, 12(7), 983. <https://doi.org/10.3390/genes12070983>
- Ruban, A., Schmutzer, T., Wu, D. D., Fuchs, J., Boudichevskaia, A., Rubtsova, M., Pistrick, K., Melzer, M., Himmelbach, A., Schubert, V., Scholz, U., y Houben, A. (2020). Supernumerary B chromosomes of *Aegilops speltoides* undergo precise elimination in roots early in embryo development. *Nature Communications*, 11(1), 2764. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16594-x>
- Salunke, A., Pandya, P., Upadhyay, A., y Parikh, P. (2024). Chapter 4 - Fish biomarkers in environmental biomonitoring: an insight into water pollution. In R. Mishra, S. Madhav, R. K. Dhaka, y P. Garg (Eds.), *Biomarkers in Environmental and Human Health Biomonitoring* (pp. 65–79). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13860-7.00002-1>
- Schmid, W. (1975). The micronucleus test. *Mutation Research*, 31(1), 9–15. [https://doi.org/10.1016/0165-1161\(75\)90058-8](https://doi.org/10.1016/0165-1161(75)90058-8)
- Schmid, W. (1976). The Micronucleus Test for Cytogenetic Analysis. In A. Hollaender (Ed.), *Chemical Mutagens: Principles and Methods for Their Detection* (pp. 31–53). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-0892-8_2
- Sember, A., Nguyen, P., Perez, M. F., Altmanová, M., Ráb, P., y Cioffi, M. de B. (2021). Multiple sex chromosomes in teleost fishes from a cytogenetic perspective: state of the art and future challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 376(1833), 20200098. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0098>
- Smithwick, F. M., y Stubbs, T. L. (2018). Phanerozoic survivors: Actinopterygian evolution through the Permo-Triassic and Triassic-Jurassic mass extinction events. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 72(2), 348–362. <https://doi.org/10.1111/evo.13421>
- Soares, R. X., Bertollo, L. A. C., da Costa, G. W. W. F., y Molina, W. F. (2013). Karyotype stasis in four Atlantic Scombridae fishes: mapping of classic and dual-color FISH markers on chromosomes. *Fisheries Science: FS*, 79(2), 177–183. <https://doi.org/10.1007/s12562-013-0602-0>
- Sommer, S., Buraczewska, I., y Kruszewski, M. (2020). Micronucleus Assay: The State of Art, and Future Directions. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4). <https://doi.org/10.3390/ijms21041534>

- Stornioli, J. H. F., Goes, C. A. G., Calegari, R. M., Dos Santos, R. Z., Giglio, L. M., Foresti, F., Oliveira, C., Penitente, M., Porto-Foresti, F., y Utsunomia, R. (2021). The B chromosomes of *Prochilodus lineatus* (teleostei, Characiformes) are highly enriched in satellite DNAs. *Cells (Basel, Switzerland)*, 10(6), 1527. <https://doi.org/10.3390/cells10061527>
- Tacon, A. G. J., y Metian, M. (2013). Fish Matters: Importance of Aquatic Foods in Human Nutrition and Global Food Supply. *Reviews in Fisheries Science*, 21(1), 22–38. <https://doi.org/10.1080/10641262.2012.753405>
- Van de Peer, Y., Maere, S., y Meyer, A. (2010). 2R or not 2R is not the question anymore. *Nature Reviews. Genetics*, 11(2), 166. <https://doi.org/10.1038/nrg2600-c2>
- van Treeck, R., Van Wichelen, J., y Wolter, C. (2020). Fish species sensitivity classification for environmental impact assessment, conservation and restoration planning. *The Science of the Total Environment*, 708(135173), 135173. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135173>
- Vicari, M. R., de Mello Pistune, H. F., Castro, J. P., de Almeida, M. C., Bertollo, L. A. C., Moreira-Filho, O., Camacho, J. P. M., y Artoni, R. F. (2011). New insights on the origin of B chromosomes in *Astyanax scabripinnis* obtained by chromosome painting and FISH. *Genetica*, 139(8), 1073–1081. <https://doi.org/10.1007/s10709-011-9611-z>
- Villéger, S., Brosse, S., Mouchet, M., Mouillot, D., y Vanni, M. J. (2017). Functional ecology of fish: current approaches and future challenges. *Aquatic Sciences*, 79(4), 783–801. <https://doi.org/10.1007/s00027-017-0546-z>
- Voltolin, T. A., Senhorini, J. A., Oliveira, C., Foresti, F., Bortolozzi, J., y Porto-Foresti, F. (2010). B-chromosome frequency stability in *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae). *Genetica*, 138(3), 281–284. <https://doi.org/10.1007/s10709-009-9420-9>
- Vujošević, M., Rajičić, M., y Blagojević, J. (2018). B chromosomes in populations of mammals revisited. *Genes*, 9(10), 487. <https://doi.org/10.3390/genes9100487>
- Wittbrodt, J., Shima, A., y Schartl, M. (2002). Medaka—a model organism from the far East. *Nature Reviews. Genetics*, 3(1), 53–64. <https://doi.org/10.1038/nrg704>
- Yoshida, K., Terai, Y., Mizoiri, S., Aibara, M., Nishihara, H., Watanabe, M., Kuroiwa, A., Hirai, H., Hirai, Y., Matsuda, Y., y Okada, N. (2011). B chromosomes have a functional effect on female sex determination in Lake Victoria cichlid fishes. *PLoS Genetics*, 7(8), e1002203. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1002203>
- Zhu, R., He, D., Feng, X., Xiong, W., y Tao, J. (2021). The new record of the highest distribution altitude of cyprinid fishes in the world. *Zeitschrift Fur Angewandte Ichthyologie = Journal of Applied Ichthyology*, 37(3), 474–478. <https://doi.org/10.1111/jai.14204>

Los laboratorios virtuales (LV) como recurso didáctico para el fortalecimiento del aprendizaje virtual de las reacciones químicas inorgánicas en los estudiantes de primero de bachillerato del Colegio Sayausi de Cuenca-Ecuador

Virtual laboratories (VL) as a teaching resource for strengthening virtual learning of inorganic chemical reactions among first-year high school students at Sayausi College in Cuenca, Ecuador

Mónica Patricia Cando Naula¹, Floralba del Rocío Aguilar Gordón²

¹Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador; candomonica24@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0009-3283-2067>

²Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador; faguilar@ups.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-9886-6878>

Fecha de recepción: 1-08-2024

Fecha de aceptación: 15-10-2024

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v8n2.a6569>

Resumen: En la actualidad, en un mundo más tecnológico, los entornos de aprendizaje virtuales permiten el desarrollo de competencias tecnológicas y brindan experiencias de laboratorio que de otro modo no estarían disponibles en las aulas de una institución educativa secundaria. La finalidad de esta investigación fue analizar los laboratorios virtuales (LV) y evaluar su impacto en el fortalecimiento del aprendizaje de las reacciones químicas inorgánicas, en un grupo de estudiantes del primer año de bachillerato. El método de estudio fue de tipo cualitativo-cuantitativo, la técnica empleada fue el diseño de dos pruebas previas, dos posteriores y una entrevista, aplicada a una población de treinta participantes. Los resultados se evaluaron analizando el nivel de aprendizaje de los estudiantes, a través de la diferencia entre las medias de los puntajes de la prueba previa y posterior; y en el nivel de satisfacción de los estudiantes, en relación con los parámetros: actitud y entorno de aprendizaje. Se concluyó que los laboratorios virtuales constituyen un recurso didáctico eficaz para el fortalecimiento del aprendizaje y la motivación de los estudiantes, afirmación que se corrobora con el análisis de los resultados de la media obtenidos de la prueba previa del 71.0 en relación a la prueba posterior del 84.9, observándose un aumento del 19,58% en los conocimientos generales en la formulación de las reacciones químicas inorgánicas. Estos resultados se sometieron al análisis de la prueba t, en donde se obtuvo que $p=0 < 0.05$; lo que condujo al rechazo de la H_0 y la aceptación de H_a . Las medias entre la prueba previa y la prueba posterior son significativamente diferentes.

Palabras clave: laboratorio virtual, química, aprendizaje, reacciones químicas inorgánicas, entornos virtuales.

Abstract: In today's technological world, virtual learning environments enable the development of technological skills and provide laboratory experiences that would otherwise not be available in the classrooms of secondary educational institutions. In this context, the purpose of this research is was to analyze virtual laboratories (VL) to evaluate their impact on enhancing the learning of inorganic chemical reactions among a group of first-year high school students. The study employed a qualitative-quantitative method, using two pre-tests, two post-tests, and an interview, conducted with a population of thirty participants. The results were assessed by analyzing the students' learning levels through the difference in mean scores between the pre-test and post-test, as well as the level of student satisfaction concerning the parameters of attitude and

learning environment. The conclusion drawn is that virtual laboratories serve as an effective educational resource for enhancing learning and motivating students. This assertion is supported by the analysis of the results, which showed a mean score of 71.0 on the pre-test compared to 84.9 on the post-test, indicating an increase of 19.58% in general knowledge regarding the formulation of inorganic chemical reactions. These results were analyzed using the t-test, revealing that $p=0 < 0.05$, leading to the rejection of the null hypothesis (H_0) and acceptance of the alternative hypothesis (H_a). The means between the pre-test and post-test are significantly different.

Keywords: virtual laboratory, chemistry, learning, inorganic chemical reactions, virtual environments.

1. Introducción

El desarrollo exponencial de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se ha incrementado y se ha incrustado en las aulas de las instituciones educativas, a tal punto que su uso se vuelve una necesidad imprescindible impactando de modo directo en los modelos pedagógicos y en las acciones educativas que se ven obligadas a transformarse para responder a los requerimientos de la sociedad actual. En este contexto, conforme a Orhan et al. (2018), es posible cumplir la expectativa de que una nueva tecnología mejore el proceso de enseñanza- aprendizaje de los estudiantes, siempre que se consideren los requerimientos de los profesores y sus competencias tecnológicas. Autores como Nainggolan et al. (2020); Peechapol (2021) y Sasmito y Sekarsari (2022), concuerdan en que los Laboratorios virtuales (LV), rompen los esquemas tradicionales de las prácticas de laboratorio, ya que mejoran la comprensión y la motivación en la asignatura.

En este sentido, Aguilar y Chamba (2019), manifiestan que la tecnología en la actualidad determina varios ámbitos de nuestra vida como la forma de pensar, de gobernar, de educar, de comunicarse, inclusive determina nuestro estilo de vida; está incorporada de manera indiscutible en los procesos educativos; espacios en los que su utilización ofrece varias ventajas como su influencia en la cognición y en las técnicas del pensamiento de los estudiantes; sin embargo, es preciso tener presente que las herramientas tecnológicas deben estar ligadas a una estrategia didáctica apropiada para determinar su utilidad real en la educación.

El objetivo central de la presente investigación fue analizar la utilización de los laboratorios virtuales como un recurso didáctico o una herramienta de apoyo pedagógico que contribuye al fortalecimiento del aprendizaje de la química inorgánica.

Como antecedente se puede señalar que a raíz de la pandemia del COVID-19 y en consecuencia, la suspensión de clases presenciales, no solo del Ecuador, sino de más de 150 países, las instituciones educativas se vieron obligadas a emplear medios tecnológicos para continuar con la educación de manera remota, de modo que a decir de Aguilar (2020):

El confinamiento obligó a la humanidad a adaptarse a un nuevo modo de vida que da lugar a la creación de nuevos escenarios en los que prima el uso de nuevas tecnologías que van transformando los espacios físicos, mismos que paulatinamente fueron reemplazados por espacios virtuales. (p. 215)

Bajo esta misma premisa, la nueva práctica educativa, como sostienen Alves y Faria (2020), puso de manifiesto algunos problemas clave como: docentes con escasos conocimientos tecnológicos, desigualdades en el acceso a Internet, computadoras deficientes, prácticas tradicionales educativas adaptadas forzosamente a las plataformas digitales, entre otros aspectos. Así mismo, en concordancia con el informe emitido por el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEVAL, 2019), los niveles de aprendizaje, especialmente en las asignaturas de Matemática y Química, fueron las más afectadas por la emergencia sanitaria. Al respecto, los estudios de Santos y Prudente (2020) señalan que uno de los mayores inconvenientes fue contar con un laboratorio adecuado, debido al costo y mantenimiento que esto implica; además, se evidenció cierta resistencia para instalar un laboratorio físico en los planteles educativos aduciendo algunos riesgos de seguridad sanitaria. Ante este panorama, los docentes se vieron obligados a buscar alternativas que ofrecieran actividades de laboratorio de carácter virtual.

En el caso ecuatoriano, según investigaciones de autores como Palacios et al. (2020) y Perazzo et al. (2021), se encuentra que la pandemia del COVID-19 puso de manifiesto la brecha existente en el desarrollo de competencias en educación digital, en el empleo de la tecnología, en la instrucción docente y en la necesidad de herramientas digitales de estudio. Las investigaciones de estos autores evidencian que 6 de cada 10 ecuatorianos poseen un celular; de ellos, 5 tienen un teléfono inteligente y únicamente el 37% de la población, tiene conexión a internet. Por esta misma razón, Aguilar (2020), menciona que en Ecuador “existen 3 millones de estudiantes de colegios y escuelas fiscales inscritos en 150 mil centros

de enseñanza, de ellos, 2 millones (...) tienen posibilidad de conectividad; pero un millón de estudiantes no corre con la misma suerte ” (p. 219).

En ese escenario, el paso de la presencialidad a la virtualidad ha sido percibido por los estudiantes ecuatorianos, según las investigaciones, como un cambio negativo: “factores como la desmotivación, control del tiempo, equipamiento técnico, y conectividad adecuada han afectado el rendimiento académico” (Tejedor et al., 2020, p.1).

De acuerdo con lo expuesto, la innovación de diversas tecnologías exige un avance en las diferentes áreas de la ciencia. Para responder a esas necesidades, los simuladores virtuales, por ejemplo, son considerados como un recurso didáctico importante para el fortalecimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje, puesto que, a decir de Peechapol (2021), su uso está encaminado a apoyar el fortalecimiento en la adquisición de conocimientos, desarrollo de habilidades y ejecución de prácticas en un entorno seguro de trabajo; por lo tanto, constituyen una oportunidad para practicar y reforzar diversas competencias en el sujeto que aprende.

Como resultado, la educación en la actualidad plantea nuevos retos académicos, como la adquisición de conocimientos en el empleo de las TIC, a través de la utilización de metodologías adecuadas capaces de crear competencias orientadas a una mayor autonomía del estudiante, al lograr un aprendizaje significativo y permitir su participación de manera activa mediante la experimentación, el análisis y la toma de decisiones.

En consecuencia, Calderón et al. (2016), con los resultados de las investigaciones relacionadas al uso de las TIC en los sistemas escolares, reportan que la aplicación de los laboratorios virtuales en el aula es limitada, especificando los estudios realizados en amplias poblaciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en el año 2011. Desde este enfoque, la propuesta del estudio en torno a los Laboratorios Virtuales para el área de Química se vuelve pertinente, así Llorens y Berzosa (2012) acotan que para el trabajo de laboratorio se utilizan materiales y equipos específicos, con la necesidad de adquirir destrezas en su manejo, lo que demanda un gran esfuerzo en la organización, gestión de dichos materiales, equipos y asignación del personal; sin

embargo, este proceso de enseñanza-aprendizaje no sería integral ni significativo sin el apoyo de los LV.

La experimentación en los laboratorios tiene coyuntura actual en la ciencia, la educación en tecnología, ingeniería, matemáticas y en la química, así como en la teoría y los conceptos. Kolil et al. (2020) manifiestan que “las actividades de laboratorio pueden mejorar los logros de los estudiantes, la comprensión conceptual, sus actitudes y su crecimiento cognitivo” (p. 51).

El uso de LV favorece el espacio académico de los estudiantes, a que no solo interioricen los conceptos sino también los fenómenos que ocurren en la química y que no son fácilmente visibles, aunque no representa una oportunidad para reemplazar los laboratorios físicos, sino que es una herramienta de apoyo pedagógico y didáctico para los docentes. De hecho, Nainggolan et al. (2020) consideran que los LV rompen el sistema clásico de las prácticas de laboratorio, así como con sus limitaciones de espacio, tiempo, peligrosidad, etc. y, además, aportan un nuevo método de trabajo.

Al respecto, estudios actuales como el de Peechapol (2021), cuyo objetivo fue analizar la eficacia de la simulación de un LV de Química en los estudiantes del primer año de universidad, observó un efecto beneficioso en el desempeño del aprendizaje y autoeficacia de los educandos, fomentando su motivación para aprender y comprender conceptos químicos. Otro aporte significativo fue el de Sasmito y Sekarsari (2022), quienes desarrollaron un LV con resultados positivos. La validez y eficacia de los LV se midieron con el objetivo de promover la comprensión y la motivación en los estudiantes que estudian la asignatura de Química.

Se puede mencionar también la investigación de Avci (2022), en la cual, el uso de los LV incidió en el aprendizaje y permitió diferenciar los conceptos básicos del tema Ácido-Base. Durante este proceso se realizaron diferentes experimentos, evidenciándose logros significativos al mejorar el interés por la asignatura de Química y al destacar que las clases se vuelven más dinámicas y divertidas.

Es decir, una de las oportunidades del manejo de las TIC en la enseñanza y aprendizaje de la química es ayudar a los estudiantes a visualizar las estructuras elementales y

moleculares espaciales tridimensionales (3D), pues, “permiten interacciones colaborativas entre profesores y estudiantes, y entre los propios estudiantes, de forma sincrónica y asincrónica” (Awad y Street, 2014, p.35).

En ese sentido, la presente investigación pretende aportar para el fortalecimiento del aprendizaje de las reacciones químicas inorgánicas a través de la implementación de los LV en la asignatura de Química de los estudiantes de primer año de Bachillerato de la sección vespertina de la institución educativa arriba referida.

A continuación, la revisión bibliográfica aborda referentes teóricos básicos que permiten entender a los laboratorios virtuales (utilizados de acuerdo con el estilo de aprendizaje manifestado en los estudiantes) como recurso didáctico para el aprendizaje de la Química en la era de la información.

Para los autores Sandoval et al. (2013) y Abellán (2018), tanto los roles del educador como del educando han cambiado, los docentes se han transformado en mediadores del proceso educativo, son responsables de crear y fomentar ambientes en los cuales los estudiantes busquen y fabriquen su propio conocimiento, son los encargados de promover la criticidad, reflexividad, investigación y creatividad para consolidar el conocimiento. En este contexto, es importante mencionar que los estilos de aprendizaje, han contribuido para el desarrollo cognitivo, intelectual, procedimental y actitudinal del ser humano comprendido en su unidad y diversidad en medio de la complejidad social en la que se encuentra inmerso.

- **Estilos de aprendizaje en la era digital**

Para iniciar este acápite, es preciso explicar que el aprendizaje es un proceso de adquisición de conocimientos, habilidades y valores, así conforme a Heredia y Sánchez (2022), este viene a influir relativamente en el cambio permanente de la conducta de un individuo; incide en las representaciones mentales que forman parte de su experiencia y es entendido como un proceso vital en la sociedad, ya que a medida que pasan los años se buscan metodologías activas en donde los estudiantes puedan ser los autores de su propio proceso de aprendizaje basados en la acción de aprender a aprender.

De acuerdo con Hernández (2018), los estilos de aprendizaje representan las capacidades de aprender de los estudiantes como consecuencia de relacionar los nuevos aprendizajes con el entorno inmediato, mientras que las estrategias didácticas representan ambos elementos fundamentales en la educación: la enseñanza y el aprendizaje. De esta manera, los estilos y las estrategias didácticas representan las preferencias de los estudiantes durante sus actividades de conocimiento desarrolladas al involucrar la información nueva con la preexistente y, al aplicarlas acertadamente, tienen como ventaja que tanto docentes como estudiantes puedan reconocer sus debilidades y fortalezas al aprender la nueva información.

Por otro lado, Pérez y Martínez (2021), los modelos de estilos de aprendizaje más utilizados y que describen el desempeño de los estudiantes en clases y su forma de aprender son los estilos: activo, reflexivo, teórico y pragmático, Tabla 1.

Tabla 1
Estilos de aprendizaje en los estudiantes y sus características

Estilos de aprendizaje	Características
Estilo Activo	Viven nuevas y diferentes experiencias, se aburren con los períodos largos. Tiene mente abierta y se caracterizan por ser espontáneos, abiertos, creativos y arriesgados.
Estilo Reflexivo	Reflexionan acerca de las nuevas experiencias y las observan desde diferentes perspectivas. Son muy sensatos y se caracterizan por ser reflexivos, receptivos, exhaustivos y constantes.
Estilo Teórico	Adaptan y complementan las observaciones que crean en teorías lógicas y complejas; es decir, sacan sus propias conclusiones. Son lógicos, metódicos, críticos y perfeccionistas.
Estilo Pragmático	Buscan en todo momento poner en práctica sus ideas; son eficaces, directos, prácticos y positivos.

Nota: Tipos de estilos de aprendizaje, adaptación a partir de Pérez y Martínez (2021).

El término “estilo de aprendizaje”, hace referencia a la manera en la que cada individuo analiza, comprende y transfiere el nuevo conocimiento; su empleo permite a los docentes perfeccionar el proceso educativo de los estudiantes, por ello, es importante conocer e identificar el estilo de aprendizaje para implementar una estrategia didáctica adecuada, utilizar los recursos didácticos idóneos y emplear las acciones más eficaces.

Debido a la influencia de la globalización y, con ello, la digitalización, los estilos de aprendizaje también se vieron obligados a una adaptación. Ante los nuevos requerimientos por la llegada de las TIC, el entorno escolar ha visto la necesidad de que los estudiantes aprendan, trabajen y participen, utilizando los diferentes medios y recursos didácticos digitales, entendidos estos últimos como el conjunto de materiales, herramientas o medios que se utilizan para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Según Cózar et al. (2016), este es un ámbito extremadamente cambiante por la velocidad a la que crecen y evolucionan las nuevas tecnologías; por lo tanto, es preciso conocer sus componentes para un correcto manejo de los medios digitales: conocimiento, uso y dominio para desarrollar adecuadamente las competencias propias de la era digital. Para Moreno (2008), los entornos digitales deberán caracterizarse por: propiciar nuevos modos de interactividad, mayor comunicación, apertura y eficacia en la administración del conocimiento y actualización constante en el manejo de las herramientas digitales. En este sentido, también es importante comprender las características de una estrategia didáctica para explicar su importancia en la adquisición de nuevos conocimientos.

- **Estrategias didácticas de aprendizaje en la era digital**

Las estrategias didácticas, a decir de Ortíz (2009), son una estructura de actividades, basada en objetivos y contenidos, que deberán ser cumplidos por el docente a través de indicadores, en definitiva, éstas son los métodos y enfoques que guían cómo se utiliza esos recursos para facilitar el aprendizaje. Sin embargo, los recursos didácticos y las estrategias didácticas son fundamentales, pero cumplen funciones diferentes en el proceso educativo.

De allí que, para autores como Sandoval et al. (2013) y Ahmed y Opoku (2021), estos conocimientos nuevos del estudiante deben relacionarse con los existentes, con el objetivo

de generar en él, competencias para ser profesionales competitivos (aprendizaje autónomo), relacionando de manera adecuada el tema, las reglas para la interacción, el entorno, el medio y el procedimiento.

La elección correcta de una estrategia didáctica dependerá de la metodología que se emplee, según las necesidades del alumnado y orientado al perfeccionamiento de competencias, por lo que de acuerdo con lo manifestado por la Subdirección de Currículum y Evaluación del Chile (2017), su empleo puede permitir que los estudiantes se hagan más responsables de su proceso de aprendizaje, al incentivar en ellos el desarrollo de habilidades de investigación, selección, y evaluación de información; también, al apropiarse de los conocimientos de manera activa, participativa y colaborativa, al exponer e intercambiar ideas, opiniones y experiencias. Para investigadores como Pritchard (2009); Castillo (2008) y Marcano y Cedeño (2019), entre otros, el empleo de estrategias didácticas adecuadas, tales como: la técnica de la exposición oral, la técnica de la interrogación, el aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje cooperativo, los simuladores o laboratorios virtuales, garantizan el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Santos y Prudente (2020), manifiestan que un excelente ejemplo de recurso didáctico son los LV, porque permiten reforzar las habilidades ya existentes en los estudiantes y, a su vez, aplicarlas para resolver problemas nuevos, permitiéndoles adquirir un aprendizaje útil y duradero. De hecho, Menéndez et al. (2019), manifiestan que “la metodología que se utilice para su enseñanza debe ser capaz de ayudar a los estudiantes a comunicarse y colaborar entre ellos, y a descubrir un aprendizaje más placentero” (p. 43).

Algunos estudios como los de Duan et al. (2020); Kolil et al. (2020); Jakkula et al. (2020) y Angsoyiri (2021), definen a un LV como un simulado o recurso didáctico de la realidad a través de la ejecución de experimentos que relacionan la teoría establecida ya por la ciencia, con la práctica. Este simulador (o recurso didáctico) es generado por programación (*software*) y está diseñado por una serie de instrucciones que permite al estudiante adueñarse, desarrollar y verificar sus habilidades.

Según Rodríguez Cepeda et al. (2020), hay varias ventajas que se obtienen como resultado del uso de los LV como, por ejemplo: explicación más efectiva de los conceptos

teóricos, ejecución experimental paso a paso, flexibilidad en horarios, fáciles de usar, minimización de los riesgos al momento de realizar la práctica, participación de un mayor número de estudiantes asincrónicamente incluso si no coinciden en espacio, además de disminuir los gastos de la institución en la adquisición de equipos, sustancias químicas y material de laboratorio.

El ambiente virtual de aprendizaje se convierte así en un espacio creado para facilitar el intercambio de conocimiento en cualquier momento y lugar. La inclusión de la tecnología, en este caso de los LV dentro del proceso educativo, brinda la oportunidad de desarrollar habilidades y competencias prácticas que requieren los estudiantes. Como consecuencia, el contenido puede estar almacenado en dispositivos tecnológicos y el individuo debe contar con la disposición para utilizar esa información de manera analítica, reflexiva y crítica de acuerdo con Peechapol (2021); Kolil et al. (2018) y Calderón et al. (2016). Por su parte, según Gutiérrez (2012), el docente debe convertirse en un mediador entre el estudiante y la información de la red, al guiarlos en el proceso de búsqueda, análisis, exploración y discernimiento de la confiabilidad de dicha información impartida por el medio tecnológico, al tener la habilidad de establecer conexión mediante el uso de las redes sociales o herramientas de colaboración, cuando el docente genere ambientes o comunidades de aprendizaje interactivo.

Cabe señalar que los LV se convierten en un recurso didáctico que permiten una experimentación virtual con el objetivo de construir competencias prácticas de manera autónoma, al relacionar con la teoría a través de la investigación, de la indagación, la reflexión y la difusión de los resultados del aprendizaje de forma innovadora, creativa y activa.

- **Los laboratorios virtuales como recurso didáctico virtual de aprendizaje de la Química**

Según el estudio de Oliver (2010), el aprendizaje en Química entre los estudiantes de secundaria y preparatoria en los países latinoamericanos ha disminuido, en comparación con experiencias escolares de años anteriores; de acuerdo con Kolil et al. (2020), en la

última década, hay una reducción del 1%, en las inscripciones de los estudiantes en los cursos de Química. Fraser et al. (2012) en su estudio realizado en Australia, analiza que el desinterés de los alumnos en las materias de ciencias podría disminuir la motivación del estudio científico en la educación superior.

Según Talanquer (2018), los estudiantes piensan que el aprendizaje de la Química es difícil, ya que deben crear y entender conceptos químicos, por lo que los estudiantes de educación secundaria tienden, a menudo, a memorizar dichos conceptos y suelen avanzar sin comprender la verdadera esencia de la Química. De acuerdo con Rodríguez y Silva (2020), la Química, en general, es compleja, sin embargo, su aprendizaje es sumamente importante, además de brindar conocimiento científico sobre los fenómenos de la naturaleza, brinda formación ciudadana, incentivando a los estudiantes a observar, analizar e interpretar los hechos que ocurren a su alrededor. El principio esencial de la asignatura de Química se fundamenta en el estudio de las sustancias y sus transformaciones, al explicar su comportamiento a partir de la comprensión de la composición Química; es decir, la estructura, los tipos de partículas, la disposición y los enlaces químicos que las mantienen unidas.

En la práctica cotidiana educativa, los estudiantes realizan varias actividades en el laboratorio con tiempo insuficiente: usan productos químicos peligrosos, equipos de laboratorio, realizan procedimientos químicos, trabajan en equipo, recopilan datos precisos de la práctica e investigan. Según Kolil et al. (2018), estos factores hacen de la clase de laboratorio un ambiente generador de ansiedad; incluso, se la cataloga de compleja y altamente teórica, convirtiéndose en una decepción para los estudiantes. Según el reporte de la Prueba “Ser Bachiller”, emitido por el INEVAL (2018), el nivel de logro elemental y el dominio científico de la asignatura de Química fue de 7,06 y, para el siguiente año, fue del 7,47 (INEVAL, 2019).

Respondiendo al plan de estudio de la enseñanza de la asignatura de Química en instituciones educativas ecuatorianas (2022), los LV se convierten en un recurso didáctico para lograr aprendizajes significativos, al ser herramientas informáticas que simulan un laboratorio físico en un entorno virtual seguro y garantizan una comunicación continua

entre estudiantes y docentes, libres de ciertas restricciones de tiempo y el espacio. Los LV propician la adquisición de competencias necesarias para efectuar las prácticas de laboratorio, al replicar varias veces la actividad, fortaleciendo el trabajo autónomo.

Debido a la complejidad en el aprendizaje de la Química, específicamente en la temática de las reacciones químicas inorgánicas, se crea la necesidad de utilizar una herramienta virtual para mejorar el aprendizaje al analizar, identificar y demostrar el proceso de formación de una reacción química, motivando en los alumnos el manejo de las TIC. A continuación, se explica de la forma cómo se da la formación de una reacción química inorgánica, tema de importancia a tratar en este documento.

En la naturaleza, todo lo que nos rodea es una mezcla compleja de sustancias o compuestos formados como consecuencia de las reacciones químicas que ocurren en ella y que continuamente sufren cambios o transformaciones en otras sustancias o compuestos con propiedades y funciones distintas. Los compuestos inorgánicos, por ejemplo, son aquellos que están formados por la combinación de elementos químicos, cuya composición no está basada en la presencia del carbono y el hidrógeno (Asprilla et al., 2022).

Una reacción química inorgánica es un proceso por el cual los átomos, iones o moléculas de una sustancia se transforma en átomos, iones o moléculas de una sustancia química diferente. Así, las sustancias que transforman una reacción se denominan reactivos y las sustancias nuevas que se originan en la reacción se denominan productos (Peterson, 2022).



Ramos Mejía (2020), por su parte, menciona que “el aprendizaje de la Química implica discutir los fenómenos a nivel de lo que no se puede ver y manejar” (p. 95). En ese sentido, es necesario usar modelos explicativos que demuestren estos acontecimientos y que permita que los estudiantes comprendan las realidades, en otro tipo de escalas, incluso, aquellas que son demasiado pequeñas para ser visibles (electrones, iones y moléculas). Para el efecto, Ramos Mejía (2020), sugiere “usar formas novedosas de representación que forman parte del lenguaje especialista de la asignatura” (p.95). De allí la importancia de

usar los LV como recurso didáctico para el fortalecimiento de las reacciones químicas inorgánicas, como alternativa de la enseñanza tradicional, que se basa en las clases magistrales, videos, material bibliográfico teórico y el limitado uso físico del laboratorio.

2. Materiales y métodos

El marco metodológico que orienta la presente investigación se basa en el método cualitativo-cuantitativo, porque permiten explicar y comprender el fenómeno estudiado. La técnica es experimental, registra y analiza las variables para predecir los resultados, es decir, se aplicaron dos pruebas previas y dos posteriores. La técnica de investigación cualitativa utilizada es la entrevista a treinta participantes. Los resultados se evaluaron con la matriz “preguntas de base estructurada” basados en el alcance de aprendizaje de los estudiantes, a través de la diferencia entre las medias de los puntajes de la prueba previa y posterior; y, en el alcance de satisfacción de los estudiantes, con respecto a los parámetros: actitud y entorno de aprendizaje. Los LV fueron el recurso didáctico metodológico utilizado para determinar el impacto del uso de los mismos en el aprendizaje de las reacciones químicas inorgánicas.

La presente investigación pretende apoyar al proceso de enseñanza-aprendizaje en los estudiantes del primero de Bachillerato, sección vespertina en la cátedra de Química, en el tema de las reacciones químicas inorgánicas a través de la implementación de los LV. Para estudiar el efecto de los LV en el fortalecimiento de las reacciones químicas inorgánicas, se realizó una investigación con un enfoque cualitativo – cuantitativo, en la que se propuso establecer una relación entre las variables recurso didáctico, mediante el uso de los LV y el fortalecimiento en el aprendizaje de las reacciones químicas inorgánicas.

Adicionalmente, considerando que el método de investigación en palabras de Pereira et al. (2018), es fundamental para cualquier estudio determinado por la forma de cómo lograr algo; y que resulta más fácil cuando se sabe qué hacer y a dónde se quiere llegar, para esta investigación se definió el método cualitativo-cuantitativo, en donde “es importante la interpretación del investigador, sus opiniones sobre el fenómeno en estudio” y los datos numéricos que se obtengan de números estadísticos (p. 67). Así mismo, en el

proceso investigativo, se considera importante la indagación que a decir de Hernández Sampieri (2014), permite que el método cualitativo cobre sentido al tratar los hechos y su interpretación. Con este enfoque, el investigador puede expandirse en la comprensión del hecho o fenómeno investigado.

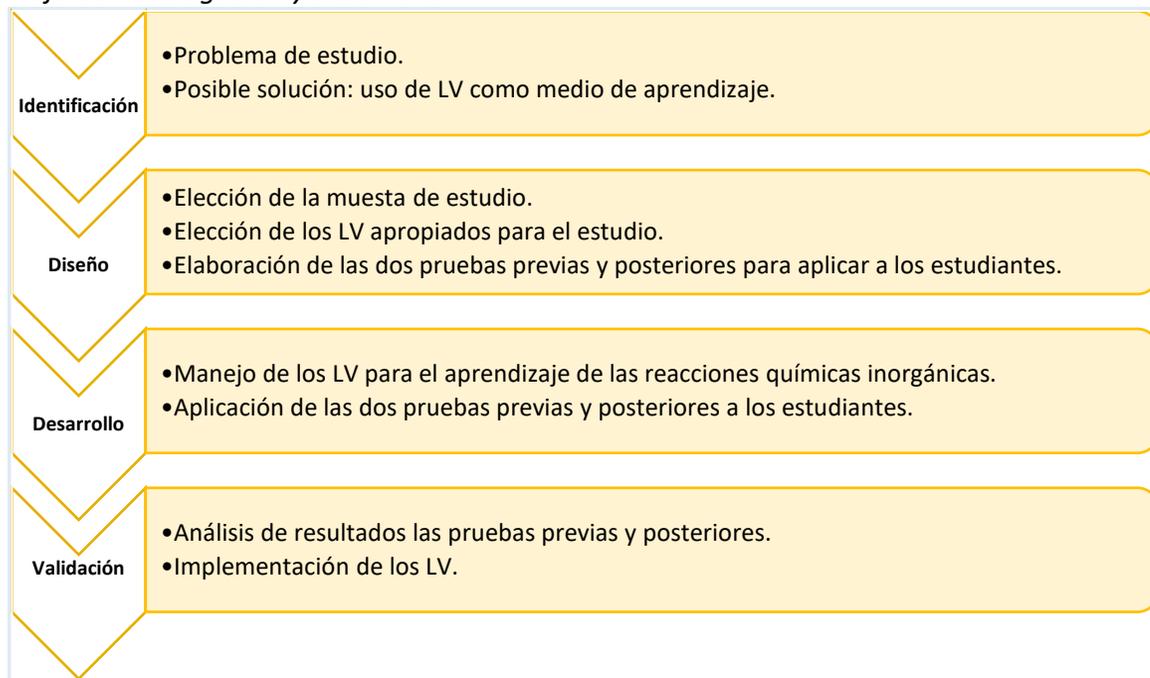
El desarrollo metodológico se organizó en tres fases: **La primera fase**, fue la enseñanza teórica de las reacciones químicas inorgánicas: sus generalidades, formulación y nomenclaturas. Se planificó la evaluación del aprendizaje mediante dos pruebas previas y dos posteriores, a la muestra de 30 estudiantes (42.8%) con las mismas características y seleccionados de una población de 70 estudiantes (100%), según el criterio de las dificultades en el aprendizaje de las reacciones químicas inorgánicas.

En la **segunda fase**, en cambio, se evaluaron los conocimientos de las reacciones químicas inorgánicas, antes y después del uso de los LV. Para ello se aplicó la primera prueba teórica, que fue un test de conocimientos generales acerca de la formulación de las reacciones químicas inorgánicas. El test estuvo conformado por diez preguntas; cada una de ellas con cuatro ítems de opción múltiple. El segundo test fue una encuesta diseñada con la escala de tipo Likert, para obtener información acerca de la predisposición y actitud de los estudiantes para aprender a través del uso de LV. Como consecuencia, se aplicaron dos test como pruebas posteriores: en la primera prueba, se evaluaron conocimientos generales después del uso de los LV. Esta prueba también estuvo estructurada por diez preguntas, con cuatro ítems de tipo opción múltiple. La segunda prueba, una encuesta como posprueba constituida por nueve preguntas con respuestas de tipo Likert para medir los dominios del entorno de aprendizaje de los LV, durante las clases de química.

En una **tercera fase** se estudió la implementación de los LV para la enseñanza de las reacciones químicas inorgánicas. Para la extracción de los datos se operó mediante la utilización del programa estadístico IBM SPSS STATISTICS versión 25; se empleó una estadística descriptiva, usando las medias ponderadas con el propósito de analizar el rendimiento de los estudiantes en el aprendizaje de las reacciones químicas inorgánicas, las actitudes y el entorno de aprendizaje. Además, en esta misma fase se analizó la prueba *t* para establecer si existe diferencia entre los resultados obtenidos de la prueba previa y

posterior, antes y después de la implementación de los LV como recurso didáctico para el fortalecimiento del aprendizaje de las reacciones químicas inorgánicas. Finalmente, se aplicó una entrevista a los participantes para evaluar las ventajas y desventajas del uso de los LV y para conocer sus opiniones sobre la experiencia de aprendizaje enfocado a la implantación de los LV como se visualiza en la Figura 1.

Figura 1
Flujo de investigación y desarrollo.



En cuanto a la técnica utilizada en esta investigación, esta es de carácter experimental, registra y analiza las variables para predecir los resultados, en este sentido se aplicaron dos pruebas previas y dos posteriores. En el proceso investigativo se utilizó la técnica de la entrevista aplicada a treinta participantes. Los resultados se evaluaron con la matriz sobre “Preguntas de base estructurada” basados en el nivel de aprendizaje de los estudiantes, a través de la diferencia entre las medias de los puntajes de la prueba previa y la prueba posterior; y, en el nivel de satisfacción de los alumnos, con respecto a los criterios: actitud y entorno de aprendizaje. Los LV fueron el recurso didáctico utilizado para medir la influencia de su utilización en el aprendizaje de las reacciones químicas inorgánicas.

En cuanto a la población, se trabajó con 70 estudiantes de primer año de bachillerato de la institución educativa Sayausi de sostenimiento fiscal de la ciudad de Cuenca-Ecuador.

La muestra de análisis estuvo conformada por 30 estudiantes del primero de bachillerato de dos grupos o paralelos (A y B), que cursan la asignatura de Química, es decir, el 42,8% (30) del total de la población o universo de estudio.

3. Resultados

De acuerdo con la primera fase, donde se realizó la enseñanza teórica de las reacciones químicas inorgánicas y, luego, la segunda fase, en la cual se evaluaron los conocimientos de las reacciones químicas inorgánicas, antes y después del uso de los LV, en la primera prueba previa se alcanzaron los siguientes resultados de las encuestas:

El 71,7% (aproximadamente 22 estudiantes) de los encuestados afirmaron que durante sus años de estudios no se les ha evaluado mediante el uso del LV, por lo que este es un primer diagnóstico inicial. Estos resultados permiten identificar la importancia de contar con un historial previo, ayuda a que se pueda hacer retroalimentación a medida que avance el trabajo y se corrijan errores de uso de LV sobre la marcha. Este debe ser un primer indicio de estudio para que otros investigadores puedan continuar reforzando la utilización de este recurso didáctico.

Adicionalmente, a pesar de que el 54,3% (aproximadamente 16 estudiantes) elige a la formulación de compuestos químicos como el tema más complicado para su nivel de estudio; los resultados también arrojaron las fortalezas que tiene un LV, ya que el 69,6% de los estudiantes (aproximadamente 21) aseguran que esta herramienta podría fomentar la investigación y el aprendizaje de las reacciones químicas e incluso el 56,5% (17 estudiantes) lo considera el más adecuado para este propósito.

Con el objetivo de analizar los componentes básicos que estructuran una práctica de laboratorio, en la primera encuesta realizada, como prueba, se evaluaron los dominios del entorno de aprendizaje de los LV para la enseñanza de las reacciones químicas inorgánicas como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2

Nivel de evaluación de los dominios del entorno de aprendizaje de los laboratorios virtuales. Laboratorios de la Universidad Autónoma de México (UNAM), Laboratorios de Simulación University of Colorado (PHET), Laboratorios Funded by Meity Ministry of Electronics and Information Technology (OLABS)

Dominios del entorno de aprendizaje	Laboratorios de la unam		Laboratorios de simulación phet		Laboratorios "olabs"	
	Media	Interpretación verbal	Media	Interpretación verbal	Media	Interpretación verbal
Objetivos de la práctica	4,23	Alto positivo	4,10	Alto positivo	4,57	Alto positivo
Integración de contenidos	4,10	Alto positivo	4,33	Alto positivo	3,73	Positivo
Material del entorno	4,47	Alto positivo	4,33	Alto positivo	4,23	Alto positivo
Apoyo al maestro	4,27	Alto positivo	4,10	Alto positivo	4,00	Alto positivo
Orientación de tareas	4,07	Alto positivo	4,27	Alto positivo	4,17	Alto positivo
Investigación	4,60	Alto positivo	4,40	Alto positivo	4,37	Alto positivo
General	4,29	Alto positivo	4,26	Alto positivo	4,18	Alto positivo

Se puede observar el nivel de evaluación de los dominios del entorno de aprendizaje de los estudiantes con la utilización de los LV como recurso didáctico en la enseñanza de las reacciones químicas inorgánica. Los resultados antes referidos provienen de la encuesta realizada a los estudiantes de la presente investigación para lo cual se utilizaron tres laboratorios en este caso de la Universidad Autónoma de México (UNAM), Universidad de Colorado (PHET) y Ministerio de Electrónica y Tecnología de la Información de Amrita Vishwa Vidyapeetham (OLABS), laboratorios que son gratuitos y de libre acceso.

Sobre la evaluación de dominios de mayor a menor, tenemos los siguientes resultados:

- Investigación: Laboratorio de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (4,60)
- Objetivo de practica: Online Labs (OLABS) (4,57)
- Material del entorno: Laboratorio de la UNAM (4,47)
- Integración de contenidos: Laboratorios de simulación PhET (4,33)
- Apoyo al maestro: Laboratorio de la UNAM (4,27)
- Orientación de tareas: Laboratorios de simulación PhET (4,27)

La información referida constituye un ejemplo de evaluación positiva que tiene la utilización de los componentes básicos que estructuran una práctica de laboratorio virtual entendido como recurso didáctico de importancia en el proceso educativo. Los resultados referidos pueden corroborarse con los estudios realizados por Achuthan et al. (2018); Penn y Ramnarain (2019) y Kolil et al. (2020), quienes manifiestan que los LV son una herramienta de apoyo pedagógico y didáctico para los estudiantes, ver Tabla 3.

Tabla 3

Rendimiento de los estudiantes en relación a los resultados obtenidos del Pretest y Postest utilizando los LV en la enseñanza de reacciones químicas inorgánicas

Puntuación Pretest MEDIA	Puntuación Postest MEDIA	Puntaje en el aumento del rendimiento
71,0	84,9	19,58%

De acuerdo con la **Tabla 3** se analiza el rendimiento que obtuvieron los estudiantes en función del puntaje de la prueba previa que fue del 71,0 (valor de la media) y de la prueba posterior que fue del 84,9 (valor de la media) en relación a la evaluación de los conocimientos generales de la formulación de las reacciones químicas inorgánicas. En consecuencia, con estos resultados se puede observar un aumento del 19,58% (13,9 puntos) en su rendimiento; por tal motivo, se puede deducir que esta herramienta didáctica contribuye para el fortalecimiento del aprendizaje de reacciones químicas inorgánicas mediante el uso de LV, presentan un impacto positivo en el rendimiento de los estudiantes, lo que se puede comprobar debido a que la media de la prueba posterior es mayor a la media de la prueba previa.

Estos resultados se pueden confirmar con las investigaciones realizadas por Peechapol (2021); Tsai et al. (2021); Dilafruz (2022) y Sasmito y Sekarsari (2022), en los que se obtuvieron resultados positivos en relación a los logros de los estudiantes en el aprendizaje de la Química mediante el uso de LV.

Tabla 4

Comparación de los resultados del Pretest y Postest utilizando los LV como recurso didáctico en la enseñanza de las reacciones químicas inorgánicas

IC 95%		T	gl	P
Inferior	Superior			
-1,7727	-0,43415	-3,377	29	0,002

En la **Tabla 4** se comparan los resultados conseguidos de las medias de la prueba previa y posterior. Estos resultados se sometieron al análisis de la prueba t, en donde $p=0 < 0.05$, aspecto que condujo al rechazo de la *Ho* (*hipótesis nula*) y a la aceptación de la *Ha* (*hipótesis alternativa*), debido a que las medias entre la prueba previa y la prueba posterior son significativamente diferentes.

Se puede inferir que, el manejo de los LV como recurso didáctico mejora el aprendizaje de las reacciones químicas inorgánicas. Resultados similares se validan con los estudios realizados por Torres (2017); Duan et al. (2020); Santos y Prudente (2020); Tsai et al. (2021); Dilafruz (2022) y Sasmito y Sekarsari (2022).

4. Discusión

De la entrevista realizada a los estudiantes como prueba posterior se identificaron varias ventajas que se obtienen como resultado del uso de los LV como recurso didáctico para el fortalecimiento de las reacciones químicas inorgánicas, tales como: explicaciones más efectivas de los conceptos teóricos, ejecución de prácticas que de otra forma serían imposibles de realizar a través de un laboratorio físico tradicional, elaboración de experimentos paso a paso, flexibilidad en horarios, fáciles de usar, minimización de los riesgos al momento de realizar la práctica, participación de un mayor número de estudiantes de forma asíncrona, además de disminuir los gastos de la institución en la adquisición de equipos, sustancias químicas y material de laboratorio. En cambio, entre las principales desventajas del LV, según los resultados, es la dependencia de una computadora, laptop o celular que cumpla con los requerimientos tanto de software como de Hardware, así como una conexión óptima a internet.

Consecuentemente, con el retorno al estudio de una modalidad virtual a presencial, se evidenció la existencia de grandes falencias en el conocimiento, esto conlleva, a evidenciar la poca motivación de los estudiantes hacia algunas asignaturas que, a decir de Sasmito y Sekarsari (2022), podría deberse a la monotonía de los medios usados tradicionalmente, como el aprendizaje basado en libros de texto u otros métodos convencionales aplicados, a pesar de estar en la virtualidad. Por lo tanto, la utilización de los LV como recurso didáctico constituye una herramienta de aprendizaje válida y eficaz para fortalecer la comprensión y la motivación de los estudiantes con respecto al aprendizaje de las reacciones químicas inorgánicas.

En palabras de Tejedor et al. (2020), factores como la desmotivación, tiempo, conectividad, infraestructura, afectaron de manera directa en el rendimiento académico en época de pandemia; en ese entorno, los simuladores virtuales constituyen una oportunidad para practicar y reforzar aquellas habilidades y competencias prácticas que se vuelven complejas. Para otros autores como Peechapol (2021); Calderón et al. (2016) y Kolil et al. (2020), el trabajo en laboratorios virtuales aporta para el fortalecimiento de competencias y para alcanzar un aprendizaje integral, que conducen a la comprensión conceptual, al crecimiento cognitivo e intelectual del sujeto.

Según el currículum de la enseñanza de la asignatura de Química en los establecimientos educativos ecuatorianos (2022), los LV se convierten en un recurso didáctico o herramienta de aprendizaje significativa que simula a un laboratorio físico en un entorno seguro, sin restricción de tiempo ni espacio. Para Ramos Mejía (2020), los LV se convierten en un recurso didáctico acertado para la enseñanza de la química, para mejorar el aprendizaje de forma novedosa y como alternativa a la enseñanza tradicional.

Los resultados obtenidos han demostrado que los LV tienen un efecto positivo en el logro de aprendizajes, permite establecer una adecuada relación entre teoría y práctica, potencia la comprensión de conceptos fundamentales de la formulación química, etc. Esto se demuestra debido a que la media de la prueba posterior (84,9, valor de la media) es más alta que la prueba previa (71,0, valor de la media) de los test de conocimientos generales de las reacciones químicas inorgánicas.

Los LV facilitan el trabajo de laboratorio al permitir ejecutar prácticas que no se puedan implementar debido a razones físicas o de seguridad y favorecen el espacio académico para que los estudiantes entiendan los conceptos y los fenómenos que ocurren en química y que no son fácilmente visibles. De ahí que, es importante recomendar evaluaciones constantes del uso de LV para detectar las debilidades sobre la marcha, especialmente, cuando los resultados arrojan que el 69,6% (13,9 puntos) lo considera como una herramienta válida para la investigación y el aprendizaje de química.

5. Conclusiones

Esta investigación evaluó el impacto de la utilización de LV como recurso didáctico válido y eficaz para fortalecer la comprensión y la motivación de los estudiantes con respecto al aprendizaje de las reacciones químicas inorgánicas. Los resultados obtenidos demostraron que los LV tienen un efecto positivo en el logro de aprendizaje y motivación en los educandos, ayudándoles a comprender mejor los conceptos de la formulación química, permitiendo relacionar la teoría con la práctica. Esto se puede demostrar debido a que la media de la prueba posterior es más alta que la prueba previa en los test realizados de conocimientos generales de las reacciones químicas inorgánicas, así, los LV facilitan el trabajo de laboratorio al permitir ejecutar prácticas que no se puedan implementar debido a razones físicas o de seguridad.

En ese sentido cabe destacar que los LV no representan una oportunidad para reemplazar los laboratorios físicos, sino que se vuelven una herramienta complementaria de apoyo pedagógico y didáctico para los docentes, ya que una de las fortalezas de los LV es romper con la estructura tradicional de las prácticas de laboratorio, además de, sus limitaciones de espacio, de tiempo, de peligrosidad, etc., aportando así, a una nueva perspectiva de trabajo desde el campo de la tecnología.

A partir de este estudio es posible proponer otras líneas de investigación centradas en otros tipos de tecnologías como el uso de la inteligencia artificial o la realidad aumentada en la educación.

Referencias bibliográficas

- Abellán, J. (2018). El programa de Historia para la educación básica 2018 en México. Concepciones sobre el aprendizaje, las estrategias y las actividades didácticas. *Clío y Asociados*, (26), 38-57. <https://doi.org/10.14409/cya.v0i26.7233>
- Achuthan, K., Kolil, V. K., y Diwakar, S. (2018). Using virtual laboratories in chemistry classrooms as interactive tools towards modifying alternate conceptions in molecular symmetry. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2499-2515. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9727-1>
- Aguilar-Gordón, F. (2020). Del aprendizaje en escenarios presenciales al aprendizaje virtual en tiempos de pandemia. *Estudios pedagógicos*, 46(3), 213-223. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052020000300213>
- Aguilar-Gordón, F. y Chamba-Zarango, A. (2019). Reflexiones sobre la filosofía de la tecnología en los procesos educativos. *Revista Conrado*, 15(70), 109-119. <https://doi.org/http://orcid.org/0000-0002-9886-6878>
- Ahmed, V., y Opoku, A. (2021). Technology supported learning and pedagogy in times of crisis: the case of COVID-19 pandemic. *Education and Information Technologies. Springer US*, 27. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10706-w>
- Alves, E., y Faria, D. (2020). EDUCATION IN TIMES OF PANDEMIC: Lessons learned and shared. *Revista Observatório*, 6(2), 1-18. <https://doi.org/10.20873/uft.2447-4266.2020v6n2a16en>
- Angsoyiri, D. (2021). Mobile Virtual Laboratory as Innovative Strategy to Improve Learners' Achievement, Attitudes, and Learning Environment in Teaching Chemistry. *International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research*, 2(5), 141-151. <https://doi.org/10.11594/ijmaber.02.05.04>
- Asprilla, F., Meneses, J., y Caballero, M. (2022). Revisión bibliográfica sobre la enseñanza y aprendizaje del concepto de reacción química. *Revista Multidisciplinar Ciencia Latina*, 6(4), 1353-1382. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2664
- Avci, F. (2022). Teaching the “acid–base” subject in biochemistry via virtual laboratory during the COVID-19 pandemic. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 50(3), 312-318. <https://doi.org/10.1002/bmb.21625>
- Awad, B., y Street, A. F. (2014). Empowerment of Teaching and Learning Chemistry. *African Journal of Chemical Education (AJCE) 2014*, 4(Part II), 34-47. <https://doi.org/DOI:10.1088/1742-6596/1521/4/042079>
- Calderón, E., Flores, F., Gallegos, L., Martínez, G., Ramírez, J., y Castañeda, R. (2016). Laboratorios de ciencias en el bachillerato: tecnologías digitales y adaptación docente. *Revista de Innovación Educativa*, 8(1), 48-65. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-61802016_000200004
- Castillo, S. (2008). Propuesta pedagógica basada en el constructivismo para el uso óptimo de las TIC en la enseñanza de la matemática, 11, 171-194. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-24362008000200002

- Cózar, R., De Moya, M., Hernández, J., y Hernández, J. (2016). Conocimiento y uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (tic) según el estilo de aprendizaje de los futuros maestros. *Formación Universitaria*, 9(6), 105-118. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062016000600010>
- Dilafruz, M. (2022). The effectiveness of a virtual laboratory in teaching chemistry. *Web of Scientist: International Scientific Research*, 3(3), 2776-0979. <https://wos.academiascience.org/index.php/wos/article/view/1091>
- Duan, X., Kang, S. J., Choi, J. I., y Kim, S. K. (2020). Mixed reality system for virtual chemistry lab. *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, 14(4), 1673-1688. <https://doi.org/10.3837/TIIS.2020.04.014>
- Fraser, B., Tobin, K., y McRobbie, C. (2012). Second International Handbook of Science Education. (B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie, Eds.), 2012 (Second Edi). Australia: Springer Dordrecht Heidelberg London New York. <https://eclass.uowm.gr/modules/document/file.php/ELED261/%CE%86%CE%BD%CE%BD%CE%B1%20%CE%A3%CF%80%CF%8D%CF%81%CF%84%CE%BF%CF%85/Literature/2012%20International%20Handbook%20of%20Science%20Education.pdf>
- Gutiérrez, L. (2012). Conectivismo como teoría de aprendizaje: conceptos, ideas, y posibles limitaciones. *Revista Educación y Tecnología*, 1, 1-12. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4169414.pdf>
- Heredia, Y., y Sánchez, A. (2022). *Teorías del aprendizaje en el contexto Educativo*. Editorial Digital Tecnológico de Monterrey. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2s2pp87.16>
- Hernández, R. (2018). La estrategia didáctica frente a los estilos de aprendizaje en la educación superior. *Educación Médica*, 19(2), 227. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2017.10.034>
- Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill Education (Sexta). México: McGraw-Hill. <https://www.esup.edu.pe/wpcontent/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%Ada%20Investigacion%20 Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (INEVAL, 2018). Proceso ser bachiller. Quito.
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (INEVAL, 2019). Matemática y Química fueron las materias más afectadas por la emergencia en Ecuador. Ecuador.
- Jakkula, S. K., Endla, P., Dugyala, P., y Kumaraswamy, T. (2020). Collaborative Learning through Virtual Labs in Engineering Education. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 981(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/981/2/022095>
- Kolil, V. K., Muthupalani, S., y Achuthan, K. (2020). Virtual experimental platforms in chemistry laboratory education and its impact on experimental self-efficacy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1), 01-22. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00204-3>
- Llorens, J., y Berzosa, S. (2012). Caracterización del ambiente de aprendizaje en un laboratorio de química general mediante método de investigación social. *Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 30(1), 5-22, en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/36794>

- Marcano, K., y Cedeño, M. (2019). Uso de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje del contenido “Enlace Químico y sus Propiedades”, centrado en habilidades cognitivas en estudiantes de educación media chilena. *Revista Educación Las Américas*, 9, 30-53. <https://doi.org/10.35811/rea.v9i0.61>
- Menéndez, R. B., Velázquez, R. V., Lesvel, A., Landin, C., Roberto, P., y Tamayo, V. (2019). El uso de las tecnologías de la información y la comunicación en el aprendizaje de la química. *UNESUM-Ciencias: Revista Científica Multidisciplinaria*, 3(2), 71-80. <http://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/149/115>
- Moreno, M. (2008). El estudiante ante la diversidad de situaciones en la era digital. *Apertura*, 8(8), 35-50. <https://www.redalyc.org/pdf/688/68811215001.pdf>
- Nainggolan, B., Hutabarat, W., Situmorang, M., y Sitorus, M. (2020). Developing innovative chemistry laboratory workbook integrated with project-based learning and character-based chemistry. *International Journal of Instruction*, 13(3), 895-908. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13359a>
- Oliver, M. (2010). An Exploratory Case Study of Olympiad Students’ Attitudes towards and Passion for Science. *International Journal of Science Education*, 33(16), 1-40. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.550654>
- Orhan, D., Filiz, O., y Kurt, A. (2018). Student teachers’ perceptions on Educational Technologies’ past, present and future. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 19(1), 136-146. <https://doi.org/10.17718/tojde.382782>
- Ortíz, C. (2009). Estrategias didácticas en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista de educación y pensamiento*, 16, 63-72. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4040156>
- Palacios, A., Loor, J., Macías, W., y Macías, K. (2020). Abad Eduardo Palacios-Dueñas. Incidencia de la tecnología en el entorno educativo del Ecuador frente a la pandemia del covid-19. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 5(10), 754-773. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7659427>
- Peechapol, C. (2021). Investigating the Effect of Virtual Laboratory Simulation in Chemistry on Learning Achievement, Self-efficacy, and Learning Experience. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(20), 196-207. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i20.23561>
- Penn, M., y Ramnarain, U. (2019). A comparative analysis of virtual and traditional laboratory chemistry learning. *Perspectives in Education*, 37(2), 80-97. <https://doi.org/10.18820/2519593X/pie.v37i2.6>
- Perazzo C, Jiménez L, y Heras J. (2021). Estrategias Socio-Pedagógicas para la educación virtual en el marco de la Pandemia por Covid-19, En Ecuador. *Revista Publicando*, 8(29), 1-10. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7878150>
- Pereira, A., Shitsuka, D., Parreira, F., y Shitsuka, R. (2018). *Método Qualitativo, Quantitativo ou Quali-Quantitativo*. Metodologia da Pesquisa Científica. https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.
- Pérez , P., y Martínez I, S. (2021). Estudiantes de ELE en el ámbito universitario de la Economía. *Revista Española de Lingüística Aplicada/Spanish Journal of Applied Linguistics*, 34(2), 611-641. <https://doi.org/10.1075/resla.20001.can>

- Peterson, W, R. (2022). *Nomenclatura de las sustancias químicas*. (ProQuest Ebook Central, Ed.) (Quinta). Editorial Reverté. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9788429195620_A39479162/preview-9788429195620_A39479162.pdf
- Pritchard, A. (2009). *Ways of Learning. Learning theories and learning styles in te classroom*. (Routledge, Ed.). <https://www.epitropakisg.gr/grigorise/ways%20of%20learning.pdf>
- Ramos Mejía, A. D. los Á. (2020). Enseñar química en un mundo complejo. *Educación Química*, 31(2), 91. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.2.70401>
- Rodríguez, C., y Silva, M. (2020). As TIC como apoio pedagógico no ensino de química: possibilidades formativas de professores e inclusão de alunos. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1-14. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3155/4931>
- Rodríguez Cepeda, R., Casas Mateus, J. A., y Martínez Cárdenas, D. E. (2020). Laboratorio de química bajo contexto: insumo para el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, 47, 33-52. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/11334>
- Sandoval, M., Mandolesi, M., y Cura, R. (2013). Estrategias didácticas para la enseñanza de la química en la educación superior. *Educ. Educ.* 16(1), 126-138. <https://doi.org/DOI:10.5294/edu.2013.16.1.8>
- Santos, M. L., y Prudente, M. (2020). Effectiveness of Virtual Laboratories in Science Education: A Meta Analysis. *International Journal of Information and Education Technology*, 12(2). <https://www.ijiet.org/vol12/1598-IJiet-3079.pdf>
- Sasmito, A. P. y Sekarsari, P. (2022). Enhancing Students' Understanding and Motivation During Covid-19 Pandemic via Development of Virtual Laboratory. *Journal of Turkish Science Education*, 19(1), 180-193. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1343779.pdf>
- Subdirección de Currículum y Evaluación. (2017). *Manual de estrategias didácticas: Orientadas para su selección*. (INACAP, Ed.). Universidad Tecnológica de Chile. https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-216076_recurso_pdf.pdf
- Talanquer, V. (2018). Formación docente ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química*, 15(1), 52. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.1.66216>
- Tejedor, S., Cervi, L., Tusa, F. y Parola, A. (2020). Educación en tiempos de pandemia: reflexiones de alumnos y profesores sobre la enseñanza virtual universitaria en España, Italia y Ecuador. *Revista Latina*, 78, 1-21. <https://doi.org/10.4185/rlcs-2020-1466>
- Torres, F. (2017). Laboratorios virtuales como estrategia para la enseñanza de la química. *Universidad Autónoma de México*, 148, 148-162. <https://recursos.educoas.org/sites/default/files/5208.pdf>
- Tsai, C. Y., Ho, Y. C., y Nisar, H. (2021). Design and validation of a virtual chemical laboratory—an example of natural science in elementary education. *Applied Sciences*, 11(21), 6. <https://doi.org/10.3390/app112110070>

Modelo de un sistema de alerta basado en visión artificial para la prevención de aglomeraciones en el transporte público

Model of a machine vision-based alert system for crowd prevention in public transportation

Lucia Cárdenas¹, Andrea Pipino², María Teresa Donadio³, Paulo Picota⁴

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, Panamá; lucia.cardenas@utp.ac.pa; <https://orcid.org/0009-0007-2849-2720>

²Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, Panamá; andrea.pipino@utp.ac.pa; <https://orcid.org/0009-0004-4931-7145>

³Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, Panamá; maria.donadio@utp.ac.pa; <https://orcid.org/0009-0009-1628-8284>

⁴Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, Panamá; paulo.picota@utp.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0003-2639-6798>

Fecha de recepción: 21-08-2024

Fecha de aceptación: 15-10-2024

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v8n2.a6571>

Resumen: La inteligencia artificial se ha convertido en una parte integral de muchas aplicaciones y servicios que utilizamos a diario. Este artículo presenta el diseño de un modelo que utiliza tecnologías de visión artificial para detectar e identificar la concentración de personas y generar alertas según los valores, proporcionados por un algoritmo de clasificación específico para aglomeraciones. El proyecto está enfocado en la atención al público panameño. Teniendo en cuenta que, actualmente, las empresas de transporte no cuentan con herramientas que permitan el manejo de datos para obtener información sobre las condiciones de los pasajeros lo largo de las diferentes rutas. El objetivo principal es desarrollar un modelo que pueda detectar aglomeraciones en tiempo real y lograr proporcionarles información a los operadores de transporte sobre la cantidad de usuarios en los buses, y como resultado mejorar el proceso de toma de decisiones. Se utilizan librerías aplicadas a la visión artificial, con el fin de proponer una solución eficiente y rápida que, además, permite una mejora continua, facilitando la gestión y la prevención de las aglomeraciones. Como resultado, el sistema propuesto detectó las aglomeraciones en un 84.04 %, demostrando la posibilidad de la optimización del flujo de pasajeros.

Palabras clave: Visión artificial, algoritmo de clasificación, transporte público, aglomeración.

Abstract: Artificial intelligence has become an integral part. Of the many applications and services that we use on a daily basis. This paper presents the design of a model that uses artificial vision technologies to detect and identify the concentration of people and generate alerts according to the values. Provided by a specific classification algorithm for crowds. The project is focused on serving the Panamanian public. Considering that currently transportation companies do not have tools that allow the management of data to obtain information about the conditions. Of the passengers along the different routes. The main objective is to develop a model that can detect agglomerations in real time and provide information to transport operators about the number of users on the buses, and as a result, improve the decision-making process. Libraries applied to artificial vision are used in order to propose an efficient and fast solution, which also allows

continuous improvement, facilitating management. Prevention of overcrowding. As a result, the proposed system detected 84.04% of crowds, demonstrating the possibility of optimizing passenger flow.

Keywords: Artificial vision, classification models, public transportation, agglomeration.

1. Introducción

En la sociedad vemos la presencia de grandes concentraciones de personas en escenarios como el transporte público, centros comerciales y eventos, de modo que presentan una limitante para el desarrollo de diversas actividades. Este fenómeno no solo afecta el flujo de personas, sino también genera obstáculos debido al continuo aumento de la cantidad de individuos en un espacio determinado (Barbierato et al., 2020; Bilotta et al., 2018). Adicional, las aglomeraciones pueden dar lugar a un incremento en los niveles de estrés y ansiedad, disminuyendo su bienestar emocional y físico (Martínez, n.d.); de la misma manera, contribuye a la sensación de falta de seguridad. Ante este escenario surge la interrogante sobre ¿cómo podemos evitar la concentración excesiva de personas? Para abordar esta situación, se plantea que contar o detectar personas en una multitud de manera precisa y en tiempo real requiere de un enfoque actualizado y eficaz. Con este fin se podrían emplear técnicas tradicionales de conteo o control de personas; sin embargo, dada la gran cantidad de individuos involucrados, resulta complicado y nada práctico realizar un conteo manual. Por lo tanto, se necesita recurrir a nuevas tecnologías que permitan agilizar, facilitar y disminuir la carga de trabajo sobre el personal encargado de gestionar el entorno.

La visión artificial es una tecnología que emplea algoritmos avanzados y modelos matemáticos para analizar imágenes y videos. Estos algoritmos permiten al sistema identificar patrones y extraer información relevante de los datos visuales, lo que facilita el procesamiento automatizado. Estos algoritmos son aptos para interpretar datos visuales en términos de estructuras y conexiones, lo que le permite realizar tareas más complejas como el reconocimiento de objetos, la detección de movimiento y la identificación de características específicas en una imagen, lo que es óptimo para implementar en una solución orientada al problema, anteriormente, presentado (Sheng-Fuu Lin et al., 2001).

La gestión de aglomeraciones con inteligencia artificial ha surgido como una respuesta innovadora a los desafíos planteados por la creciente urbanización (Surasak et al., 2018;

Chaudhary et al., 2021). Tras una reunión con una empresa de transporte público en la ciudad de Panamá, se observó que, actualmente, no cuentan con un sistema para monitorear en tiempo real el estado de los pasajeros dentro de los buses, incluyendo la cantidad de personas a bordo.

Ante esta necesidad, se propone el diseño y desarrollo de un prototipo basado en visión artificial para prevenir aglomeraciones, optimizando así la gestión del flujo de pasajeros, que utiliza conceptos de visión artificial para detectar las aglomeraciones, permitiendo así un mejor manejo de recursos y seguridad con respecto a las decisiones que podría tomar la empresa al administrar las rutas basadas en datos en tiempo real (Baumann et al., 2022). En este sentido, se plantea que la implementación del diseño preliminar mejorará la precisión en la detección de pasajeros en espacios cerrados, lo que permitirá gestionar con mayor rendimiento las multitudes y optimizar la toma de decisiones operativas en tiempo real.

2. Materiales y métodos

- **Diseño**

Para el planteamiento del diseño de prototipo realizamos diversas reuniones con empresas panameñas de transporte público, quienes expusieron sus limitaciones actuales en relación con la problemática del monitoreo interno de los vehículos de transporte colectivo, la realidad de las aglomeraciones no controladas y los beneficios que tendría el obtener información en tiempo real de la cantidad de personas en un vehículo de transporte colectivo. Del mismo modo, con profesores de la Universidad Tecnológica de Panamá especializados en inteligencia artificial se desarrollaron sesiones de capacitación para familiarizarnos con las librerías aplicadas en esta área.

Basados en la información recopilada en las entrevistas y los artículos científicos revisados, se extrajeron varios métodos para el conteo de personas utilizando “*deep learning*” (Bhangale et al., 2020), entre los cuales algunos procedimientos para el análisis de características incluían la detección de cabezas, caras y/o cuerpos; con esto podemos efectuar una comparación y conocer, cuál implementar para el desarrollo del prototipo.

- **Desarrollo**

Para el desarrollo del prototipo se emplearon librerías, comúnmente, utilizadas en visión artificial como son opencv, tensorflow, numpy, math, entre otras; que facilitaron la programación para la detección de personas en tiempo real por medio de una cámara web, inicialmente, se programaron dos métodos de detección de objetos, uno aplicando opencv y el otro tensorflow, como observamos en la Figura 2 y Figura 3, con el propósito de conocer sus diferencias, facilidades y limitaciones; así pues, se gestionan observaciones y características, definiendo las librerías a emplear con base en las pruebas, la rapidez de procesamiento y la simplicidad de código.

Figura 2
Reconocimiento de objetos con opencv.

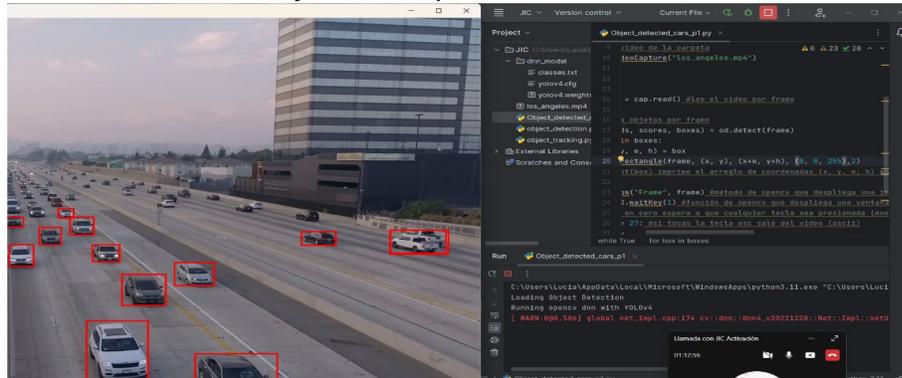
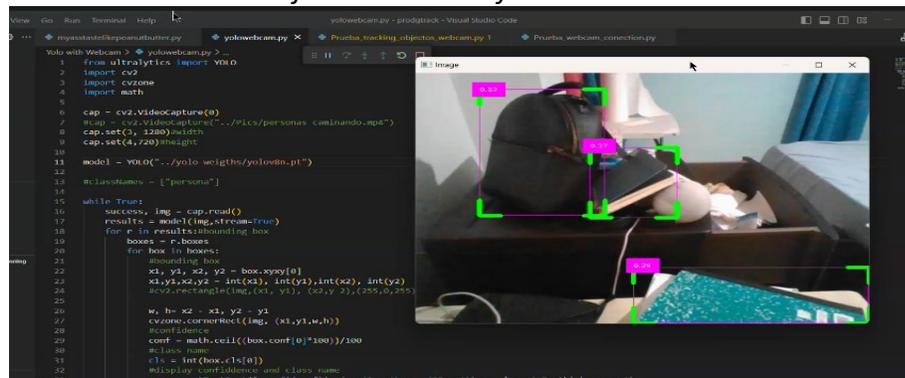


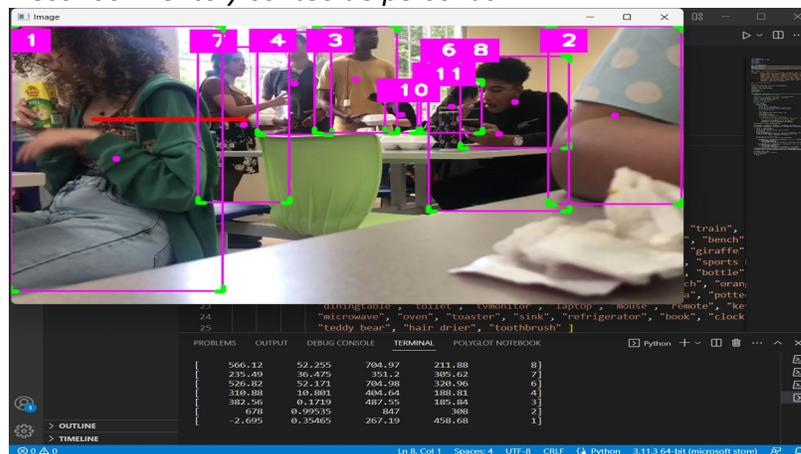
Figura 3
Reconocimiento de objetos con tensorflow.



Con el uso de ambas librerías se programó un algoritmo para la detección, rastreo y conteo de personas (Figura 4), por consiguiente, al unir el modelo de clasificación de aglomeraciones y el algoritmo de detección de objetos, se consiguen respuestas más precisas y rápidas, por otra parte, mejoramos a velocidad de procesamiento cambiando la ejecución del programa a la GPU (Unidad de Procesamiento Gráfico) de nuestros equipos.

El modelo de detección de personas y aglomeraciones fue desarrollado utilizando redes neuronales convolucionales, adaptadas al programa según las necesidades y los resultados esperados. Es importante destacar que el modelo de clasificación de aglomeraciones aún se encuentra en fase de desarrollo, ya que, fue, específicamente, diseñado y entrenado para esta investigación, lo que permite mantener un control más preciso sobre los parámetros.

Figura 4
Reconocimiento y conteo de personas.



En cuanto a la programación del modelo de clasificación de aglomeraciones dividimos su desarrollo en cinco etapas:

- a) **Recopilación y preparación de datos:** Para esta etapa se buscaron datos representativos los cuales fueron etiquetados en dos clases que representan el objetivo que queremos clasificar para este proyecto. En particular, las clases etiquetadas como “Aglomerado” y “No aglomerado”. Se realiza un reajuste para normalizar los valores de píxeles en las imágenes y, finalmente, se utiliza un filtro

para eliminar los elementos de los datos que no concuerden con el formato de archivo aceptado.

- b) **Diseño de la arquitectura de la red:** El modelo construido tiene una arquitectura convolucional seguida de capas de “*MaxPooling*” para extraer y reducir las características de las imágenes. Luego, estas se aplanan y se pasan a través de capas, densamente, conectadas para realizar la clasificación final. (Sahoo et al., 2019; Wang et al., 2023; Gao et al., 2020).
- c) **Entrenamiento del modelo:** Se establece el tamaño de las muestras de entrenamiento, validación y prueba. Luego, se define la cantidad de veces que se iterará en el conjunto de datos de entrenamiento y determinar los valores de pérdida y precisión.
- d) **Evaluación:** Basándonos en los valores de pérdida y precisión registrados, determinamos si el modelo necesita modificaciones o más datos con el fin de minimizar la pérdida y aumentar la precisión de sus respuestas.
- e) **Ajuste y optimización:** Durante este proceso se incrementa, considerablemente, la cantidad de imágenes desde un lote de 800 hasta 1545, con el fin de mejorar la precisión; sin embargo, aún necesita mejoras en algunos aspectos.

Este modelo, combinado con la programación anterior y la impresión de alertas forman el sistema propuesto en el artículo.

Manejo de alertas

El manejo de alertas implica informar sobre los datos detectados por el modelo, donde utilizamos un enfoque basado en una indicación visual en pantalla. Mediante esta indicación, se muestra la cantidad de personas registradas y se determina el estado de aglomeración del área, utilizando una escala de probabilidad que va de 0 a 1. Esta visualización facilita la comprensión de los datos y permite observar los cambios a lo largo del tiempo para una mejor monitorización y evaluación al momento de analizar los resultados de las pruebas. El manejo de alerta resulta uno de los objetivos más importantes, porque establece la conexión entre el programa y el usuario, dando a conocer

los datos en tiempo real que serán utilizados por el usuario para las decisiones en sus empresas.

Pruebas de prevención

Se realizaron un total de tres pruebas en espacios controlados, esto permite un mejor manejo de las variables (cantidad de personas y estado del área) y facilita la obtención de los datos, determinando el funcionamiento del sistema donde se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

Cantidad de personas

- Iluminación
- Espacio lo más parecido a un bus
- Espacios vacíos en el lugar de pruebas
- Espacios vacíos entre las personas

Prueba 1: Al igual que la prueba anterior, se realizó en un salón de clases. Se seleccionó una muestra de 12 personas y se colocó la cámara a un costado para obtener una mejor visualización, como se aprecia en la Figura 5. El objetivo principal fue determinar cuándo el sistema registraba si el área estaba “No aglomerada” o “Aglomerada”.

Prueba 2: En esta prueba, se utilizó otro salón de clases, pero se colocó la cámara en la esquina opuesta respecto a la Prueba 1, para obtener un ángulo de visión diferente. Se seleccionó una muestra de cinco (5) personas. El propósito principal fue determinar cómo respondía el sistema ante diferentes niveles de iluminación.

Prueba 3: Esta prueba se llevó a cabo en un pasillo estrecho. Se seleccionó una muestra de 14 personas y se colocó la cámara en la esquina superior de la entrada, por donde ingresaban las personas. El objetivo principal fue recopilar más datos sobre las predicciones del prototipo y evaluar su precisión al controlar la cantidad de personas presentes, con el fin de alcanzar la probabilidad deseada en cada caso.

Estas pruebas fueron diseñadas para evaluar y recopilar datos sobre el rendimiento del prototipo en distintas situaciones y condiciones. Los resultados obtenidos proporcionarán información relevante para determinar la precisión y la eficacia del modelo.

Figura 5
Prueba 1 del prototipo.



3. Resultados

Las pruebas fueron analizadas por recuadro de imagen que captaba la cámara en el video, se analizaba la probabilidad esperada y la obtenida, lo mismo respecto a la cantidad de personas. Finalmente, se capturaron los datos divididos en el entorno de las pruebas realizadas:

- Mucha luz y mucho espacio.
- Poca luz y poco espacio.
- Mucha luz y poco espacio.

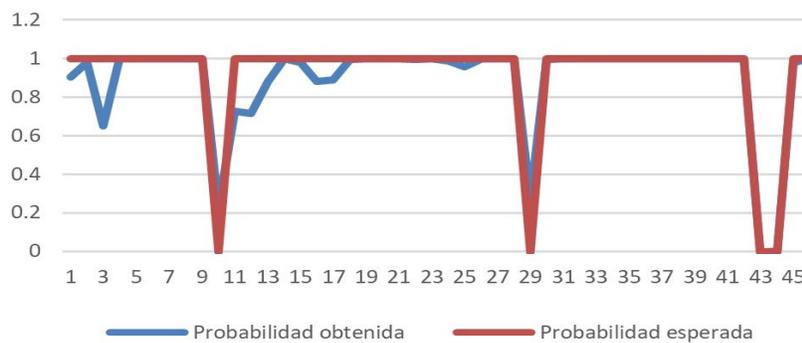
A cada prueba se le generaron gráficas y una probabilidad, conociendo la certeza del programa y sus limitaciones.

Prueba 1 (mucha luz y espacio): Fue de las más acertadas en ambos aspectos (cantidad de personas y probabilidad de aglomeración), Figuras 6 y 7, obteniendo que, cuarenta de cuarenta y siete recuadros reconocieron, correctamente, la cantidad de personas.

Figura 6
Cantidad de personas de la prueba.



Figura 7
Probabilidad de aglomeración de la prueba 1.



Prueba 2 (poca luz y espacio): Al tener un nivel de luz poco apropiado obtuvimos datos poco exactos cuando la zona estaba poco aglomerada, conseguimos que veintidós de veintinueve recuadros fueron resultados positivos, Figuras 8 y 9, es importante mencionar que estos datos positivos son para cuando había aglomeración en el área.

Figura 8
Cantidad de personas de la prueba.

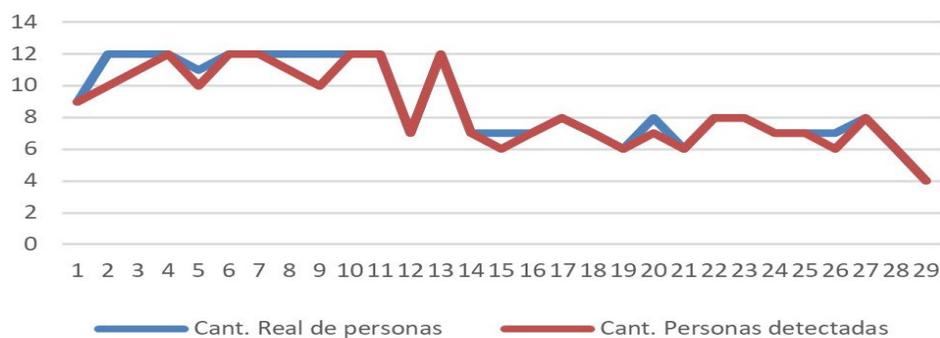
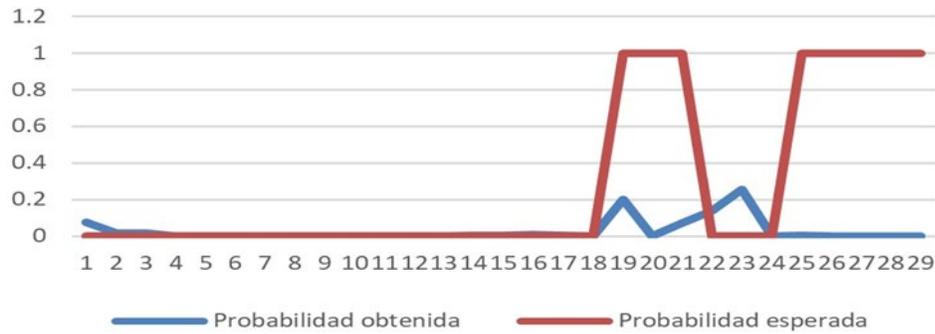


Figura 9
Probabilidad de aglomeración de la prueba 2.



Prueba 3 (mucha luz y poco espacio): En este caso la probabilidad de no aglomeración fue baja, la presencia de muchos muebles provocó que fuera menor comparada con la prueba 1, pero no incorrecta al momento de identificar que el lugar no estaba aglomerado Figuras 10 y 11.

Figura 10
Cantidad de personas de la prueba 3.

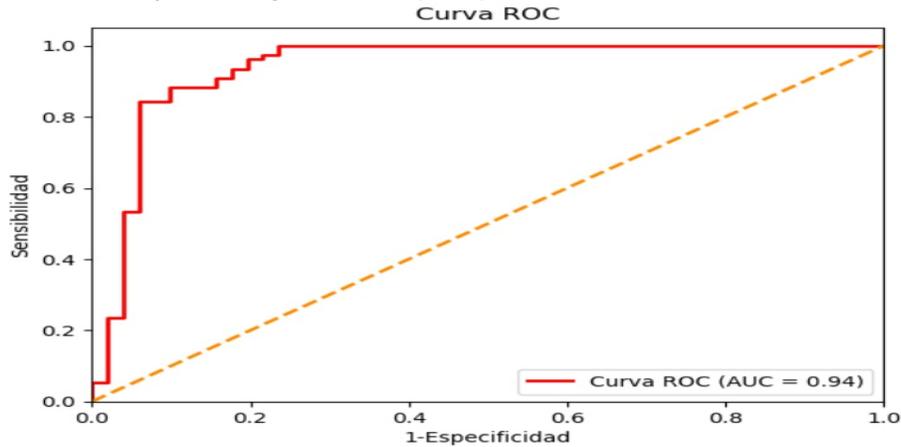


Según los resultados obtenidos y considerando cada escenario, se obtuvo un 84.04% de precisión en la detección de aglomeraciones.

La Figura 12 muestra la curva ROC que describe la precisión con la que el modelo realiza las predicciones sobre las clases de aglomerado y no aglomerado. El área bajo la curva (AUC) de esta gráfica muestra que el modelo posee un alto rendimiento para las tareas de clasificación que estamos ejecutando, luego del entrenamiento y las pruebas de laboratorio realizadas.

Figura 12

Curva de características de operador receptor (ROC) del modelo entrenado y área bajo la curva (AUC).



4. Discusión

En este estudio se desarrolló un sistema que permite detectar aglomeraciones y personas utilizando redes neuronales convolucionales, con el objetivo de proporcionarles información a los operadores de transporte sobre la cantidad de pasajeros en los buses a lo largo de las rutas. El uso de estas redes con un entrenamiento prolongado y un “dataset” extenso se pueden obtener valores de precisión cada vez más altos, como sucede en el estudio (Nogueira et al., 2019).

La alta precisión alcanzada por el modelo puede atribuirse a la arquitectura utilizada y a las técnicas de procesamiento de datos aplicadas, como la normalización y el aumento de datos; estas técnicas permitieron al modelo distinguir mejor sobre las variaciones en las imágenes, como diferentes iluminaciones y posiciones de las personas. Estos resultados también se ven en el trabajo de (Baumann et al., 2022) donde mencionan que el uso de CNN para el conteo de personas en el transporte público es, computacionalmente, eficiente y proporciona resultados precisos con respecto a otras técnicas.

Finalmente, podemos mencionar que existen otros métodos para el reconocimiento y detección de objetos en imágenes, como la segmentación espaciotemporal de imágenes y la clasificación de características utilizando algoritmos de “clustering”, como se presenta en el estudio de (Galic & Loncaric, n.d.). Además, en aplicaciones similares en el área del

transporte público, se han planteado diferentes enfoques, como la utilización de redes WiFi para el conteo de personas, procedimiento que ha demostrado ser muy ventajoso para la obtención de datos a largo plazo (Hidayat et al., 2018). Sin embargo, el enfoque aplicado en este proyecto resulta ser el más apropiado para las condiciones y el área geográfica en la que se encuentra ubicado, aprovechando las ventajas de las técnicas de visión artificial disponibles.

5. Conclusiones

Se ha demostrado la relevancia significativa del modelo propuesto para la detección de aglomeraciones en espacios cerrados. Las pruebas realizadas han evidenciado que el uso de librerías de visión artificial para contar personas presenta un gran potencial al reducir el tiempo y aumentar la capacidad de detección en un periodo determinado. Además, facilita la identificación de áreas amontonadas de manera instantánea.

El modelo presentado cuenta con ventajas inherentes, como un margen y potencial de mejora sucesiva debido a su relación con tecnologías de inteligencia artificial. Esto permite que pueda progresar, constantemente, para aumentar su precisión y obtener resultados óptimos. Si bien la implementación de esta tecnología puede ser, relativamente, sencilla debido a los avances actuales. Es importante considerar las limitaciones relacionadas con la calidad del hardware utilizado para capturar y procesar las imágenes. Aunque no es imprescindible visualizar en tiempo real el estado del área de interés mientras se generan las alertas, contar con una GPU acelera, significativamente, la velocidad de procesamiento y análisis de imágenes.

En última instancia, es importante destacar que, aunque se han realizado trabajos similares en otros países, esta investigación proporciona un enfoque novedoso para el sistema de transporte panameño. Además, resalta la versatilidad y utilidad de las herramientas de visión artificial para abordar problemas de la vida cotidiana y los desafíos que enfrentan las organizaciones responsables del transporte en su rutina operativa.

Con base en lo expuesto, se pueden proponer algunas recomendaciones para trabajos futuros. Por ejemplo, se puede mejorar el sistema de reconocimiento entrenando el

modelo en tiempo real a medida que se realizan las pruebas, lo cual permitiría que aprenda a clasificar y diferenciar los estados del área de estudio de manera más precisa. Además, en el contexto del transporte en Panamá, se podría desarrollar un sistema que utilice las cámaras instaladas en los autobuses para gestionar de manera centralizada las alertas y optimizar la toma de decisiones en el centro de logística en tiempo real, aplicando también un sistema de manejo eficiente.

Referencias Bibliográficas

- Afonso, E., Thulliez, P., Pontier, D. y Gilot-Fromont, E. (2007). Toxoplasmosis in prey species and consequences for prevalence in feral cats: Not all prey species are equal. *Parasitology*, 134(14), 1963–1971. <https://doi.org/10.1017/S0031182007003320>
- Abbas, A., Jayaprakash, P. O., Anitha, M., & Jaini, X. V. (2017). Crowd detection and management using cascade classifier on ARMv8 and OpenCVPython. *2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICIIECS.2017.8275988>
- Barbierato, E., Gribaudo, M., Iacono, M., & Levis, A. H. (2020). Evaluating the Safety of Crowds in Enclosed Spaces by Markovian Agents. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 353, 61–75. <https://doi.org/10.1016/j.entcs.2020.09.019>
- Baumann, D., Sommer, M., Schrempp, Y., & Sax, E. (2022). Use of Deep Learning Methods for People Counting in Public Transport. *2022 International Conference on Connected Vehicle and Expo (ICCVE)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICCVE52871.2022.9742924>
- Bhangale, U., Patil, S., Vishwanath, V., Thakker, P., Bansode, A., & Navandhar, D. (2020). Near Realtime Crowd Counting using Deep Learning Approach. *Third International Conference on Computing and Network Communications (CoCoNet'19)*, 171, 770–779. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.084>
- Bilotta, E., Vaid, U., & Evans, G. W. (2018). Environmental Stress. En L. Steg & J. I. M. De Groot (Eds.), *Environmental Psychology* (pp. 36–44). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119241072.ch4>
- Chaudhary, D., Kumar, S., & Dhaka, V. (2021). Estimating crowd size for public place surveillance using deep learning. *Deep learning and big data for intelligent systems*, 175–197. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65661-4_9
- Correa, J. J. (2019). Identificación de factores de riesgo en eventos con aglomeración de personas en la ciudad de Bogotá. <http://hdl.handle.net/10654/32326>
- Dichev, C., & Dicheva, D. (2017). Towards Data Science Literacy. *International Conference on Computational Science, ICCS 2017, 1214 June 2017, Zurich, Switzerland*, 108, 2151–2160. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.240>
- Galic, S., & Loncaric, S. (2000). Spatio-temporal image segmentation using optical flow and clustering algorithm. 63–68. <https://doi.org/10.1109/ISPA.2000.914892>

- Gao, G., Gao, J., Liu, Q., Wang, Q., & Wang, Y. (2020). *CNN-based Density Estimation and Crowd Counting: A Survey* (arXiv:2003.12783). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2003.12783>
- Hidayat, A., Terabe, S., & Yaginuma, H. (2018). WiFi Scanner Technologies for Obtaining Travel Data about Circulator Bus Passengers: Case Study in Obuse, Nagano Prefecture, Japan. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2672(45), 45–54. <https://doi.org/10.1177/0361198118776153>
- Lin, S.-F., Chen, J.-Y., & Chao, H.-X. (2001). Estimation of number of people in crowded scenes using perspective transformation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, 31(6), 645–654. <https://doi.org/10.1109/3468.983420>
- Nogueira, V., Oliveira, H., Silva, A., Vieira, T., & Oliveira, K. (2019). RetailNet: A deep learning approach for people counting and hot spots detection in retail stores. 155–162. <https://doi.org/10.1109/SIBGRAPI.2019.00029>
- Sahoo, K., Samal, A. K., Pramanik, J., & Pani, S. K. (2019). Exploratory Data Analysis using Python. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(12), 4727–4735. <https://doi.org/10.35940/ijitee.I3591.1081219>
- Surasak, T., Takahiro, I., Cheng, C., Wang, C., & Sheng, P. (2018). Histogram of oriented gradients for human detection in video. *2018 5th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR)*, 2018, 172–176. <https://doi.org/10.1109/ICBIR.2018.8391187>
- Wang, R., Tan, F., Yang, K., Hao, Y., Li, F., & Yu, X. (2023). LCNNet: Light-weight convolutional neural networks for understanding the highly congested scenes. *J. Intell. Fuzzy Syst.*, 45, 2. <https://doi.org/10.3233/JIFS-224081>

Desafíos en la adquisición del subjuntivo para estudiantes sinohablantes: comparación gramatical y propuestas didácticas

Challenges in subjunctive acquisition for chinese-speaking students: grammatical comparison and teaching strategies

Xinyu Zhang¹, Gloria Jordán Mazzo²

¹Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Lingüística Aplicada, España; xinyucris@hotmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-1061-1090>

²Universidad de Panamá, Facultad de Humanidades, Departamento de Español, Panamá; glojorma2004@yahoo.com; <https://orcid.org/0009-0001-6632-5022>

Fecha de recepción: 24-09-2024

Fecha de aceptación: 06-11-2024

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v8n2.a6572>

Resumen: Este trabajo investiga las dificultades que enfrentan los estudiantes sinohablantes en la adquisición del subjuntivo durante la etapa inicial del aprendizaje del español como lengua extranjera. El marco teórico incluye una comparación detallada entre las estructuras gramaticales del español y el chino, destacando las diferencias en los modos verbales y tiempos. El objetivo del estudio es identificar los principales obstáculos que los estudiantes chinos enfrentan al aprender el subjuntivo y proponer estrategias didácticas para superarlos. La metodología se basa en un análisis comparativo de estudios previos y encuestas realizadas por investigadores, quienes documentaron los errores más comunes en la selección del subjuntivo entre los estudiantes chinos. Los principales resultados muestran que los estudiantes confunden frecuentemente el subjuntivo con el indicativo, y experimentan dificultades en la conjugación de verbos y el uso de pronombres personales. El estudio concluye que la metodología tradicional utilizada en China no proporciona suficientes herramientas para la correcta adquisición del subjuntivo, y propone la implementación del modelo pedagógico de Ruiz Campillo (2004), que enfatiza un enfoque lógico y comunicativo en lugar de memorización.

Palabras clave: sinohablantes, aprendizaje de lenguas, gramática española, adquisición del subjuntivo, adquisición del español

Abstract: This study examines the difficulties faced by Chinese-speaking students in acquiring the subjunctive during the initial stage of learning Spanish as a foreign language. The theoretical framework includes a detailed comparison between the grammatical structures of Spanish and Chinese, highlighting the differences in verbal moods and tenses. The aim of the study is to identify the main challenges Chinese students face when learning the subjunctive and to propose teaching strategies to overcome them. The methodology is based on a comparative analysis of previous studies and surveys conducted by researchers such as Priego-Casanova, Zu, and Shen, who documented the most common errors in selecting the subjunctive among Chinese students. The main findings indicate that students often confuse the subjunctive with the indicative and struggle with verb conjugation and the use of personal pronouns. The study concludes that the traditional methodology used in China does not provide sufficient tools for the correct acquisition of the subjunctive and suggests the implementation of Ruiz Campillo's (2004) pedagogical model, which emphasizes a logical and communicative approach rather than rote memorization.

Keywords: Chinese speakers, language learning, Spanish grammar, subjunctive acquisition, Spanish acquisition

1. Introducción

El subjuntivo es uno de los aspectos gramaticales más complejos para los estudiantes sinohablantes que aprenden español como lengua extranjera (ELE). La dificultad radica en las grandes diferencias entre las estructuras sintácticas y los sistemas gramaticales del chino y del español, lo que genera confusión en el uso correcto de los modos verbales, especialmente en la selección entre indicativo y subjuntivo. La carencia de una estructura equivalente al modo subjuntivo en el idioma chino intensifica estas diferencias lingüísticas, lo que incrementa la complejidad en la enseñanza y el aprendizaje del español (Dong & Liu, 2014).

El presente estudio tiene como objetivo identificar las principales dificultades que enfrentan los sinohablantes en la etapa inicial del aprendizaje del subjuntivo y proponer estrategias didácticas que faciliten su adquisición. Basado en un marco teórico que compara los sistemas gramaticales del chino y del español, este trabajo analiza datos obtenidos de investigaciones previas y encuestas realizadas por Priego-Casanova (2018), Zu (2018) y Shen (2018), quienes han documentado los errores más comunes en la selección del subjuntivo entre estudiantes chinos. Además, se presenta el modelo pedagógico propuesto por Ruiz Campillo (2004), que ofrece un enfoque lógico y comunicativo para la enseñanza del subjuntivo, contrastando con los métodos tradicionales basados en la memorización.

El estudio busca contribuir a una comprensión más profunda de las dificultades que enfrentan los sinohablantes al aprender el subjuntivo, y a mejorar las estrategias de enseñanza, promoviendo un enfoque más efectivo y adecuado para esta población estudiantil.

2. Situación general de la enseñanza del subjuntivo del español en China

Tomando los manuales de Español moderno (2014), que son un conjunto de manuales que se utilizan en las universidades chinas para enseñar la gramática, podemos observar en

la novena lección del segundo volumen, que la conjugación y el uso del presente de subjuntivo aparece por primera vez. Pero antes del desarrollo de la unidad, en el manual no hay una breve introducción sobre el concepto del subjuntivo para los alumnos. El método didáctico empleado también refleja el modelo de explicación chino típico: primero es dar una explicación del uso utilizando la lengua china, y luego dar algunas oraciones de ejemplo como explicación y suplemento del uso sobre el subjuntivo. Por ejemplo, Si el verbo de la oración principal expresa deseos, imperativos, órdenes, etc., y el sujeto de la oración principal y el sujeto de la oración subordinada son inconsistentes, cuando esto es así, el verbo subordinado lo empleamos en subjuntivo. Las explicaciones de los cuatro tiempos verbales del subjuntivo se refuerzan con textos ejemplificativos en los manuales, esto se ve desde la novena lección del segundo volumen hasta la última lección del tercer volumen. Casi todas las explicaciones sobre el subjuntivo se plasman desde la perspectiva de la semántica. La mayoría de los estudiantes chinos solo memorizan o hacen ejercicios de gramática para memorizar el uso del subjuntivo. Es común que los estudiantes no encuentren en los manuales las suficientes herramientas gramaticales que les permitan una completa comprensión del uso del subjuntivo.

3. Análisis comparativo del modo del subjuntivo presente de los idiomas español y chino

El idioma chino pertenece a la familia sino-tibetana, mientras que el español es una lengua romance que desciende del latín. Los dos provienen de dos familias de idiomas distintas, estos dos idiomas tienen poco en común debido a su lejanía lingüística y geográfica. "Obviamente, las diferencias entre chino y español y entre las dos culturas son muy grandes, y hay diferencias en los dos idiomas, niveles pragmáticos y niveles culturales, es fácil tener problemas de comunicación, (...)" (He, 2008). Debido a que este trabajo se centra en el estudio del subjuntivo, a continuación, compararemos y analizaremos el modo subjuntivo presente del español y del chino para explicar mejor los diferentes usos entre estos dos idiomas. Por lo general, este modo se usa con el fin de expresar apreciaciones, sentimientos, deseos, juicios de valor, emociones, probabilidades, etc. No obstante, el sistema del idioma chino es completamente diferente al del español. No contiene los

mismos modos ni tiempos verbales. Sin embargo, tiene su propia forma de expresar el mismo comportamiento o situación que el uso del subjuntivo el español. A continuación, hacemos algunas comparaciones sobre el uso del presente de subjuntivo entre el español y el chino.

(1) Expresión de deseos

pronombre personal omitido	presente del indicativo-1ª persona singular	pronombre relativo	pronombre personal omitido	presente del subjuntivo-3ª persona singular
(Yo)	espero	que	(tú)	vengas.
我	希望	---	你	来
[wǒ]	[xī wàng]		[ni]	[lái]
↑	↑		↑	↑
pronombre personal nunca se omite	verbo infinitivo nunca se conjuga		pronombre personal nunca se omite	verbo infinitivo nunca se conjuga

Como se muestra en el ejemplo anterior, la estructura de la oración es V1 (primer verbo) + QUE + V2 (segundo verbo). Cuando V1 expresa deseos (como querer, desear, esperar, etc.), duda o emociones (como dudar, preocupar, temer, sorprender, etc.), también se puede representar el juicio (como aconsejar, recomendar, etc.), el verbo V2 debe estar en el modo de subjuntivo. Es decir, cuando V1 y V2 se refieren a dos sujetos diferentes y V1 afecta el comportamiento de V2, V2 aparece en subjuntivo. Como en el ejemplo citado, es necesario usar el modo de subjuntivo debido a que las acciones del hablante (V1) intentan influir en el comportamiento del oyente (V2). Por el contrario, en el chino, no importa lo que signifique el verbo V1, no afectará a la forma del verbo V2. Ambos verbos aparecen en la forma indicativo.

Expresión de posibilidades

Adverbio de duda ↓	marcador temporal ↓	pronombre personal omitido ↓	presente del subjuntivo-3º persona plural ↓
Tal vez	mañana	(nosotros)	ganemos.
也许	明天	我们	会赢
[yě xǔ]	[míng tiān]	[wo mēn]	[hui yíng]
↑	↑	↑	↑
adverbio de duda	marcador temporal	pronombre personal nunca se omite	verbo infinitivo nunca se conjuga

Cuando el hablante usa adverbios de dudas tales como posiblemente, ojalá, tal vez, quizá(s), probablemente, acaso, etc., expresando que no está seguro de la autenticidad del evento o expresa una suposición, el predicado de la oración debe ser virtual, se puede usar el indicativo o el subjuntivo. La posibilidad del uso del indicativo es mayor que el subjuntivo, y las personas eligen el modo según la posibilidad de realización de acciones. En el ejemplo anterior, el hablante no está seguro de si va a ganar, por lo que usa adverbios de dudas, tal vez, expresando la posibilidad. En el español, se permite usar el subjuntivo para expresar incertidumbre. Esto es muy diferente de la expresión china: en el chino, los verbos siempre aparecen en la forma infinitiva, y no hay cambio en el modo ni el tiempo.

En resumen, a través de la comparación anterior, se puede observar que el español y el chino son muy diferentes en cuanto a la estructura de las oraciones:

1. La conjugación de verbos del español puede presentar un grado de dificultad para los estudiantes chinos. Porque en el chino, el verbo no necesita ser conjugado. Sin embargo, en español, el verbo debe conjugarse de acuerdo con diferentes personas, tiempo y modo.
2. El pronombre personal debe aparecer en una oración china porque es imposible conocer al hablante por la conjugación del verbo. Sin embargo, los pronombres personales en español pueden omitirse en la mayoría de los casos. Entonces, para los principiantes chinos, identificar el sujeto de una oración española no es una tarea fácil.

3. En español puede identificarse el tiempo a través de la conjugación de verbos. Como el chino no tiene conjugación verbal, tiempos del chino debe expresarse a través de los marcadores temporales. Por lo tanto, el tiempo verbal del español puede presentar un grado de dificultad para los estudiantes chinos.

A través del análisis comparativo entre el español y el idioma chino, ya podemos imaginar que los pronombres personales, la conjugación verbal y los tiempos son difíciles y complicados para los estudiantes chinos. En la siguiente parte, se combina el cuestionario para resumir y determinar los principales problemas de los estudiantes chinos con el uso del subjuntivo.

4. Resumen de las dificultades del aprendizaje del subjuntivo para los sinohablantes a base de las encuestas.

El propósito de este capítulo es encontrar los obstáculos gramaticales del subjuntivo en los estudiantes chinos durante la etapa inicial. Basándonos en los hallazgos de las investigaciones realizadas por Priego-Casanova (2018), Zu (2018) y Shen (2018), se destacarán los errores más frecuentes que cometen estos estudiantes al aprender el subjuntivo.

Priego-Casanova (2018) elaboró una encuesta destinada a identificar las áreas donde los estudiantes chinos de nivel B1 presentan fortalezas y debilidades al elegir el modo indicativo o subjuntivo. Este instrumento asume que los alumnos en dicho nivel ya han adquirido todas las funciones comunicativas y estructuras sintácticas asociadas al subjuntivo. La encuesta consta de 35 preguntas de respuesta vinculadas a diez funciones comunicativas del modo subjuntivo. Las funciones comunicativas evaluadas en el cuestionario, la interrelación de los ítems y la tasa de errores están presentadas en la Tabla 1, adaptadas según Priego-Casanova (2018).

Tabla 1

Funciones comunicativas del cuestionario, relación de ítems y porcentaje de error (adaptado de Priego-Casanova, 2018)

Funciones comunicativas	Total ítems	Porcentaje de error
1. Expresar acuerdo y desacuerdo	2	59%
2. Expresar desconocimiento	2	59%
3. Proponer y sugerir	3	50%
4. Expresar opinión y valoración	3	39%
5. Expresar emociones y sentimientos	2	37%
6. Dar información	10	33%
7. Expresar deseos	4	30%
8. Expresar gustos, intereses y preferencias	3	29%
9. Expresar posibilidad y certeza	4	26%
10. Expresar obligación y necesidad	2	14%

En esta tabla, se clasifica la tasa de error de cada función de mayor a menor. En general, el porcentaje de error en la función uno (1) y la función dos (2) es la más alta, ambas tienen un 59%; seguidos por un 50% en la función tres (3) y un 39% en la función cuatro (4).

Debemos observar que el porcentaje de error no solo se ve afectado por la cantidad de personas que hacen elecciones incorrectas, sino que la cantidad de ítems correspondientes a cada función también afecta el porcentaje de error. Por lo tanto, Priego-Casanova (2018) analiza los puntos del cuestionario que constituye una dificultad para

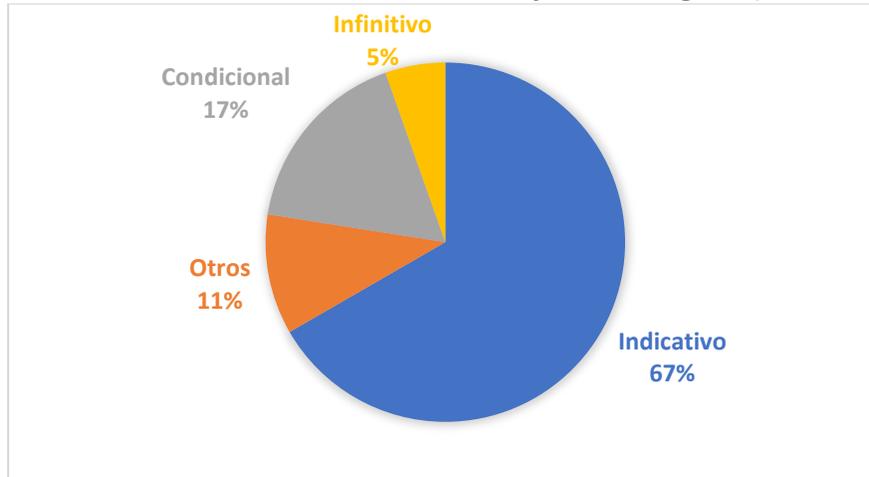
obtener una comprensión más profunda de los ámbitos de error de sus encuestados. Sacan la conclusión de que, además de las cuatro funciones mencionadas anteriormente que los estudiantes confunden fácilmente, la función seis (6), la función nueve (9), y la función siete (7) también tienen un alto porcentaje de error. Priego-Casanova (2018) sostiene que el elevado índice de errores en estas funciones comunicativas está asociado a las estructuras sintácticas y a los elementos semánticos presentes en las oraciones. Por ejemplo, menciona que la función seis (6) suele manifestarse a través de oraciones subordinadas adverbiales de tiempo y propósito, o al constituir complementos circunstanciales que facilitan la alternancia entre el modo indicativo y subjuntivo (Priego-Casanova, 2018).

La correcta selección del modo verbal se ve comprometida cuando los estudiantes no interpretan adecuadamente el contexto de las oraciones. Para las funciones dos (2), (Expresar desconocimiento) y tres (3), (Proponer y sugerir), creen que debido a que los estudiantes están en el nivel B1, estas dos funciones se usan con menos frecuencia en el nivel B1, por lo que los estudiantes pueden no haber comprendido completamente el uso de estas dos funciones, o los estudiantes eligen una estrategia simplificada. Además, resulta notable la alta incidencia de errores en la función uno (1), la cual se utiliza en estructuras sintácticas negativas que únicamente admiten el subjuntivo, como en expresiones tales como 'no estoy de acuerdo', 'no me parece' y 'no puedo'. Estas estructuras son frecuentemente tratadas en los manuales de Español como Lengua Extranjera (ELE), lo que sugiere que los estudiantes aún no han adquirido todo el conocimiento necesario para su uso adecuado.

Según Zu (2018), los estudiantes chinos no poseen una comprensión clara del modo subjuntivo, lo que propicia su confusión con otros modos verbales. En el cuestionario que desarrolló, incluye once preguntas que abarcan ocho contextos comunes donde el uso del subjuntivo es indispensable, abarcando desde oraciones sustantivas hasta estructuras relativas y adverbiales. Según su resultado, se puede encontrar que los estudiantes se sienten más confundidos sobre la elección del modo en las oraciones específicas. Para los estudiantes chinos, el tiempo que es más probable que se confundan con el subjuntivo es el indicativo, como se muestra abajo en la **Figura 1**.

Figura 1

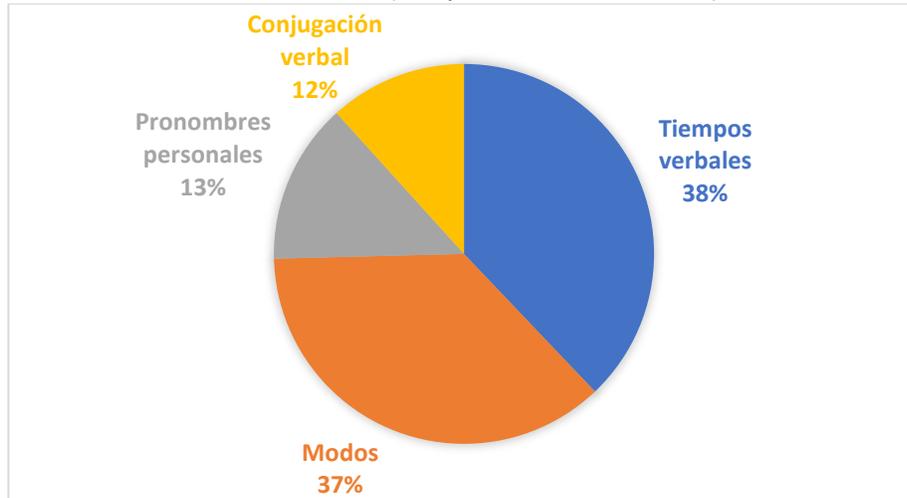
Selecciones erróneas en contextos de subjuntivo obligado (Zu, 2018).



Vemos que el indicativo ocupa una posición bastante prominente. Estos resultados revelan que la mayoría de los alumnos perciben el modo subjuntivo como contrario al indicativo y, además, experimentan confusión respecto a las diferencias de significado entre ambos modos verbales. Esto se debe a que los estudiantes chinos no tienen una comprensión precisa de los valores básicos representados por los modos.

Shen (2018) también encuesta a estudiantes chinos en forma de cuestionarios cuando usan el modo del subjuntivo por escrito. El cuestionario contiene cincuenta (50) oraciones y cincuenta y seis (56) espacios en blanco. Está diseñado para evaluar el dominio de los estudiantes del subjuntivo, y principalmente involucra estos aspectos: la diferencia entre otros modos y el subjuntivo (el uso del subjuntivo), la conjugación verbal del subjuntivo, y la elección de tiempos verbales del subjuntivo. Para más información, consulte la **Figura 2**.

Figura 2
Estadísticas de causa de error (adaptado de Shen, 2018).



Según la Figura 2, se puede encontrar que los estudiantes tienen una mayor confusión sobre la elección del modo, especialmente el indicativo, lo que es muy similar al resultado de Zu (2018) que mencionamos anteriormente. Además, los estudiantes presentan dudas en la elección de los tiempos verbales del subjuntivo. También hay algunos estudiantes que tienen errores en la elección de los pronombres personales. Al mismo tiempo, el cuestionario también revela problemas de escritura de los estudiantes con algunos verbos irregulares del subjuntivo, tales como: *ir, dar, ver, estar, ser, poder, poner, divertir (se), morir y traer*.

Con base en los estudios realizados por investigadores como Priego-Casanova (2018), Zu (2018) y Shen (2018), hemos identificado y consolidado los errores más frecuentes que cometen los sinohablantes al aprender el modo subjuntivo:

1. Los estudiantes muestran confusiones en el uso del modo. Para los estudiantes chinos en la etapa inicial, el modo con el que tienen más probabilidad de confusión con el subjuntivo es el indicativo. Los errores observados se deben a que los alumnos chinos no comprenden de manera exacta los conceptos fundamentales que distinguen los distintos modos verbales. Tienden a asociar únicamente el modo indicativo con nociones de 'realidad' y 'objetividad', mientras que el subjuntivo lo relacionan con 'irrealidad' o 'subjetividad'. Es evidente que esto está vinculado a la escasez de

materiales didácticos o explicaciones detalladas en los libros de gramática española destinados a estudiantes chinos, como lo ejemplifica el manual oficial de la carrera de español en la China continental: *Español moderno* (2014).

2. El alumnado también tiene problemas con la escritura, como la conjugación de verbos y los pronombres personales. Esto se debe principalmente a las diferentes estructuras de oración en español y chino, que ya hemos mencionado en la segunda parte. Además, debido al vocabulario insuficiente y a la falta de práctica, los estudiantes no entienden bien el significado de la oración y producen errores.
3. Los alumnos incurren en equivocaciones al emplear el modo subjuntivo en diversas funciones comunicativas, tales como manifestar conformidad o discrepancia, expresar incertidumbre, formular propuestas o sugerencias, y proporcionar información, entre otras. La elevada tasa de errores en estas funciones está asociada a las estructuras sintácticas y a los elementos semánticos presentes en las oraciones. Por ejemplo, las oraciones subordinadas adverbiales de tiempo y propósito complican la correcta elección del modo verbal cuando los estudiantes no comprenden adecuadamente el contexto de las enunciaciones.

5. Aplicación didáctica del subjuntivo en la clase: modelo de Ruiz Campillo

La gramática es uno de los componentes fundamentales para aprender un nuevo idioma, porque es necesario en el proceso de aprender lengua para poder comprender la estructura de esta y hacer un uso correcto. Del mismo modo, para los profesores, enseñar gramática española también es un proceso complicado. En esta parte, analizamos la contribución de José Plácido Ruiz Campillo (2004) en la enseñanza de subjuntivo. Actualmente, el modelo de Ruiz Campillo es muy diferente de las descripciones tradicionales. Por lo tanto, creemos que es necesario proporcionar los puntos más importantes de este modelo en las siguientes partes.

6. Declaración y no-declaración

Ruiz Campillo (2004) cree que "el subjuntivo es lógico", y no requiere de un proceso de memorización. En el modelo explicativo del autor, el concepto de declaración es el núcleo, lo cual puede entenderse como "la expresión formal de lo que un sujeto sabe o piensa" (Ruiz Campillo, 2007: 309). El subjuntivo es un modo no declarado sobre el mismo hecho, y el indicativo es indicativo es un modo declarado del hecho que marca. En otras palabras, cuando la oración principal indica que la cláusula subordinada es de carácter declarativo, se emplea el modo indicativo; en caso contrario, se utiliza el subjuntivo. En este contexto, se introduce el concepto de "matriz", que engloba todo lo que precede a la oración subordinada. "Al referirnos a la matriz, nos referimos siempre al elemento que introduce el verbo cuyo modo estamos analizando y que determina su selección" (Ruiz Campillo, 2007, p. 300). A continuación, analizaremos cuatro tipos de matrices (matrices intencionales, veritativas, valorativas y especificativas) de Ruiz Campillo:

A. Matrices intencionales

Como indica Ruiz Campillo (2004), "Cuando el significado de la matriz implica que lo que le sigue es un destino virtual al que apuntamos" (p. 300). Por ejemplo, las frases siguientes:

- (1) Quiero/Deseo/Necesito que te *cases* conmigo.
- (2) Quiero que me *ayudes*.

Aquí, si digo *quiero que...* apunto a un destino virtual que no es realidad, pero me gustaría que fuera. Es decir, *cases* y *ayudes* solo son deseos, ideas virtuales.

B. Matrices veritativas

Ruiz Campillo (2004) sostiene que las matrices veritativas están diseñadas para gestionar afirmaciones, ya sea para corroborar hechos o para cuestionarlos. Un ejemplo de esto se ilustra en la **Tabla 2**.

Tabla 2
Contextos del subjuntivo (Ruiz Campillo, 2008)

Contexto 2: Matrices veritativas			
Modo Utilizado: indicativo (declarativo)		Modo Utilizado: Subjuntivo (No declarativo)	
Cuando implica una declaración. Yo creo (+) está gordo (+) "Creo que está gordo."		Cuando no implica una declaración No creo (-) está gordo (+) "No creo que esté gordo".	
Matrices veritativas de declaración	de	Matrices veritativas de declaración	de
Afirmar		Suponer	
			
Sé que canta. (indicativo)		Supongo que canta. (indicativo)	
		Es posible que cante. (subjuntivo)	
			Rechazar
			
			Es falso que cante. Es falso que canta.

Para saber si es una declaración, la actitud de la expresión es muy importante. Cuando queremos declarar la información expresada por el verbo, usamos verbos subordinados en indicativo. Sin embargo, usamos un verbo subordinado en subjuntivo cuando no queremos declararla información que ese verbo expresa. Por ejemplo, la matriz *creer que...* implica una opinión del sujeto, así que se usa en indicativo; la matriz *dudo que..., no creo que...* no implica la opinión del sujeto, cuestionando la información, así que se usa en subjuntivo.

C. Matrices valorativas

Las matrices valorativas se refieren a lo que un sujeto piensa sobre un hecho, dando una opinión sobre él mismo. Valorar informaciones se puede interpretar como indicar sentimientos, expresar actitudes, o hacer comentarios, por ejemplo,

- (1) A mí no me gusta que hable inglés.
- (2) Es lógico que hable inglés.
- (3) Me da igual que hable inglés.

Nos enfocamos únicamente en la información subordinada y no tenemos la intención de afirmar que alguien habla inglés; simplemente buscamos expresar lo que conocemos o creemos sobre el hecho, ya sea real o potencial, de hablar inglés.

D. Matrices especificativas

Las matrices especificativas se usan para identificar o no identificar entidades. Cuando usamos una frase de este tipo, usamos el indicativo para señalar que la entidad de la que hablamos (personas, cosas o lugar) está identificada, usamos subjuntivo para señalar que no está identificada todavía. Por ejemplo,

(1) Hoy vamos a hacer la comida que más te **gusta**. [Una comida en particular: pescado.]

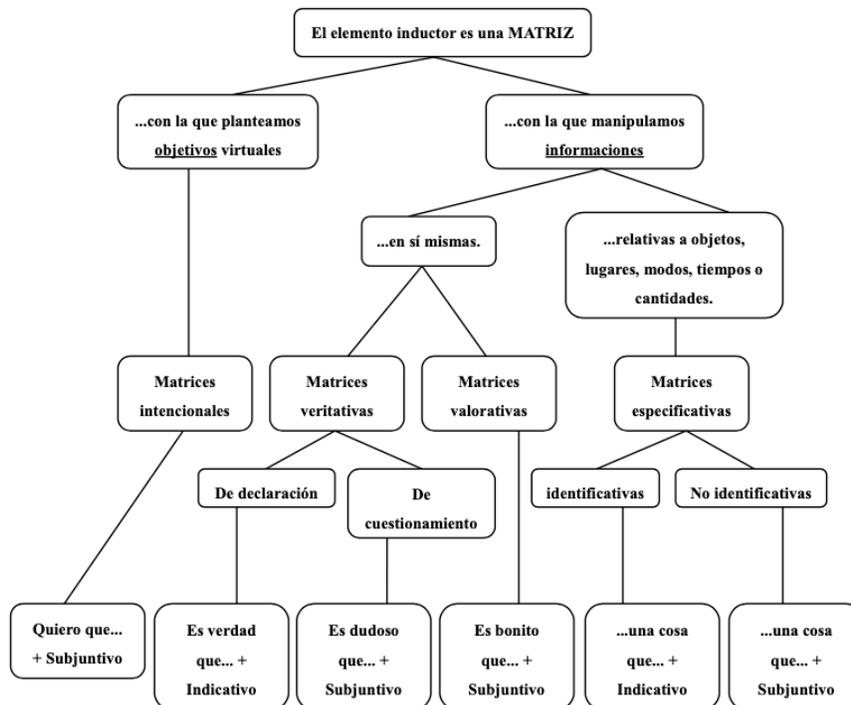
(2) Hoy vamos a hacer una comida que más te **guste**. [Cualquier comida que tú elijas.]

Es decir, cuando no se identifica el sujeto en el antecedente, la oración subordinada se usa en forma subjuntiva; cuando se identifica el sujeto en el antecedente, la oración subordinada está en forma indicativa.

Además de estos contextos, Ruiz Campillo nos ofrece un mapa operativo del subjuntivo (**Figura 3**).

Figura 3

Mapa operativo del modo: la ley (Ruiz Campillo, 2007).



El mapa muestra a los estudiantes las condiciones de uso del modo subjuntivo, en una forma intuitiva, y permite a los estudiantes inferir y reconocer directamente las matrices que utilizan subjuntivo o indicativo, o su elección del modo dependiendo del significado transmitido por la oración. A través de este mapa, el aprendizaje se desvincula de la simple retención de normas gramaticales y de interpretaciones restringidas.

7. Discusión

Creemos que el modelo explicativo de Ruiz Campillo (2004) es el que describe mejor el valor del subjuntivo hasta el momento. Los conceptos de declaración y no-declaración introducidos por Ruiz Campillo facilitan una comprensión más profunda de la alternancia de modos en el español. Creemos que sus sugerencias didácticas ayudarán notablemente a los estudiantes a comprender mejor la naturaleza del subjuntivo.

Como lo que hemos mencionado antes, en el modelo explicativo de Ruiz Campillo, el concepto de declaración es el núcleo. Así que es necesario que los estudiantes entiendan que el concepto de la declaración. Según Priego-Casanova (2018), para los sinohablantes, el concepto de la declaración puede ser muy confuso, debido a que no hay distinción significativa entre explicar y declarar. Las nociones más afines son Biao Shù (表述) y Chan Shù (阐述), las cuales se pueden traducir como interpretar y describir, respectivamente. Así que no es fácil traducir el concepto declarar en el chino. En consecuencia, los profesores deben explicar el concepto de declaración a los alumnos cuidadosamente.

Asimismo, creemos que, para utilizar mejor el método de enseñanza de subjuntivo, además de los valores gramaticales presentados anteriormente, también debemos comprender el lenguaje como una herramienta comunicativa que se depende del contexto, y es necesario comprender los fenómenos de subjuntivo que aparecen en el contexto.

8. Conclusiones

En la primera parte de la investigación, tomando los manuales del Español moderno (2014), que son un conjunto de manuales que se utilizan en las universidades chinas para enseñar la gramática, resumimos el método didáctico del subjuntivo en las universidades

chinas. Casi todas las explicaciones sobre el subjuntivo se plasman desde la perspectiva de la semántica. Y los estudiantes chinos solo memorizan o hacen ejercicios gramaticales para memorizar el uso de subjuntivo. Al mismo tiempo, los estudiantes no tienen suficientes herramientas gramaticales que los ayuden a comprender el uso del subjuntivo. En la segunda parte de la investigación, comparamos el modo subjuntivo y tiempos verbales del español y chino. Observamos que la conjugación de verbos del español, el pronombre personal, y los tiempos pueden presentar un grado de dificultad para los estudiantes chinos. Debido a que la estructura de las oraciones y los hábitos de uso del español y el chino son muy diferentes, estas diferencias afectan a los estudiantes a comprender oraciones en subjuntivo y a cometer errores en la comunicación.

Nos basamos en los datos de los resultados de la encuesta de Priego-Casanova (2018), Zu (2018) y Shen (2018), resumimos los errores comunes de los estudiantes chinos en el proceso de aprendizaje del subjuntivo. En primer lugar, los estudiantes tienen algunos problemas con los pronombres personales y la conjugación de verbos, lo cual se refleja en nuestro análisis de la segunda parte.

En segundo lugar, se observa que los aprendices chinos tienden a confundir con facilidad los modos indicativo y subjuntivo. Esta confusión surge debido a que no poseen una comprensión clara del subjuntivo, lo que facilita su mezcla con otros modos verbales. Además, los estudiantes frecuentemente erran al utilizar el subjuntivo en diversas funciones comunicativas, tales como expresar conformidad o discrepancia, manifestar incertidumbre, formular propuestas o sugerencias, y proporcionar información, entre otras. Estos elevados niveles de error en las funciones comunicativas están asociados a las estructuras sintácticas y a los factores semánticos presentes en las oraciones.

Nos basamos en los problemas que encontramos y resumimos anteriormente, analizamos el modelo didáctico de subjuntivo de Ruiz Campillo, lo cual es muy diferente de los modelos tradicionales. Por lo tanto, creemos que es necesario proporcionar los puntos más importantes de este modelo para la enseñanza del modo subjuntivo. Esto no solo elimina la incertidumbre que tienen los estudiantes al distinguir entre el uso del subjuntivo y el indicativo, sino que también les permite entender de manera profunda la finalidad del

modo subjuntivo. Los estudiantes no necesitan verse implicados en un proceso de memorización porque pueden emplear la comprensión lógica. Este modelo ofrece mayores ventajas para los alumnos de nivel básico y, además, permite a los docentes ilustrar de manera clara el uso del modo mediante el esquema operativo simplificado desarrollado por Ruiz Campillo (2007). En general, aunque hay muchos problemas expuestos, como la falta de materiales didácticos y la necesidad de una innovación continua en los métodos de enseñanza, estoy segura de que, a través del trabajo duro, definitivamente superaremos estos obstáculos.

Referencias Bibliográficas

- Cortés Moreno, M. (2009). Análisis de la enseñanza de ELE en China: dificultades y soluciones. *MarcoELE*, 8. https://marcoele.com/descargas/china/cortes_analisis.pdf
- Dong, Y. S., & Liu, J. (2014). *Español moderno*. Beijing: Foreign Language Teaching and Research Press.
- He, S. F. (2006). El real y el irreal en el subjuntivo del español. *Revista de la universidad de estudios extranjeros de Guangdong*, 17(1), 93-96. <https://yd.qq.com/web/bookDetail/72a32aa0813ab6befg012178>
- Méndez Marassa, E. (2005). Problemas de los estudiantes chinos de español. Ejercicios específicos. *SinoELE*, 1, 1-99. <http://www.sinoele.org/images/Revista/1/mendez.pdf>
- Priego Casanova, L. (2018). Subjuntivo y referencia, un modelo explicativo y pedagógico para la enseñanza del español como lengua extranjera. *MarcoELE*, 26. <https://marcoele.com/descargas/26/priego-subjuntivo-referencia.pdf>
- Ruiz Campillo, J. P. (2004). El subjuntivo es lógico: una actividad de concienciación. *RedELE*, 1. [https://www.academia.edu/5701309/El subjuntivo es lógico](https://www.academia.edu/5701309/El_subjuntivo_es_l%C3%B3gico)
- Ruiz Campillo, J. P. (2007). *El concepto de no-declaración como valor del subjuntivo. Protocolo de instrucción operativa de la selección modal en español*. Instituto Cervantes. https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/publicaciones centros/PDF/munich_2005-2006/04_ruiz.pdf
- Ruiz Campillo, J. P. (2008). El valor central del subjuntivo: ¿informatividad o declaratividad? *MarcoELE*, 7. https://marcoele.com/descargas/7/jpruizcampillo_valor_central-subjuntivo.pdf
- Shen, C. (2018). Problemas de los estudiantes chinos en el uso del subjuntivo. *Editorial académica de China*, 51, 245-247. <http://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotal-ZKSD201851157.htm>
- Lee, Y. (2015). *La enseñanza de ELE en estudiantes de Taiwán: dificultades específicas en el aprendizaje del subjuntivo. Una propuesta didáctica* [Tesis doctoral, Universidad de Salamanca]. <https://gredos.usal.es/handle/10366/128355>
- Zu, J. H. (2018). La adquisición del indicativo y subjuntivo en estudiantes universitarios chinos. *RedELE*, 30, 93-130. <https://redined.mecd.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/184184/Zu-lnes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

La formación intercultural del licenciado en lengua española para no hispanohablantes de la Universidad de La Habana: aproximación a los referentes teóricos y metodológicos

Intercultural training in the context of the bachelor's degree of spanish language graduates for non-Spanish speakers at Universidad La Havana: an approach to theoretical and methodological references

*Saidirys Barrera Vázquez¹, Juan Silvio Cabrera Albert²,
Maryuri García González³, Linnette Palacios⁴*

¹Universidad de La Habana, Cuba; saidirys.bv@fenhi.uh.cu; <http://orcid.org/0000-0002-5281-7480>

²Instituto Superior Politécnico Gregorio Semedo, Angola; juan.silvio@igs.edu.ao jsilvio.gica@gmail.com;
<http://orcid.org/0000-0001-5276-4123>

³Universidad de la Habana, Cuba; maryuri@rect.uh.cu; <https://orcid.org/0000-0002-27346541>;

⁴Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, linnette.palacios@up.ac.pa;
<https://orcid.org/0000-0001-5785-6502>

Fecha de recepción: 20-09-2024

Fecha de aceptación: 13-11-2024

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v8n2.a6573>

Resumen: La formación intercultural juega un papel trascendental para todo profesional de lenguas extranjeras, incluido el Licenciado en Lengua Española para No Hispanohablantes, el cual debe prepararse para la interacción con sujetos y comunidades que practican la lengua meta, la diversidad cultural, la convivencia y comprensión entre personas vinculadas a diversas culturas en el mundo actual. El objetivo del presente artículo es analizar los referentes teóricos y metodológicos asociados al concepto de formación intercultural y valorar su importancia didáctica en el contexto de la carrera de Licenciatura en Lengua Española para No Hispanohablantes de la Universidad de La Habana. Luego de una profunda revisión de la literatura científica relacionada con el tema y sistematizar los referentes teóricos más importantes desde la sociolingüística y la lingüística didáctica, se arriba a claves esenciales en la noción de formación intercultural del profesional de LE.

Palabras clave: formación intercultural, diversidad, profesional de lenguas extranjeras, enseñanza-aprendizaje del español.

Abstract: Intercultural training plays a very important role for foreign language professionals, including bachelors on Spanish language teaching, who need to get ready for interaction with subjects and communities that practice the target language, for cultural diversity, as a response to the need for better coexistence and understanding between cultures in today's world. The objective of this article is to analyze theoretical and methodological references related to the concept of intercultural training and evaluate its didactic importance in the context of the Bachelor's Degree in Spanish Language for Non-Spanish Speakers at Universidad de La Habana. After a deep review of the scientific literature related to the topic and after systematizing the most relevant theoretical references from the perspective of sociolinguistics and lingo didactics, the authors arrive at essential keys of the notion of intercultural training of the foreign language professional.

Keywords: intercultural training, diversity, foreign language professional, spanish teaching- learning process.

1. Introducción

La diversidad cultural, entendida como la multiplicidad de formas en que se expresan las culturas de los grupos y sociedades (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2005), constituye un rasgo esencial de la sociedad contemporánea, que se convierte en un reto, un recurso y finalmente un derecho (Pacheco, 2016).

La universidad llamada permanentemente al cumplimiento de su responsabilidad social, precisa una proyección integral, coherente, de sus funciones sustantivas y acciones para identificar su compromiso con las nuevas realidades de las sociedades, contribuir a solucionar los problemas de estas y responder a las complejas transformaciones culturales acontecidas en el contexto territorial, nacional y global (Valdés y Villegas, 2017; UNESCO/ IESALC, 2018; Fernández, 2021; Andia et al., 2021; Fernández et al., 2022; Reig-Aleixandre et al., 2022), entre lo que constan las demandas que la diversidad cultural genera.

El carácter estratégico del conocimiento para el desarrollo económico y su relevancia para el crecimiento cultural y ético de la humanidad reclaman de la universidad contemporánea una actitud permanente de orientación a la sociedad en el ejercicio de su función crítica y de identificación anticipadora de sus necesidades. Ello impone la atención al tema de la formación como depositaria del encargo de preparar las nuevas generaciones de profesionales para la sociedad. (Hernández y Figuerola, 2016, p. 17)

Coherentes con esta perspectiva, acuerdos de dimensiones globales y regionales respaldan la atención a la diversidad cultural y su tratamiento en la universidad, desde la formación en la comprensión y el respeto a la diferencia. La Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: visión y acción contempla entre las funciones de la enseñanza superior: “d) contribuir a comprender, interpretar, preservar, reforzar, fomentar y difundir las culturas nacionales, regionales, internacionales e históricas” (UNESCO, 2019, p. 101).

Por su parte, La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe incluye entre sus metas, asegurar que los

alumnos adquieran los conocimientos necesarios para promover el desarrollo sostenible, mediante “la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al desarrollo sostenible” (Organización de Naciones Unidas [ONU], 2018, p. 29). Mientras, la Declaración de la III Conferencia Regional de Educación Superior en América Latina y el Caribe desarrolló entre sus ejes temáticos: Educación superior, diversidad cultural e interculturalidad en América Latina (UNESCO/IESALC, 2018).

En este sentido, se torna prioridad fomentar una actitud favorable hacia la diversidad, sin prejuicios y discriminación, generadora de equidad, cohesión social y solidaridad, que contribuya “al desarrollo de sociedades más justas en las que se fomente una cultura de respeto y valoración de las diferencias sociales, culturales e individuales” (Fernández et al., 2022, p. 319). En correspondencia, la universidad otorga relevancia a la interculturalidad en la formación de profesionales aptos para la convivencia armónica en la sociedad diversa y el desarrollo de sus modos de actuación mediado por la comprensión entre culturas.

Ciertamente, los requerimientos profesionales interculturales alcanzan disímiles áreas de especialización. La presente indagación se orienta, en específico, a la formación intercultural del profesional de lenguas extranjeras (LE), para quien este proceso cobra una relevancia particular por la relación existente entre lenguas y culturas, y su orientación intrínseca a la interacción con diferentes universos culturales.

Los estudios encontrados al respecto se circunscriben a diferentes ámbitos educativos. Se evidencia la necesidad de sistematizar los resultados existentes de manera dispersa, que tributan a los y las especialistas en cuestión. En función de ello, se establece como objetivo del artículo: analizar referentes teóricos y metodológicos de la formación intercultural del profesional de LE.

En este sentido, la denominada educación intercultural¹ realiza aportes significativos a nivel internacional (Aguado, 1991; Muñoz, 1997; Sagastizabal et al., 1997; King, 2006; Díaz y Rodríguez, 2006; Morales, 2009; Salazar, 2009; Leiva, 2011a, 2011b; González y de Castro, 2012; Ortega et al., 2019; Espinoza, 2019; Vega et al., 2020). En relación con la educación

¹ Pacheco (2016) plantea que: “A nivel internacional, se emplean los términos formación o educación multicultural o intercultural” (pp. 29-30). En la presente investigación se reconoce la educación intercultural como un proceso de formación.

superior, se aprecia como tendencia la atención a necesidades de grupos poblacionales considerados diversos por su cultura de origen (Cabrera y Gallardo, 2014). Autores cubanos también han desarrollado propuestas para ámbitos universitarios, motivados por la internacionalización de la educación superior de la isla, sin descuidar la diversidad presente entre los estudiantes nacionales (Cabrera y Gallardo, 2008; Pacheco, 2016).

Otras contribuciones a la formación intercultural se hallan en la sociolingüística y la lingüística didáctica, tanto en el ámbito internacional como cubano. Entre las temáticas afines abordadas con frecuencia se encuentran: las relaciones interculturales en la clase multicultural de idiomas, la competencia intercultural y las etapas en su adquisición, la formación y función del profesorado, la concepción de cultura y su enseñanza-aprendizaje (Paricio, 2004; Paricio, 2014; Castro, 2003; Forgas, 2007; Rodríguez et al., 2009; de la Paz, 2012; Zehner, 2014; Corti, 2016; Diviñó, 2016; Xu, 2018; Zhou, 2019; Pagés et al., 2019; Vega et al., 2020; Mijares y Peña, 2020; Martínez, 2021; Barrera y Cabrera, 2021; García y Domínguez, 2022).

Son escasas las fuentes encontradas que se orientan específicamente al especialista en LE. Con este objeto, en Cuba se han desarrollado tesis doctorales en las que se redefinen los conceptos de competencia intercultural y competencia comunicativa intercultural, proyectadas tanto hacia la formación de pregrado (Torres, 2003; Valdés, 2010), como a la posgraduada (Garbey, 2013; Morales, 2016).

Vale destacar que la importancia y el alcance del tema propuesto se amplían a otros ámbitos de especialización, respaldados por el imperativo de formar profesionales capaces de atender los retos de la sociedad contemporánea, lo que convoca a integrar en las funciones sustantivas de la educación superior la dimensión intercultural.

(...) con el objetivo de elevar la calidad académica y científica de las universidades formando un profesional con competencias globales capaz de contribuir al desarrollo y bienestar de la sociedad y de su entorno local, sobre la base de principios humanistas y solidarios. (Villavicencio, 2019, p. 4)

La investigación se sustenta en la sistematización, mediante el método analítico-sintético, de literatura científica acerca del tratamiento de la interculturalidad en las

instituciones educativas en general y en el marco de la formación en LE. El análisis y síntesis posibilitó el estudio y resumen de textos para la determinación de referentes teóricos y metodológicos, así como el arribo a conclusiones a partir de los resultados obtenidos. La indagación también se apoyó en determinadas acciones del procesamiento de textos basado en el análisis de contenido cualitativo, el que permite la interpretación de forma explícita o implícita (Díaz Herrera, 2018).

En principio se realizó una amplia búsqueda de artículos en bases de datos especializadas y de textos (libros y tesis de grado científico) registrados en centros de documentación de instituciones educativas afines al tema investigado, basada en títulos, resúmenes, palabras clave y bibliografía referenciada. Sin embargo, en función del objetivo de la investigación se seleccionaron aquellos que permiten identificar y analizar referentes que tributan a la formación intercultural del profesional de LE. Se incluyeron trabajos de carácter descriptivo y analítico, tanto del ámbito internacional como cubano.

A partir de la aplicación del procedimiento de análisis de contenido temático de los textos, se realizó una categorización de tipo inductiva. Se describieron los principales aportes de los textos seleccionados. Estos se decantaron en dos campos de investigación y praxis educativa desde cuyas particularidades se proyecta la formación intercultural: la educación intercultural y el proceso de enseñanza-aprendizaje de LE.

El análisis en cuestión permitió la identificación de premisas y conceptos significativos y, de esta manera, arribar a claves esenciales en la noción de formación intercultural del profesional de LE.

2. Desarrollo

- **Aproximación a los conceptos de “formación” y “formación profesional”.**

Al rastrear el origen del término “formación”, González (2016) lo ubica en los glosarios medievales en 1206, asociado a ideas filosóficas, mucho antes de que fuera acogido como categoría pedagógica. La investigadora aborda las diferentes perspectivas que se asumen en el significado del mismo en el área pedagógica, en relación con los que se pudieran considerar sus componentes: “(...) aunque los autores se orientan desde la perspectiva de

uno solo de ellos y muy pocos distinguen los tres: el objeto, el sujeto y el resultado” (González, 2016, p. 153).

A partir de una sistematización abarcadora, González (2016) sintetiza consideraciones de diferentes autores sobre el concepto formación que implica la presencia del contexto y condiciones específicas: una cultura, una identidad y un marco sociohistórico; debe otorgarle al hombre las herramientas para percibir su tiempo reflexiva, crítica y comprometidamente; no concluye, se desarrolla durante la existencia humana; proyecta la superación de la persona, por lo que implica la consideración del hombre como un ser en evolución y constante transformación; es un proceso de estructuración, no de acumulación. Concluye que la formación es una categoría compleja “(...) que no puede obviar al sujeto con posibilidades de decisión y de autovaloración para implicarse o no en su propia transformación” (p. 166), “(...) tiene carácter global e integrador. Comprende tanto el objeto como el sujeto y el resultado” (p. 167).

Por su parte, la formación universitaria se distingue porque el sujeto en formación lo constituye un profesional universitario. Al respecto se destaca el gran consenso alcanzado a nivel internacional en torno a la integralidad del proceso formativo, o sea, la necesidad de alcanzar una mayor integración entre elementos cognitivos y afectivos (Hernández y Figuerola, 2016).

En sintonía con ello, en el Reglamento del Trabajo Docente y Metodológico de la Educación Superior cubana se define la formación del profesional de nivel superior como el proceso que garantiza “(...) la preparación integral de los estudiantes universitarios, que se concreta en una sólida formación científico-técnica, humanística y de altos valores ideológicos, políticos, éticos y estéticos (...)” y se plantea como una de las ideas rectoras fundamentales del modelo de formación “a) La unidad entre la educación y la instrucción, que expresa la necesidad de educar al hombre a la vez que se instruye” (Ministerio de Educación, 2018, p. 648).

Tal énfasis se posiciona en la Declaración de la III Conferencia Regional de Educación Superior en América Latina y el Caribe: “La formación en las instituciones de educación superior es un ejercicio permanente de rehumanización” (UNESCO/IESALC, 2018, p. 17),

que ha de expresarse en la construcción efectiva de relaciones de corresponsabilidad entre todos los actores, que faciliten el buen vivir.

La demanda de que sujetos diversos establezcan una mejor convivencia y comprensión en el mundo actual, ha conducido al estudio de la interculturalidad y su implementación en los procesos formativos, entre ellos los correspondientes a la universidad. Al respecto plantean Cabrera y Gallardo (2014):

El carácter integral de la formación profesional, enfático en lo humanístico como expresión del desarrollo pleno de la personalidad y en el compromiso social de los estudiantes, demanda la preparación para la convivencia ciudadana en una sociedad signada por la diversidad de la cultura de origen como rasgo. (p. 7)

Estos investigadores a partir de autores e instituciones que se han pronunciado al respecto, relacionan como demandas educativas interculturales en la formación profesional:

- Crear un clima de comprensión activo y de respeto por las diversas culturas que componen la actual sociedad
- Formar valores y actitudes para la convivencia respetuosa, la aceptación mutua, la solidaridad y la comunicación humana
- Oportunidades para que los estudiantes comuniquen sus características personales y elementos de sus culturas
- Promover la conciencia crítica con respecto a la discriminación. (Cabrera y Gallardo, 2014, p. 12)

- **Premisas de la educación intercultural**

La interculturalidad está centrada en la intensa interacción existente entre culturas (Barrera y Cabrera, 2021). En palabras de Rosas (2021): “podemos entender de un modo concreto que la interculturalidad hace referencia al encuentro de la diferencia en un contexto, momento y espacio determinado” (p. 72). El autor puntualiza “que lo inter-hace referencia al encuentro, a la relación entre dos o más cosas diferentes” (p. 71). Esa relación se produce mediante procesos y situaciones comunicativos conducidos por el respeto, la

cooperación y la comprensión, de manera que permiten el aprendizaje mutuo de conocimientos y prácticas desde posiciones de equidad.

Entonces, la interculturalidad no es exclusiva del contacto entre culturas nacionales. Abarca también “las relaciones entre personas pertenecientes a diferentes grupos étnicos, sociales, profesionales, de género, entre otros, en el ámbito una misma comunidad nacional o regional” (Guanche, 2019, p. 78). Puede producirse de forma natural, sin embargo, el contexto social actual precisa de una formación fomentada desde la intencionalidad pedagógica, que prepare al ser humano para resolver satisfactoriamente las variadas situaciones de interacción con la diversidad que caracterizan su realidad cotidiana, escolar y profesional.

A decir de Espinoza (2020):

La interculturalidad es un proceso que cobra interés al interior del contexto educativo como vía para la construcción de sociedades democráticas, basadas en la igualdad de oportunidades para todas las personas a la hora de compartir el mismo espacio y tiempo; el respeto a la diversidad y la creación de entornos sociales que posibiliten el intercambio y el enriquecimiento mutuo entre sujetos de orígenes étnicos o culturales distintos. (p. 371)

Con este sentido, nace la educación intercultural. Según Cabrera y Gallardo (2014), esta “como tendencia educativa contemporánea ha pretendido contribuir, a través de diferentes modelos, a desarrollar un nuevo modo de interacción entre las personas, así como responder a las necesidades de formación humana de una sociedad intercultural” (p. 28). Integrando aportes de diferentes investigadores, estos autores plantean la evolución a la educación intercultural a partir de la educación multicultural, identificadas ambas como modelos educativos que emergieron en los marcos del pluralismo, al que definen como “una propuesta de inclusión real, de aceptación de la diversidad de la cultura de origen como positiva y como valor” (p. 18). Asumen una clasificación que precisa la asimilación, la fusión cultural y el pluralismo como enfoques de gestión de la diversidad de la cultura de origen.

La sistematización de estudios relacionados, principalmente, con la educación intercultural, permite identificar premisas asumidas en la concepción y puesta en práctica de una formación intercultural. Resulta importante la asunción, como posicionamiento de partida, del carácter eminentemente intercultural del proceso de enseñanza-aprendizaje escolar. Rodríguez et al. (2009) plantean la condición colectiva de la enseñanza dirigida a la diversidad de alumnos que convergen en el aula, en contraposición a la individualización que implica el aprendizaje el cual se desarrolla con singularidad en cada estudiante. Este criterio se asienta en la concepción de Vygotski (1966) máximo representante de la escuela histórico-cultural, sobre el aprendizaje, mediado por la interacción social, entendido como un acto de comunicación interpersonal e intercultural:

Puesto que detrás de los individuos y como contenido de su acción comunicativa, están los saberes significativos precedentes, las culturas colectivas, sectoriales, grupales e individuales que estos han desarrollado en su interacción social, y a través de las diferentes formas de actividad que han ido desplegando en su existencia. (Rodríguez et al., 2009, pp. 5-6)

Al respecto, Cabrera y Gallardo (2014) enfatizan que:

La mediatización ejercida en el proceso formativo por la impronta cultural de sus actores, en términos de diversidad, no puede ignorarse como demanda educativa y abarca las características de la cultura de procedencia de sus actores en términos de interculturalidad. (p. 11)

No solo se tiene en cuenta la interacción entre las culturas de los componentes personales de la enseñanza-aprendizaje, también las que constituyen el contenido del proceso. Se aboga por el estudio de culturas las respectivas formas de vida e influencias recíprocas, con la finalidad última de incidir en el universo axiológico de los y las estudiantes: estimular la apreciación mutua de las diferencias, producir acercamientos, favorecer encuentros amistosos. En correspondencia, los investigadores del tema coinciden en catalogar la educación intercultural como una formación en valores y actitudes universalmente deseables y consensuados para la convivencia respetuosa, la aceptación

mutua, la solidaridad y la comunicación humana (Cabrera y Gallardo, 2008; 2014). En relación con ello, Espinoza (2020) sostiene que:

El principio de la educación en valores es la piedra angular para la construcción del sistema axiológico necesario para la consecución de un clima de respeto a la diversidad cultural e interculturalidad, que debe estar presente de manera intencionada en la formación. (p. 371)

En consecuencia, la educación no solo debe facilitar la búsqueda y adquisición de conocimientos y actitudes, también la adquisición y desarrollo de principios y valores.

Un pronunciamiento especialmente ponderado por su carácter central es la necesidad del fortalecimiento y la legitimación de la cultura propia como punto de partida para su enriquecimiento y la interculturalidad. La valoración y el desarrollo de la capacidad crítica sobre la cultura propia permite superar el etnocentrismo, combatir el racismo, la xenofobia, la desigualdad y la discriminación “teniendo muy claro que el contacto con otras culturas nos enriquece y nos humaniza, y no nos empequeñece ni nos destruye” (Leiva, 2011b, p. 4).

Sagastizabal et al. (1997) refieren las potencialidades ofrecidas en tal sentido por los grupos culturalmente heterogéneos, una apuesta de la educación intercultural por el redimensionamiento favorablemente de la diversidad en el aula. De modo que, el aula multicultural se percibe como una oportunidad para establecer relaciones de confianza, reconocimiento y aprendizaje mutuo, comunicación efectiva, reflexión compartida, cooperación, participación, intercambio e interacción dialógica, sin la preponderancia de una mirada cultural determinada (Leiva, 2011b; Cabrera y Gallardo, 2014).

Estos postulados encuentran sintonía en la perspectiva inclusiva de la educación superior, la cual reconoce la singularidad de cada estudiante y la posibilidad de desarrollar sus capacidades. Esta busca la individualización de la autorrealización y la vinculación exitosa con el medio social desde el empleo de recursos personales, que se descubren y practican mediante el establecimiento de relaciones de ayuda (Fernández et al., 2022).

Es que la atención a la diversidad implica la atención a las individualidades, en asunción del carácter único e irreplicable de cada ser humano dentro del grupo, de sus

formas particulares de identidad, autoría e independencia, del estilo personal (Fariñas y Cabrera, 2020). A decir de estos autores:

La educación personalizada implica que el desarrollo del estilo del educando es el camino, y este puede asumir distintas formas. La educación debiera concebirse en todo momento como un proceso dinámico y propiciador del enraizamiento y toma de conciencia de cada sujeto en la cultura. (p. 87)

La personalización de la enseñanza pudiera afianzarse sin asumir fórmulas definitivas, en acciones como el ajuste de la ayuda pedagógica a las necesidades del estudiantado, la facilitación de estrategias variadas que permitan dar respuesta a las motivaciones, intereses y dudas de los y las estudiantes; la adecuación de las tareas académicas y comunicativas a las especificidades y exigencias de estos, la propuesta de actividades de aprendizaje diferenciadas, la organización de grupos de trabajo flexibles en los que cada sujeto se reafirme como autor/a, la prioridad de unos aspectos sobre otros según se requiera, la posibilidad de una evaluación individualizada, cuyas metas se fijen a partir de la situación inicial del estudiantado (García y Domínguez, 2022).

Por otra parte, se llama a superar el tratamiento formal, estereotipado y discriminatorio de la cultura, ante la saturación de los programas académicos con numerosos contenidos depositando ingenuamente en la mayor cantidad la posibilidad de una formación multilateral e integral (Fariñas y Cabrera, 2020), la incorporación acrítica de estos, su yuxtaposición ecléctica y descontextualizada, así como el rol reproductor-transmisor de los docentes en relación con el conocimiento (Díaz y Rodríguez, 2006). En función de ello, cobra importancia analizar y trabajar los estereotipos, las actitudes discriminatorias, diseñar actividades motivadoras y participativas ajustando el conocimiento a situaciones reales (González y de Castro, 2012).

La escuela y los procesos de escolarización están atravesados por prácticas discursivas y no discursivas, a la vez que funcionan como centros de propagación y divulgación selectiva de discursos que conforman un entretejido de exclusiones, prohibiciones y oposiciones (Díaz y Rodríguez, 2006). Dos de las aristas más analizadas en este sentido son la visibilidad otorgada a las culturas minoritarias en la creación de significados culturales y los criterios

que rigen la selección de materiales curriculares y recursos didácticos (Leiva, 2011b; Corti, 2016). Gana relevancia la concientización de que la acción educativa desplegada en los contextos de diversidad no se limita a los contenidos explícitos impartidos. Abarca las actitudes, creencias, formas de organización y gestión del aula, los modelos comunicativos de interacción interpersonal, las estrategias de gestión y regulación de conflictos que se emplean (Leiva, 2011b).

Otra de las premisas identificadas es la necesidad de la inmersión cultural. Al respecto se aduce la vivencia y convivencia con la diferencia cultural como referentes pedagógicos por excelencia de una educación inclusiva (Leiva, 2011a). Estas encuentran una plataforma de desarrollo en las actividades de extensión y la proyección del servicio comunitario que se gestiona desde la universidad, las que suponen "(...) un proceso de co aprendizaje en el que el vínculo con la diversidad de los otros va creando disposiciones y motivaciones para compartir y crear desde la diferencia" (Fernández et al., 2022, p. 315).

En la base de tal entendimiento se hallan los estudios de Vygotski (1966; 2005), quien plantea la necesidad de una enseñanza vivencial, la importancia de la interacción social y del papel de la actividad en el desarrollo integral de la personalidad, la consideración de la experiencia propia como único educador capaz de incidir en el desarrollo de la personalidad y base principal de la labor pedagógica (Fariñas y Cabrera, 2020; García y Domínguez, 2022).

Esta concepción del ser humano en desarrollo exigió una reformulación de los métodos de enseñanza, luego la función antigua del maestro como transmisor se transforma básicamente al necesitar crear las condiciones necesarias para que el sujeto se eduque a sí mismo en cooperación o diálogo con otros. (Fariñas y Cabrera, 2020, p. 91)

Entonces, las relaciones interculturales son entendidas como actos potenciadores del aprendizaje de las lenguas, especialmente en el caso de la formación del profesional de una segunda lengua², quien se forma en condiciones de inmersión lingüística y cultural. Ello implica un aprendizaje multilateral del contexto universitario y del social, en el que el

² El término segunda lengua hace referencia al aprendizaje de una lengua no materna en su contexto natural, al ser la lengua habitual de la sociedad donde se vive (Padrón, 2017).

estudiante debe vincular armónicamente los conocimientos lingüísticos y socioculturales adquiridos entre sí, y con los académicos de la especialidad que cursa. Experimenta un proceso de interacción en el que intervienen variados actores, entre ellos nativos, compañeros de clase y de otros niveles, profesores, trabajadores administrativos, entre otros (García y Domínguez, 2022).

Además, se señala el enfoque esencialmente holístico de la educación intercultural que:

(...) conceptualiza la escuela como un todo interrelacionado. El medio escolar como totalidad es un sistema integrado por un número de factores identificables, tales como las actitudes y valores del personal, los procedimientos y estrategias de la evaluación, el currículum y los materiales de enseñanza. (Aguado, 1991, p. 6)

A la vez que enfatiza "(...) la necesaria aportación de la escuela a la construcción social, lo cual implica a sus alumnos en un análisis crítico de la realidad social y en proyectos de acción que propicien una lucha contra las desigualdades (...)" (Cabrera y Gallardo, 2014, p. 23).

- **La formación intercultural desde el proceso de enseñanza-aprendizaje de lenguas extranjeras.**

El establecimiento de relaciones interculturales satisfactorias en contextos disímiles constituye tanto una finalidad del desarrollo de la competencia comunicativa en LE como una vía para su adquisición, desarrollo y dominio. Por lo que, las interacciones que establecen los y las estudiantes con hablantes de la lengua meta y en general, portadores de otras culturas, ofrece posibilidades favorables al logro de sus objetivos personales, académicos y sociales (García y Domínguez, 2022).

La formación intercultural relacionada con la enseñanza–aprendizaje de LE ha sido desarrollada desde áreas cognitivas como la sociolingüística y la lingüística didáctica. Dentro de estos horizontes investigativos, la competencia intercultural y la competencia comunicativa intercultural, la cual incorpora la competencia intercultural sobre la base de la ampliación de la competencia comunicativa (Byram, 1997), constituyen dos de los conceptos más trabajados, tanto en el contexto cubano como internacional.

La definición de competencia intercultural de Byram (1997) y Byram et al. (2002) ampliamente difundida y aplicada en la enseñanza de lenguas, plantea como objetivo la formación del hablante o mediador intercultural. Para ello integra cinco componentes o *savoirs*, un conjunto de conocimiento, actitudes y destrezas: actitudes interculturales (*savoir être*), conocimiento (*savoirs*), habilidades de interpretación y de relación (*savoir comprendre*), habilidades de descubrimiento y de interacción (*savoir apprendre / faire*) y conciencia cultural crítica (*savoir s'engager*) (Byram et al., 2002).

Por su parte, el Plan Curricular del Instituto Cervantes concibe que el alumno como hablante intercultural una de las tres dimensiones desde la perspectiva del aprendiente de la lengua, junto al alumno como agente social y aprendiente autónomo, “ha de ser capaz de identificar los aspectos relevantes de la nueva cultura a la que accede a través del español y establecer puentes entre la cultura de origen y la de los países hispanohablantes” (Instituto Cervantes, 2011, p. 2).

Entre los autores cubanos que han estudiado y redefinido el concepto de competencia intercultural, Torres (2003) establece como sus dimensiones: el conocimiento de los elementos que pueden causar incomprensiones entre los universos culturales en interacción y las habilidades para interactuar entre los dos de manera eficiente. Valdés (2010) señala como las aristas del desarrollo de esta competencia: “conocimientos y actitudes necesarias para desarrollar las habilidades de interpretar, descubrir y negociar significados socioculturales” (p. 48). La definición de Morales (2016) abarca el empleo de conocimientos, estrategias y actitudes. Por su parte, García y Domínguez (2022) plantean como aspectos que la conforman en necesaria relación horizontal: saber hacer, saber aprender, saber sobre el otro y saber cultural. Las autoras clarifican que estos “saberes no son solo conocimientos, sino también habilidades y estrategias para activarlos, aplicarlos y relacionarlos entre sí de un modo interdisciplinar” (p. 44).

A los factores cognitivos, procedimentales y conductuales, Borghetti (2017) suma los afectivos. Define la competencia intercultural como "un conjunto integral de factores cognitivos, afectivos y conductuales que influyen en la comprensión de la diversidad y en la interacción con ella en un sentido amplio, y que pueden desarrollarse mediante la

educación y/o la experiencia" (p. 3). Pagés et al. (2019) coinciden con tal autora al reconocer dentro del concepto conocimientos, habilidades y valores: "La competencia intercultural se refiere a la dimensión de la competencia comunicativa que integra los conocimientos, las habilidades y los valores requeridos para la comunicación intercultural" (p. 3).

En general, los estudiosos del tema definen la competencia intercultural como una habilidad o capacidad para interactuar eficientemente con culturas diferentes a la propia (Guilherme, 2000; Torres, 2003; Morales, 2016; Borghetti, 2017; Pagés et al., 2019), lo que implica la mediación entre universos culturales diferentes: el de la cultura propia y los de otras culturas. De ello se entiende como su finalidad última, lograr una comunicación intercultural satisfactoria.

La comunicación intercultural se asume como el proceso de interacción entre sujetos de culturas diferentes mediado por la comprensión mutua (Pagés et al., 2019). Una parte de los investigadores del tema puntualizan el carácter inmediato entre individuos, o mediato a través de productos culturales, de la interacción (Torres, 2003; Pagés et al., 2019). Tal planteamiento es relevante ya que abarca tanto a los sujetos, como a los medios comúnmente empleados en el proceso de enseñanza-aprendizaje de lenguas y culturas extranjeras: documentos, textos literarios, audiovisuales, obras de arte, entre otros posibles, con el fin de establecer el contacto entre estas y la cultura propia de los estudiantes.

En el caso de los idiomas pluricéntricos, cobran relevancia los conceptos de competencia intercultural general, competencia pluricultural y competencia intercultural específica. La competencia intercultural que abarca más de una cultura extranjera se le denomina competencia intercultural general, implica el interés por conocer nuevas culturas y las habilidades que permiten comportarse apropiadamente en ellas y descubrir la información relevante para interactuar. Como puede apreciarse, se sustenta de manera fundamental en el aprendizaje autónomo permanente (Torres, 2003).

En sintonía, el Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas: aprendizaje, enseñanza, evaluación (Consejo de Europa, 2001) comprende la competencia pluricultural

como resultado de la interacción del aprendiente con varias culturas en el curso de su existencia, lo que le permite apoyar estas relaciones en el dominio de varias lenguas y experiencias culturales. Este documento plantea que:

(...) las distintas culturas (nacional, regional, social) a las que ha accedido esa persona no coexisten simplemente una junto a otra. Se las compara, se las contrasta e interactúan activamente para producir una competencia pluricultural enriquecida e integrada, de la que la competencia plurilingüe es un componente, que a su vez interactúa con otros componentes. (Consejo de Europa, 2001, p. 6)

Por otra parte, la competencia intercultural específica se sustenta en el análisis de las características distintivas de una comunidad en particular (Torres, 2003), con el fin de actuar natural y satisfactoriamente entre las diferencias. La complementación de ambas aristas, la específica y la general, permiten construir una percepción integral de la relación entre culturas en consideración de lo general compartido y lo específico diferenciador.

A pesar de los conocimientos y herramientas que desarrolla la competencia intercultural, no debe obviarse la amplia diversidad de culturas de referencia que puede tener una lengua, la continua modificación de las identidades y valores de los individuos a lo largo de la vida suscitada por el contacto con otros grupos culturales, y la imposibilidad de dominar previamente la totalidad de saberes necesarios para cada interacción cultural. Su adquisición se concibe, entonces, como un proceso sometido a la espontaneidad de las situaciones comunicativas, en permanente construcción, cuyas interacciones resultantes no tienen que ser perfectas, sino satisfactorias.

3. Conclusiones

La interculturalidad es una herramienta indispensable para el logro de la convivencia social armónica en el escenario mundial actual, signado enfáticamente por la diversidad cultural. Ante tal realidad resulta inaplazable la formación intercultural, la cual posee especial relevancia para el profesional de LE por estar orientado a tender puentes entre universos culturales variados.

Los referentes teóricos y metodológicos de la formación intercultural de tal especialista provienen fundamentalmente de dos ámbitos de investigación y praxis pedagógica: la educación intercultural y el proceso de enseñanza-aprendizaje de LE.

A partir de la sistematización y el análisis de contenidos realizados, se arriba a claves esenciales en la noción de formación intercultural del profesional de LE. Su finalidad consiste en la formación del hablante intercultural mediador entre las culturas en contacto, para el logro de la comunicación intercultural satisfactoria. En función de ello, debe prepararse en el respeto a la diversidad cultural en una sociedad cada vez más heterogénea; fortalecer, legitimar y enriquecer la cultura propia en su relación con otras; promover el conocimiento, la comprensión, el respeto y el diálogo entre culturas; relacionar factores cognitivos, procedimentales, axiológicos y conductuales; superar enfoques descriptivos en el tratamiento de aspectos culturales implícitos en el estudio de LE y abordar los significados culturales descubiertos, interpretados y negociados durante el proceso de enseñanza aprendizaje; potenciar la valoración mutua entre los estudiantes y la interacción con el medio sociocultural. Constituye un proceso en permanente construcción que se sustenta en las experiencias de interacción desarrolladas a lo largo de la vida.

Referencias bibliográficas

- Aguado, M. A. (1991). La educación intercultural: concepto, paradigmas, realizaciones. En M. C. Jiménez (Coord.), *Lecturas de pedagogía diferencial*. <http://www.isftic.mepsyd.es/w3/interculturamet/archivos/eintercultural.rtf>
- Andia, W., Yampufe, M. y Antezana, S. (2021). Responsabilidad social universitaria: del enfoque social al enfoque sostenible. *Revista Cubana de Educación Superior*, 40(3), 1-14. <http://www.rces.uh.cu/index.php/RCES/article/view/459/498>
- Barrera, S. y Cabrera, J. S. (2021). La relación entre cultura, interculturalidad y educación: fundamento de la enseñanza de culturas extranjeras. *Mendive. Revista de Educación*, 19(3), 999-1013. <https://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/2380>
- Borghetti, C. (2017). Is there really a need for assessing intercultural competence? Some ethical issues. *Journal of Intercultural Communication*, (44), 1-26. <http://www.immi.se/intercultural/nr44/borghetti.html>
- Byram, M. (1997). *Teaching and Assessing Intercultural Communicative Competence*. Multilingual Matters.

- Byram, M., Gribkova, B. y Starkey, H. (2002). Developing the Intercultural Dimension in Language Teaching. A Practical Introduction for Teachers. Consejo de Europa. <http://www.lrc.cornell.edu/director/intercultural.pdf>
- Cabrera, I. I. y Gallardo, T. J. (2008). La superación del profesorado en educación intercultural: una propuesta para la universidad cubana actual. *Actualidades Investigativas en Educación*, 8(2), 1-23. <http://dx.doi.org/10.15517/aie.v8i29344>
- Cabrera, I. I. y Gallardo, T. J. (2014). Educación intercultural: Aproximaciones teóricas desde la universidad cubana. Editorial Feijóo. <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/12290>
- Castro, F. (2003). Enseñanza y aprendizaje de la competencia intercultural en el aula de grupos multilingües. En M. Pérez y J. Coloma (Ed.), El español, lengua del mestizaje y la interculturalidad: actas del XIII Congreso Internacional de la Asociación para la Enseñanza del Español como Lengua Extranjera. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2800188>
- Consejo de Europa. (2001). Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas: aprendizaje, enseñanza, evaluación. Centro Virtual Cervantes. http://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/marco/
- Corti, A. (2016). ¿Qué cultura conocen y aprenden los futuros profesores de E/LE? En M. A. Lamorda (Comp.), La formación y competencias del profesorado de ELE: XXVI Congreso Internacional ASELE. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7438734>
- De la Paz, E. (2012). *El desarrollo de la competencia sociocultural en lengua inglesa del profesor de lenguas extranjeras desde su formación inicial*. [Tesis Doctoral, Universidad de Ciencias Pedagógicas “Félix Varela Morales” de Villa Clara]. <https://dspace.uclv.edu.cu/comunities/ceb48a68-a01e-4393-9c0f-c335a735a43f>
- Díaz, C. (2018). Investigación cualitativa y análisis de contenido temático. Orientación intelectual de revista *Universum*. *Revista General de Información y Documentación*, 28(1), 119-142. <https://doi.org/10.5209/RGID.60813>
- Díaz, R. y Rodríguez, A. (2006). La interculturalidad en debate. Apropiaciones teóricas y políticas para una educación desafiante. Centro de Estudios Avanzados. <https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/4096>
- Diviñó, E. (2016). *Estrategia lingüo didáctica para el tratamiento de los valores a partir de la comprensión de lectura de cuentos, en condiciones de multiculturalidad*. [Tesis Doctoral, Universidad de La Habana]. <https://accesoabierto.uh.cu/s/scriptorium/item-set/1444>
- Espinoza, E. E. (2019). La interculturalidad en la educación básica de Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 2(2), 20-26. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/123>
- Espinoza, E. E. (2020). Estrategia metodológica para la interculturalidad en la formación docente. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(2), 369-379. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1530>

- Fariñas, G. y Cabrera, J. S. (2020). Educación, desarrollo del lenguaje y estilo personal: aproximación a Vygotski-Bakhtin en la praxis. *Revista CLEA*, (10), 84-102. https://www.redclea.org/wp-content/uploads/2021/04/REVISTA-CLEA-N%C2%B010.-2-sem-2020_7_04_21-1.pdf
- Fernández, V. B. (2021). *Estrategia de promoción de salud desde el proceso extensionista en la Universidad de Cienfuegos*. [Tesis Doctoral, Universidad de La Habana]. <https://accesoabierto.uh.cu/s/scriptorium/item-set/1444>
- Fernández, V. B., López, M. M. y Pérez, E. (2022). La inclusión: principio de la responsabilidad social de la universidad. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(2), 311-320. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2709/2667>
- Forgas, E. (2007). El lugar de la literatura, la historia y el arte en la enseñanza de español a extranjeros. En Actas del I Congreso Internacional de Lengua, Literatura y Cultura Española: La Didáctica de la enseñanza para extranjeros. Onda JMC. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2341079>
- Garbey, E. (2013). *La comunicación intercultural en inglés en la formación posgraduada del personal de enfermería*. [Tesis Doctoral, Universidad de Ciencias Médicas de La Habana]. <https://revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/2096>
- García, A. I. y Domínguez, I. R. (2022). La interculturalidad: una mirada desde el enfoque cognitivo, comunicativo y sociocultural. *Revista Conrado*, 18(84), 40-48. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/2206/2142>
- González, B. M. (2016). La categoría formación. En A. Valdés (Ed.), *Visión pedagógica de la formación universitaria actual* (pp. 153-169). Editorial UH.
- González, F. y de Castro, R. M. (2012). Interculturalidad y valores en el currículo intercultural. *Papeles Salmantinos de Educación*, (16), 189-213. <https://summa.upsa.es/viewer.vm?id=30877&lang=es>
- Guanche, J. (2019). *Identidades y diversidad cultural: interculturalidad vs multiculturalismo*. Instituto de estudios económicos, sociales y culturales de los países de La Franja y la Ruta de China, Universidad de Estudios Extranjeros de Hebei República Popular China. https://www.academia.edu/42183923/Identidades_y_diversidad_cultural_interculturalidad_vs_multiculturalismo
- Guilherme, M. (2000). Intercultural competence. En M. Byram (Ed.), *Routledge Encycloedia of Language Teaching and Learning* (pp. 297-300). Routledge.
- Hernández, H. y Figuerola, M. C. (2016). Miradas pedagógicas a la formación universitaria en documentos político-académicos. Reflexiones sobre la universidad en Cuba. En A. Valdés (Ed.), *Visión pedagógica de la formación universitaria actual* (pp. 17-42). Editorial UH.
- Instituto Cervantes. (2011). Plan curricular del Instituto Cervantes. Niveles de referencia para el español. Biblioteca Nueva. https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/plan_curricular/default.htm
- Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y El Caribe [UNESCO/IESALC]. (2018). *Declaración de la III Conferencia Regional de Educación Superior en América Latina y el Caribe*. <https://www.iesalc.unesco.org/2019/02/20/declaracion-final-de-la-iii-conferencia-regional-de-educacion-superior-en-america-latina-y-el-caribe-cres-2018/>

- King, L. (2006). Directrices de la UNESCO sobre la educación intercultural. UNESCO.
- Leiva, J.J. (2011a). La educación intercultural en una encrucijada de caminos: reflexiones pedagógicas para la construcción de una escuela intercultural. *Espiral. Cuadernos del profesorado*, 4(7), pp. 43-56. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3736622>
- Leiva, J.J. (2011b). La educación intercultural: un compromiso educativo para construir una escuela sin exclusiones. *Revista Iberoamericana de Educación*, (56/1). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3688133>
- Martínez, C. (2021). Didáctica general y específica de las Lenguas Extranjeras en Cuba, ¿autonomía, dependencia, coexistencia o complementación? *Revista Caribeña de Investigación Educativa*, 5(1), 148-161. <https://doi.org/10.32541/recie.2021.v5i1.pp148-161>
- Mijares, L. y Peña, R. (2020). La comunicación intercultural entre alumnos universitarios: influencia en la formación de actitudes y valores. *Mendive*, 18(1), 34-47. <http://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/1734>
- Ministerio de Educación. (2018). Resolución No. 2/2018. Gaceta oficial de la República de Cuba. <https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/gaceta-oficial-no-2-ordinaria-de-2018>
- Morales, A. A. (2009). *Sistematización pedagógica de la comunicación intercultural educativa*. [Tesis Doctoral, Universidad de Oriente]. <https://repotemático.uo.edu.cu/>
- Morales, A. A. (2016). *Concepción didáctico-metodológica para el desarrollo de la competencia intercultural en los guías de turismo de idioma alemán*. [Tesis Doctoral, Universidad de La Habana]. <https://accesoabierto.uh.cu/s/scriptorium/item-set/1444>
- Muñoz, A. (1997). Educación intercultural. Teoría y práctica. Editorial Escuela española.
- Organización de Naciones Unidas [ONU]. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3)*. Santiago. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40155-la-agenda-2030-objetivos-desarrollo-sostenible-oportunidad-america-latina-caribe>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2005). *Convención sobre la protección y promoción de la diversidad de las expresiones culturales*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000142919_spa
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2019). Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: visión y acción. *Revista Educación Superior Y Sociedad (ESS)*, 9(2), 97-113. <https://ess.iesalc.unesco.org/index.php/ess3/article/view/171>
- Ortega, S., Shen, M. y Perales, M. J. (2019). Mediación intercultural: clave en la formación inicial y desarrollo docente para educar en la sociedad diversa. *Publicaciones*, 49(1), 151–163. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v49i1.9859>
- Pacheco, V. (2016). *Modelo de formación multicultural del estudiante universitario: estrategia para su implementación en la Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saíz Montes de Oca”*. [Tesis Doctoral, Universidad de Pinar del Río]. <https://rc.upr.edu.cu>
- Pagés, J., Vega, J. C. y Camacho, Y. (2019). Marco conceptual para desarrollar la competencia intercultural en el proceso de enseñanza-aprendizaje del inglés. *Revista*

- Científico-Methodológica*, (68), 1-4. <http://scielo.sld.cu/pdf/vrcm/n68/1992-8238-vrcm-68-e03.pdf>
- Paricio, M. S. (2004). Dimensión intercultural en la enseñanza de las lenguas y formación del profesorado. *Revista Iberoamericana de Educación*, 34(2), 1-12. <https://rieoei.org/RIE/article/view/3002>
- Paricio, S. M. (2014). Competencia intercultural en la enseñanza de lenguas extranjeras. *Porta Linguarum*, (21), 215-226. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4582315>
- Reig-Aleixandre, N. C., García Ramos, J.M., de la Calle Maldonado, C. (2022) Formación en la responsabilidad social del profesional en el ámbito universitario. *Revista Complutense de Educación*, 33(4), 517-528. <https://dx.doi.org/10.5209/rced.76326>
- Rodríguez, J. L., Calvo, M. C. y de Armas, R. (2009). La cualidad intercultural múltiple como contradicción dialéctica esencial del proceso de enseñanza-aprendizaje de lenguas extranjeras: trascendencia didáctica para la educación superior iberoamericana contemporánea. *Revista Iberoamericana de Educación*, (50/7), 1-10. <https://doi.org/10.35362/rie5071964>
- Rosas, J. I. (2021). Entre la interculturalidad funcional y crítica: Análisis desde un centro educativo de nivel superior. *Revista CoPaLa. Construyendo Paz Latinoamericana*, 6(13), 70-84. <https://doi.org/10.35600/25008870.2021.13.0199>
- Sagastizabal, M. A., Perlo, C. L. y San Martín, P. (1997). Educación intercultural: formación docente e intervención didáctica. UNR Universidad Nacional de Rosario. <http://biblioteca.puntoedu.edu.ar/handle/2133/3879>
- Salazar, M. J. (2009). Multiculturalidad e interculturalidad en el ámbito educativo. Experiencias de países latinoamericanos. Instituto Interamericano de Derechos Humanos. https://www.iidh.ed.cr/IIDH/media/1520/multiculturalidad_interculturalidad-2009.pdf
- Torres, H. M. (2003). *El Desarrollo de la Competencia Comunicativa Intercultural de los Estudiantes de la Licenciatura en Inglés con Segunda Lengua Extranjera a través del Curso Panorama Histórico-cultural de los EEUU*. [Tesis Doctoral, Universidad de La Habana]. <https://accesoabierto.uh.cu/s/scriptorium/item-set/1444>
- Valdés, M. G. y Villegas, T. (2017). Responsabilidad social universitaria: fundamento para la gestión sociocultural. *Revista Cubana de Educación Superior*, 36(3), 55-62. <http://www.rces.uh.cu/index.php/RCES/article/view/186/229>
- Valdés, V. (2010). *El desarrollo de la Competencia Comunicativa Intercultural de los estudiantes de Alemán como Segunda Lengua Extranjera a través de módulos de entrenamiento intercultural, desde un enfoque formativo. Propuesta teórico-práctica*. [Tesis Doctoral, Universidad de La Habana]. <https://accesoabierto.uh.cu/s/scriptorium/item-set/1444>
- Vega, J. C., Pagés, J., y García, X. (2020). Principios del desarrollo de la competencia intercultural en el proceso de enseñanza-aprendizaje del inglés en el contexto cubano. *Varona, Revista Científico-Methodológica*, (70), 88-93. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1992-82382020000100088

- Villavicencio, M. V. (2019). Internacionalización de la educación superior en Cuba. Principales indicadores. *Revista Economía y Desarrollo*, 162(2), 1-19. <http://www.econdesarrollo.uh.cu/index.php/RED/article/view/673>
- Vygotski, L. S. (1966). Pensamiento y lenguaje. Revolucionaria.
- Vygotski, L. S. (2005). Psicología pedagógica. Aique.
- Xu, H. (2018). *Alternativa metodológica para el desarrollo del estudiante como hablante intercultural (En el nivel intermedio de los cursos de corta duración de la FENHI)*. [Tesis de Maestría, Universidad de La Habana].
- Zehner, P. D. (2014). La cultura en la clase de segunda lengua o lengua extranjera: el rol de la literatura. (Ponencia). V Congreso Internacional: ¿Qué español enseñar y cómo? Variedades del español y su enseñanza. Cuenca, España. <https://www.educacionfpydeportes.gob.es/mc/redele/biblioteca-virtual>
- Zhou, K. (2019). *Estrategia didáctica para el desarrollo de las relaciones interculturales en la clase de español como segunda lengua* [Tesis de Maestría, Universidad de La Habana]. <https://accesoabierto.uh.cu/s/scriptorium/item-set/1444>

El arte latinoamericano como territorio de la resistencia y re existencia frente al otro: un acercamiento a través de la poesía y la pintura de mujeres

Latin American art as a territory of resistance and re-existence against the other: an approach through poetry and by women

Fredy Villarreal Vergara¹

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Facultad de Humanidades, Escuela de Español, Panamá; Fredy-o.villarreal-v@up.ac.pa; <https://orcid.org/0009-0001-2199-7351>

Fecha de recepción: 20-09-2024

Fecha de aceptación: 13-11-2024

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v8n2.a6574>

Resumen: Las relaciones de poder siempre han impactado las relaciones de género. La sociedad patriarcal ha intentado, y, de hecho, lo ha logrado, imponer su modelo de fuerza, relegando a la mujer a un segundo lugar en la esfera pública. Latinoamérica no es una excepción. Por eso el arte como tal (poesía y pintura) se han convertido en un territorio de resistencia para las mujeres, que, en este escenario, producen su arte de protesta, resistencia y re existencia frente al otro, al que domina, al que controla.

Palabras claves: poesía, pintura, arte, resistencia, feminismo, re existencia.

Abstract: Gender interactions have always influenced by power. Patriarchal society has tried, and in fact, succeeded, to impose its model of force, relegating women to second place in the public sphere. Latin America is no exception. Because of this, women have turned poetry and painting into a domain of resistance where they create art as kind of protest, resistance and re-emergence between genders. That is, the one who rules and dominates. That is the one who dominates.

Keywords: poetry, painting, art, resistance, feminism, re existence.

1. Introducción

Sin pretensiones de desnaturalizar la esencia misma del arte como fin último de la matriz estética, ni rebajarlo a una condición utilitarista o pragmática del mismo, debemos partir en este ensayo desde el punto en el que se entiende que el arte es un bastión de resistencia frente al otro, frente a la imposición política e ideológica, frente a la esclavitud económica neoliberal, frente a cualquier tipo de radicalismo pernicioso, y no menos, frente a las deformaciones histórico-sociales en el rol de cada individuo, desde su diferencia, en la sociedad postmoderna.

Igualmente, debemos hacerlo desde la premisa de que todo arte es subversivo, revolucionario y que su signo mayor es la ruptura, porque esta lo dota de originalidad y creatividad innovadora. Dado que esto resulta altamente discutible, me permitiré precisar a qué me refiero ciertamente y cuáles son los argumentos que respaldan mi posición.

Para todo esto, pretendo establecer los rasgos esenciales de la expresión artística feminista tal cual se entiende hoy, así como un paralelismo entre mujeres de diferentes latitudes del continente tanto en la poesía como en la pintura.

Concebir el arte como territorio permanente de lucha frente a lo otro, o en su estadio siguiente, de resistencia, implica la obligación de observar muy cuidadosamente las formas de expresión artística de una sociedad, así como la concepción de sus cultores, ya que:

...al considerar que la palabra escrita, el pensamiento emitido o la obra de arte expresada, constituyen una forma especial de poder dentro del grupo social al encarnar las aspiraciones de dicho grupo, afirma que el intelectual ve el proceso social de manera distinta al resto, no por superioridad o inferioridad, sino por simple división del trabajo (Marambio, 2015).

De aquí emana el primer postulado del arte feminista como resistencia: el artista ha de tener conciencia del alcance potencial de su obra, solo así puede llegar allá donde quiere.

Igualmente es esta una declaración de intenciones: de entre las muchas mujeres que alzaron su voz de protesta, me decanto en este caso por la fuerza y emotividad de las argentinas Alfonsina Storni, Alejandra Pizarnick, Olga Orozco, Anahí Lazzaroni, Norah Lange, en poesía y Raquel Forner en pintura, así como las mexicanas Rosario Castellanos, Elena Jordana, Isabel Fraire, Dolores Dorante, Coral Bracho, Kyra Galván, Karina Vergara Sánchez, en poesía y la figura extraordinaria de Frida Kahlo, en la pintura.

2. Desarrollo

- **Las voces poéticas:**

La escritura feminista se define *per se* cómo escritura de la resistencia porque se reconoce beligerante en medio de los procesos de contradicción propios de la gestión y búsqueda del poder:

Donde el poder se visualiza no como algo sustancial que se posee, sino como un conjunto de disposiciones estratégicas que se ejercen en un campo de fuerzas generadoras de relaciones de poder, que produce luchas y enfrentamientos, y en donde la resistencia es la contracara de este juego de afecciones (Foucault, 1983, p. 21).

Las ideas esbozadas por Foucault (1983) son sumamente ilustrativas porque la contracara de esa lucha de poder es precisamente el territorio de la resistencia que se extiende por toda nuestra América con unas intenciones, pretensiones y preocupaciones éticas y estéticas que coinciden en las diferentes latitudes del subcontinente. Por el alcance de este ensayo me circunscribiré a tres naciones latinoamericanas: México, Argentina y Panamá.

Tanto en el caso mexicano como argentino, hay que buscar las raíces de esta forma de expresarse atrás en el tiempo, en el barroco americano, en la imponente figura de sor Juana Inés de la Cruz, en el caso mexicano y en Juana Manuela Gorriti, en el caso argentino, a pesar de que esta última se inclinó más por la narrativa que a la poesía. Y si bien en ambos países hubo atisbos de feminismo en la poesía costumbrista del siglo XIX, es a finales de esta centuria y comienzo de la siguiente cuando vamos a encontrar ese renacer de la poesía de reivindicación de la mujer.

Podríamos afirmar que Alfonsina Storni quien junto a la chilena Gabriela Mistral y a las uruguayas Juana de Ibarbourou y Agustina Delmiri forman el cuarteto de la poesía fundacional del feminismo poético hispanoamericano, marca el camino de esta resistencia. A decir de Gisela Bencomo:

Ellas se vinculan brusca, apasionada y violentamente con los cambios de la convulsiva sociedad latinoamericana de principios de siglo. A través de la poesía, esas mujeres se liberaron socialmente y tal liberación se produjo por medio de un lenguaje particular, tan particular en sus signos de comunicación y contenido, que no es ni el lenguaje de los modernistas ni tampoco el de la Vanguardia. Ellas componen un grupo renovador (Bencomo, 2012, p. 134).

De aquí inferimos y enunciamos un segundo postulado del feminismo poético: la búsqueda de un lenguaje propio que no sigue los dictados del canon literario patriarcal. Ese lenguaje tendría que responder a esas necesidades fundamentales de su esencia lírica reafirmar la voz de protesta, de lucha, territorio de la resistencia frente al otro. En su poema “Tú que me quieres blanca” (Storni, 1918) dice la poeta:

Tú me quieres alba,
Me quieres de espumas,
Me quieres de nácar.
Que sea azucena. Sobre todas, casta.
De perfume tenue.
Corola cerrada.

Este poema es todo un manifiesto de protesta contra el otro que la quiere y la desea con unas cualidades específicas según el gusto del otro, en este caso del hombre que es la concreción mayor de la sociedad patriarcal.

Hay que destacar, que, en la evolución del feminismo, este es el momento en el que la mujer lucha por la igualdad frente al otro, frente al que domina, al que avasalla, en el que las poetas reconocen la injerencia de ese otro en su ser antropológico. Ya no es una cuestión sociológica, es una dominación que va más allá.

En el caso específico de México, hay que considerar como punto de irrupción la presencia de la poeta, ensayista, historiadora, narradora e intelectual Rosario Castellanos (1925), la pionera del feminismo como tal en su país. En ella se reflejan contundentemente la conciencia de sus búsquedas y de su resistencia. El poema “Ajedrez” es una clara muestra de ello:

Porque éramos amigos y, a ratos,
nos amábamos;
quizá para añadir otro interés
a los muchos que ya nos obligaban
decidimos jugar juegos de inteligencia.
Pusimos un tablero enfrente de nosotros:

equitativo en piezas, en valores,
en posibilidad de movimientos.

Aprendimos las reglas, les juramos respeto
y empezó la partida.

Henos aquí hace un siglo, sentados,
meditando encarnizadamente
cómo dar el zarpazo último que aniquile
de modo inapelable y, para siempre, al otro.

De salida, el sujeto poético femenino, necesita añadir otro interés al amor, que parece no ser suficiente, en este juego de poderes que enfrentan a la mujer que ha sido sometida históricamente frente al otro, el opresor. Llama la atención, desde luego, la circunstancia de igualdad en la que se enfrentan los oponentes y el fin último que ambos buscan.

Más ilustrativo resulta aún el siguiente poema, “Pasaporte”, en el que la vemos en esa lucha del poeta con el lenguaje, que no es otra cosa que la búsqueda del estilo propio:

¿Mujer de ideas? No, nunca he tenido una.

Jamás repetí otras (por pudor o por fallas nemotécnicas).

¿Mujer de acción? Tampoco.

Basta mirar la talla de mis pies y mis manos.

Mujer, pues, de palabra. No, de palabra no. Pero sí de palabras,
muchas, contradictorias, ay, insignificantes,
sonido puro, vacuo cernido de arabescos,
juego de salón, chisme, espuma, olvido.

Pero si es necesaria una definición
para el papel de identidad, apunte
que soy mujer de buenas intenciones
que he pavimentado

un camino directo y fácil al infierno. (Castellanos, 1959, p. 84)

¿Cuáles son las buenas intenciones de Rosario Castellanos? ¿El haber enfrentado de una manera diferente la realidad circundante? Sí, pero con el correspondiente riesgo, aun siendo de buenas intenciones ha pavimentado un camino directo y fácil al infierno. ¿Para ella?, ¿para el otro? No olvidemos, que siendo mujer de buenas intenciones es mujer sin palabras, porque las que tiene están vacías, insignificantes, sin carga semántica, contradictorias, olvido...

En Argentina, a la poesía de resistencia feminista que inició Alfonsina Storni (1892), se suma Alejandra Pizarnick (1936), coincidiendo ambas en el amor frustrado como motor para reconocer y reconocerse como seres individuales únicos, oprimidos en su condición de mujer.

En el poema “Te hablo”, un texto deliberadamente oscuro, encontramos la voz de la desesperación a raíz de ese amor frustrado:

Estoy con pavora.

Hame sobrevenido lo que más temía.

No estoy en dificultad: estoy en no poder más.

No abandoné el vacío y el desierto.

Vivo en peligro.

Tu canto no me ayuda.

Cada vez más tenazas, más miedos,

más sombras negras.

En este poema de Alejandra Pizarnick (1936) podemos percibir el desasosiego de la mujer **in crescendo**, la mujer que se acerca al abismo porque en su vida son cada día más las fuerzas que la oprimen, tenazas, miedos, sombras negras...por eso se siente en “no poder más” y que “vive en peligro”.

Tanto Rosario Castellanos en México, como Alfonsina Storni en Argentina, marcaron un camino que ha sido seguido por muchísimas autoras. Así, en México podemos mencionar a Elena Jordana, Isabel Fraire, Dolores Dorante, Coral Bracho, Kyra Galván, Karina Vergara Sánchez, entre muchas otras, y paralelamente en Argentina, entre las que se suman a la avanzada de la poesía feminista, a Olga Orozco, Anahí Lazzaroni, Norah Lange.

Mientras en Argentina y México el feminismo poético hunde sus raíces en la sociedad colonial y postcolonial y resurge hacia finales del siglo XIX y principios del XX, ¿qué estaba pasando en Panamá?, ¿cultivaron las mujeres panameñas poesía de resistencia en el istmo? “Desde luego que sí, para respaldar esta aseveración hay que acudir a dos nombres fundacionales Elsie Alvarado de Ricord (1928) y Bertalicia Peralta (1939)” (Jaramilo Levi, 2007, p. 21). Ambas coinciden en levantar su voz de inconformidad, de protesta ante la negación de sus derechos cabales por parte de una sociedad patriarcal que decide imponerles un rol y un patrón de comportamiento. Si bien hay dos caminos diferentes en la andadura poética de estas dos mujeres, Alvarado de Ricord es el erotismo sutil a flor de piel, con metáforas puras y contundentes; Bertalicia Peralta, por su parte, es la rebeldía contra toda imposición, desde su concepción lésbico-erótica del universo. Ambas son mujeres en el más amplio y profundo sentido de la palabra, mujeres de carne y hueso deseosas de sentirse libres en su condición espiritual y sensual.

En palabras de Watson (2012) en Peralta “encontramos variados componentes de amor, lesbianismo y erotismo, pero sobre todo la liberación de la mujer y la protesta social, sin quedar fuera del tema recurrente de esta generación: el neocolonialismo en Panamá” (p. 86), y destaco de la cita el último elemento que es propio de las mujeres que cultivan poesía feminista en Panamá, a diferencia de los referentes en este ensayo: México y Argentina. Es decir, el problema de soberanía. En la poesía panameña de la segunda mitad del siglo XX, la mujer no solo reivindica su lucha como ser social, sino que apunta hacia una reivindicación como ser nacional. El cuerpo y sus legítimos deseos, la psique y sus aspiraciones, no constituyen la totalidad del territorio poético del feminismo panameño, en una buena cantidad de nuestras mujeres poetas, nos encontraremos con esa extraterritorialidad del componente nacionalista, pero, a diferencia del discurso poético nacionalista o soberanista, producido por los hombres, hay en la poesía feminista panameña una visión de nacionalismo y soberanía arraigada a la propia concepción de mujer. Lo podemos ver en Consuelo Tomás, en Moravia Ochoa, en Mariafeli Domínguez, en Indira Moreno...pero siempre con la óptica de que son ante todo discursos poéticos

feministas. Esto último queda claro en el siguiente fragmento de “*Agonía de la Reina*” de Consuelo Tomás (1995):

Darte la vida en estallidos de la carne y perderme en ello.
Fue la máxima consigna que coronó el universo en mis
cabellos.
Cruce del cielo y del infierno mi vestido de flores.
Me di en las cascadas de tu aliento
en la luz derramada por los vasos de tu día.
En la efervescencia y la pólvora
con el dolor surcando los contornos de este tiempo.
Limpié lágrimas y escombros después de las conflagraciones
con una caravana de fantasmas cruzándome la calma.
Sembré las flores arrancadas de mi risa
y te puse con ellas un jardín en el pecho.

Consuelo Tomás (1995) traslada a este hermosísimo poema un tema muy caro al feminismo internacional, el rol reproductivo de la mujer frente al productivo del hombre, el sentido de uso que la sociedad patriarcal da a la maternidad y el derecho a ejercer libertad sobre lo concerniente a su propio cuerpo, aun cuando no hay una negación de esa maternidad ni la poeta reniega abiertamente de esa condición, aun cuando la maternidad represente para ella una conflagración dolorosa y costosa.

- **Formas y colores para la re existencia**

Hay quienes creen en la subversión como un rasgo esencialmente positivo, un valor que caracteriza todo un modo de expresión, un mérito artístico. Tal subversión puede ser ética o estética, y muchas veces, híbrida. Este es el rasgo fundamental que caracteriza la pintura de dos mujeres latinoamericanas Frida Kahlo en México y Raquel Forner en Argentina, a quienes he seleccionado para tratar de demostrar cómo desde la plástica, el discurso de resistencia feminista frente al otro también es un discurso de **re existencia**.

Al feminismo se le ha querido encasillar como una ramificación del postmodernismo, en el mismo sentido que se ha pretendido hacerlo con el poscolonialismo, sin embargo, la

reivindicación de los derechos de la mujer no es solamente un movimiento cultural o social, es axiológico y antropológico inclusive, por tanto, no puede difuminarse su especificidad intentando reducirlo a una simple ramificación de aquel. Desde luego hay ciertas relaciones que no pueden negarse, la investigadora canadiense Linda Hutcheon encuentra entre las tres teorías ciertos objetivos comunes:

...de/construcción de la subjetividad, de/construcción de la Historia, y proyecto de futuro para la transformación social, este último quizás reflejado con menor claridad en el postmodernismo. La deconstrucción del sujeto se haría desde distintas perspectivas en cada una de las teorías: mientras el objetivo del postmodernismo sería el sujeto humanista, el del feminismo sería el sujeto patriarcal y el del poscolonialismo sería, naturalmente, el sujeto imperialista. (Hutcheon, 1989, p.2)

- **¿Cómo se desarrolla ese proceso de deconstrucción patriarcal en estas dos artistas?**

Lo primero que habría que responder es que lo hacen por caminos distintos. En el caso de Frida Kahlo, su intención de desmontar el sujeto patriarcal está arraigada a los signos identitarios del nacionalismo mexicano y de una reivindicación del indigenismo, que no es excluyente, porque es simultáneamente defensora de la conciencia femenina de pertenecer a un grupo subyugado. Su militancia política e ideológica en el marxismo no restó nunca fuerza a su lucha feminista, a pesar de que, teniendo una génesis común, ambas teorías se distanciaron luego. En palabras de Trebisacce (2002): “debido a que los movimientos de izquierda consideraban el feminismo una amenaza para la unidad de la clase obrera, sus relaciones fueron conflictivas” (p. 61). Esto implica desde luego, un escenario más inhóspito para el feminismo, ya que social e ideológicamente su par natural serían los movimientos de izquierda. Sin embargo, también hay que señalar que, no obstante, este distanciamiento, se mantiene una correspondencia entre feminismo y movimientos sociales de izquierda (marxismo, socialismo) en cuanto a los caminos de acceso a ese programa de deconstrucción de los modelos dominantes. Al respecto sostiene Carrera Suárez (2010) que:

Comparten la posición de alteridad, y por lo tanto la posición de Otro, colonizado o femenino; la jerarquía implícita en el binomio mismo/otro constituye un objetivo a la vez que un instrumento de análisis. Las formas de opresión y represión, la utilización necesaria de la lengua de los opresores, los conceptos teóricos de voz, lenguaje, mimesis, representación, son preocupaciones compartidas, como lo son la defensa de la especificidad histórica y cultural frente a conceptos falsamente “universales” y el interés por la diferencia, con sus intersecciones de clase, raza, género, etnia, cultura, edad. (p. 4)

Desde esta perspectiva, hay elementos esencialmente vinculantes entre ambas posturas que dan paso a la necesidad de observarlas analógicamente y no desde una arista del distanciamiento. Si ambas coinciden en que provienen y caminan hacia la otredad, entonces habría que seguir entendiendo la lucha feminista desde la matriz ideológica del socialismo. En este sentido, manifiesta Dahan (2008):

El socialismo es necesario para la liberación de la opresión de género. En primer lugar, porque hay que abatir el capitalismo si queremos crear las condiciones de la emancipación del yugo patriarcal. Pero también porque resulta indispensable rebasar la división entre la esfera de la producción y la de la reproducción, así como democratizar radicalmente el conjunto de la sociedad y de las relaciones de producción. (p. 62)

Ella entiende claramente que ese intento de la mujer por desmontar el sujeto patriarcal desde el arte tiene que materializarse por la vía de la destrucción del capitalismo que es el sustento de dicho sujeto, y hago énfasis en algo que considero especialmente importante en este planteamiento de Dahan (2008): la reinvención de los roles de producción y reproducción en los que se sustenta el capitalismo.

¿Son estas las preocupaciones de las artistas elegidas para demostrar que el feminismo es territorio de re existencia? Sinceramente pienso que sí.

Frida Kahlo (1907), si bien parte desde una perspectiva muy personal del dolor físico y emocional, pronto descubre los mecanismos de opresión del patriarcado capitalista con su consecuente reacción, y aunque no puede entenderse su obra pictórica segregada de su

biografía, va poco a poco impregnando su pintura de nacionalismo e indigenismo y de un profundo feminismo que signará su portentosa obra de allí en adelante. Es decir, su producción va más allá del individualismo intrascendente. Su resistencia la concreta en sus retratos, tema predilecto, porque en su dolor personal reconoce el dolor y la angustia de otros y porque en sus diversas versiones del yo desdoblado, crea la ruptura que no es otra cosa que el símbolo de la disconformidad. Si bien, esa predilección está orientada por la pintura retratista del siglo XIX, y apenas dice poco de lo que luego contará su obra posterior, hay que señalar que muestra atisbos de esa otra época suya, el mexicanismo, en la que destaca sin lugar a dudas, la influencia de su esposo, el consagrado pintor mexicano Diego Rivera.

De la obra de Frida Kahlo:

En sus pinturas, Frida se representó en escenarios amplios, áridos paisajes o en frías habitaciones vacías que remarcaban su soledad. Los retratos más intimistas de cabeza o de busto se complementaban con objetos de significado simbólico. En cuanto a los retratos de cuerpo entero, se integraban en representaciones escénicas y enmarcaban su propia biografía: la relación con su esposo, cómo sentía su cuerpo, sus enfermedades consecuencia de su accidente juvenil, la incapacidad de engendrar hijos, su filosofía de la naturaleza y del mundo. Expresó sus fantasías y sentimientos por medio de un vocabulario propio con símbolos que precisan ser descifrados para entender su obra. Estas representaciones rompieron tabús especialmente sobre el cuerpo y la sexualidad femenina (Kettenmann, 1999, pp. 17-18).

Como puede observarse, Kettenmann caracteriza la obra pictórica de Frida enumerando unos cuantos elementos claves: soledad, simbolismo, corporalidad, esterilidad, filosofía, fantasía, lenguaje propio, concepción de mujer y sexualidad, rasgos de ese feminismo que emana de la pintura de esta artista.

Mientras en México, Frida desafiaba el canon estético imperante, en el Cono Sur, Raquel Forner luchaba por desmontar el sujeto patriarcal, poblando sus pinturas de mujeres, no retratándose a ella misma abiertamente como en el caso de Frida Kahlo.

Durante toda su trayectoria artística, Raquel Forner colocó como protagonistas de sus obras a las mujeres, y aunque esta sea una constante, es en la década del 30 cuando recrudece su vocación para el drama, mostrando una profunda capacidad para expresar en ellas, la angustia y el sufrimiento. En esta etapa, su obra fue marcada especialmente por dos sucesos: La Guerra Civil Española y la Segunda Guerra Mundial que la llevan a concebir el universo como un escenario caótico y desolado. Dice en este sentido Belej (2020) que la obra de Raquel Forner es:

Reconocida por el dramatismo de las obras que expresan los horrores de la Guerra Civil española y de la Segunda Guerra Mundial, en las décadas de 1930 y 1940, produce imágenes atormentadas, paisajes desolados y tiene un especial interés por la figuración femenina como mártir de la tragedia de la guerra y la muerte. (p. 101)

Nuevamente nos encontramos con una pintora en la que los caminos del poscolonialismo y el feminismo se cruzan. No se trata solamente del problema ideológico y social, sino esencialmente de un problema de género. Canteros (2018) lo señala así:

La capacidad de Forner para mostrar el drama humano y el sufrimiento hace que su obra sea atemporal y valiosa para recuperar en el contexto actual donde se ejerce tanta violencia sobre la mujer y cobra protagonismo el colectivo feminista que permanece en pie, dando batalla. (p. 10)

Drama humano y sufrimiento en la mujer, no es la congoja general de los oprimidos, es especialmente la de la mujer. En este sentido y en el de la búsqueda de un lenguaje expresivo radican las posibilidades de Raquel Forner de crear espacios propicios para la resistencia, primero y para la re existencia, después. “Las mujeres son el gran tema de Raquel, como una indagación en sí misma y sobre el género al que pertenece, como una crítica al mundo en general, desde su subjetividad hacia el contexto histórico donde desarrolla su obra” (Ibidem, 2018, p.11).

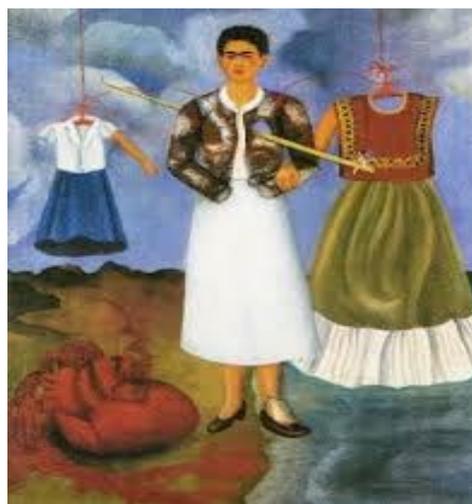
No quedan dudas de que la pintura de Raquel Forner propone desde su obra un feminismo amalgamado a la preocupación social, a la marginalidad, sin que aquel pierda su esencia.

Ambas pintoras cuestionan, denuncian, protestan ante una opresión que ha pesado sobre la mujer por siglos y proponen desde sus códigos estéticos (que son también continentes de la nueva moral) un proyecto de futuro para una transformación social y en ese sentido, desde la beligerancia y la resistencia, construyen toda una obra que es en sí una propuesta para la re existencia, muy específicamente, frente al otro, lo que equivale, palabras más, palabras menos al desmontaje del sujeto patriarcal, fin último de sus preocupaciones.

Apreciemos apenas dos pinturas de estas magníficas artistas. “Recuerdos” de Frida Kahlo de 1937 y “Mujeres del Mundo” de Raquel Forner de 1938 sin olvidar que los planteamientos vertidos en este ensayo se apoyan en un considerable grupo de pinturas de cada una de ellas.

En el caso de Frida Kahlo, podemos observar su autorretrato con un agujero en donde debería ir su corazón, mientras junto a su pie derecho yace un gran corazón sangrante y caído. Se nos presenta en este cuadro la mujer a quien le han arrancado el corazón, la expresión, que está sin manos para hacer, toda llena de recuerdos simbolizados en los dos vestidos que cuelgan en el aire como si fueran marionetas, el de colegiala, sus años felices, y el de tehuana, símbolo de su mexicanismo que contrastan con su propia vestimenta en uso más de influencia europea.

Figura 1
Recuerdos Frida Kahlo, 1937.



Fuente: Artycultura

En el caso de “Mujeres del mundo”, la propia autora declaró en una explicación que esas mujeres representan los cinco continentes, América en el centro con un ramo de espigas en su mano. Ellas son las protagonistas del dolor. En el fondo de la pintura, está la desolación, el dolor, el luto mostrado con una paleta de tonos suaves y grisáceos acordes con el tema y el sentir de la pintora. El miedo, la agonía, y hasta la resignación son bellamente plasmados en los rostros de las mujeres.

Figura 2

Mujeres del mundo, Raquel Forner, 1938.



Fuente: Raquel Forner-Las mujeres en el arte

3. Conclusiones

A manera de conclusión, puedo afirmar que la poesía y la pintura feminista se cultivan en todos los rincones del continente, con más analogías que discrepancias, que es la misma preocupación y es el mismo grito de libertad en México, en Argentina y en Panamá. Y si bien son diversos los orígenes diacrónicos de este movimiento en cada uno de los países seleccionados para este ensayo, la conciencia de artista de la resistencia está palpable en las mujeres seleccionadas de nuestra América. Resistencia que se manifiesta en la búsqueda de un lenguaje propio, en la necesidad de ser la voz de las sin voz, experiencia unipersonal y social a la vez, en definitiva, el desarrollo de una poética que busca desde la poesía y la pintura equilibrar la balanza de género, que no de sexo.

Podrán llamarse Alfonsina, Rosario, Bertalicia, Elsie, Alejandra, Elena, Anahí, Frida, Raquel...lo cierto es que todas, y cada una con su sello propio, han desarrollado una conciencia de beligerancia frente al otro, frente al sujeto patriarcal, y que todos sus intentos por deconstruirlo han creado territorios de resistencia que implican justamente, tierra fértil para la re existencia.

Referencias bibliográficas

- Belej, C. (2020) Raquel Forner: Imágenes ancladas. *Estudios curatoriales*, 1(10), 1-13. <https://revistas.untref.edu.ar/index.php/rec/article/view/816>
- Bencomo G. (2012). Poesía femenina hispanoamericana. Buenos Aires. Terra.
- Canteros, G. (2018). "Mujeres en el arte". [Mujeres en el arte: Raquel Forner | Agencia Paco Urondo](#)
- Carrera, Suarez, I. (2010). Feminismo y poscolonialismo: estrategias de subversión. Universidad de Oviedo.
- Foucault, M. (1993) Arqueología del Saber. Madrid. Visor.
- Jaramilo Levi, E. (2007). Gajes del Oficio. Universidad Tecnológica de Panamá.
- Hutcheon, L. (1989) "Circling the Downspout of Empire": Post-Colonialism and Postmodernism", *ARIEL*, vol 20, no 4, 149-175
- Kettenmann, A. (1999) Frida Kahlo (1907-1954): dolor y pasión. Taschen Benedikt.
- Watson Espener, M. I., Wynter, C., & Cornejo, D. (2012). *Historia viva de Panamá en los versos de 10 mujeres*. Panamá: FUGA Editorial.
- Trebisacce, C., "Una segunda lectura sobre las feministas de los '70 en Argentina", *Conflicto Social*, 3(4), 27-52. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5858/1/T2428-MH-Salazar-La%20experiencia.pdf>

La revocatoria del acto administrativo como potestad legal de la administración pública en el ejercicio de sus funciones

The revocation of the administrative act as a legal power of the public administration in the exercise of its functions

Aquilino Broce Bravo¹

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Los Santos, Panamá; abroce17@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6284-6456>

Fecha de recepción: 7-08-2024

Fecha de aceptación: 27-09-2024

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v8n2.a6575>

Resumen: En la presente investigación realizaremos un análisis dogmático, normativo y jurisprudencial sobre el instrumento jurídico de revocatoria de los actos administrativos en la legislación panameña, el cual tiene su génesis con la implementación de la Ley 38 de 2000, que aprueba el estatuto orgánico de la procuraduría de la administración, regula el procedimiento administrativo general y dicta disposiciones especiales, la cual entro en vigencia el 1 de marzo de 2001 brindándole a la administración pública, la potestad legal mediante esta figura jurídica, de revocar de oficio sus propios actos de conformidad a los supuestos establecidos en el artículo 62 de la ley objeto de estudio. Es importante señalar que en el hecho de que la administración pública no ponga en práctica esta figura jurídica, la misma puede ser requerida o solicitada por un tercero interesado dentro del proceso administrativo. La revocatoria del acto administrativo tiene como principal objetivo convalidar y rectificar las actuaciones de la administración pública siempre y cuando se enmarquen en los supuestos jurídicos establecidos en la propia ley; por consiguiente, la herramienta legal en mención tiene un carácter restrictivo, ya que debe estar motivada, fundamentada y ser respetuosa de los principios de buena fe y seguridad jurídica propios de un Estado de derecho.

Palabras clave: revocatoria, acto administrativo, legalidad, administración pública.

Abstract: In this research we will carry out a dogmatic, normative and jurisprudential analysis on the legal instrument of revocation of administrative acts in Panamanian legislation, which has its genesis with the implementation of Law 38 of 2000, which approves the organic statute of the Office of the Attorney General of the Administration, regulates the general administrative procedure and dictates special provisions, which entered into force on March 1, 2001. This law gives the public administration the legal power, through this legal figure, to revoke ex officio its own acts in accordance with the assumptions established in article 62 of the law under study. It is important to note that in the event that the public administration does not put this legal figure into practice, it may be required or requested by an interested third party within the administrative process. The main objective of the revocation of the administrative act is to validate and rectify the actions of the public administration as long as they are framed within the legal assumptions established in the law itself; Consequently, the legal tool in question is restrictive, since it must be reasoned, substantiated and respectful of the principles of good faith and legal certainty inherent in the rule of law.

Keywords: revocation, administrative act, legality, public administration.

1. Introducción

La administración pública definida por muchos autores como un conjunto de dependencias propias del Estado, las cuales poseen un marco constitucional, legal y reglamentario, que determinan su estructura orgánica, atribuciones y competencias dentro del sector público, tiene como finalidad a través de las actividades que realizan cada una de ellas, brindar servicios y satisfacer las necesidades de la colectividad.

En ese sentido, la administración pública se manifiesta a la sociedad por medio de diferentes formas. El mecanismo por excelencia a través del cual los entes públicos exteriorizan su voluntad son los actos administrativos, los cuales crean, modifican o extinguen, relaciones y situaciones jurídicas, que traen consigo consecuencias de esta misma índole.

Es importante señalar que todo acto administrativo emitido por cualquier institución pública, debe ser emitido en apego a la constitución y a la ley, respetando el principio de legalidad contenido en el artículo 18 de nuestra norma fundamental el cual dispone en palabras sencillas que todo servidor público solo puede hacer lo que dispone la ley. Con base lo anterior, es por lo que todo el acto administrativo se presume legal hasta tano no sea declarado ilegal por autoridad competente.

Ahora bien, con la entrada en vigor de la Ley 38 de 31 de julio de 2000, que regula el procedimiento administrativo panameño, surge un instrumento jurídico denominado revocatoria del acto administrativo, la cual le permite de oficio al representante legal de una entidad pública, dejar sin efecto un acto administrativo anterior, en firme y que conceda derechos a terceras personas. No obstante, la revocatoria no es figura que se puede utilizar de forma discrecional por parte del servidor público, ya que la misma tiene un carácter restrictivo debido a que la revocatoria solo se puede utilizar si el acto administrativo fue emitido con posterioridad a la entrada en vigencia de la ley en mención, aunado que durante el procedimiento de emisión del acto se haya incurrido en alguno de los supuestos establecidos en el artículo 62 de la Ley 38 de 2000, los cuales serán desarrollados en el presente artículo.

2. El procedimiento administrativo como medio para la consecución de un acto administrativo

La administración pública observada desde un punto de vista subjetivo, la podemos definir como el conjunto de entidades de carácter público, las cuales poseen un marco jurídico que tiene como objeto regular y brindar un servicio estatal, con la finalidad de satisfacer una necesidad de la colectividad. Para alcanzar ese objetivo, la administración pública necesita poner en funcionamiento su engranaje interno, el cual puede iniciar su funcionamiento de oficio o a instancia de parte. Es ahí, donde inicia el procedimiento administrativo el cual es definido por Gordillo (2013) como “la serie de actos a través de los cuales se desenvuelve la actividad principalmente de los organismos administrativos” (p. 456).

En ese orden de ideas Franch (2014) establece que el “procedimiento administrativo es un camino formal para producir un acto administrativo en que se demuestre que la administración, en el ejercicio de su potestad, ha conseguido, a través de su resolución, la resolución mejor para el interés público” (p. 133). Como podemos observar, el procedimiento administrativo está ligado a la propia actividad de la Administración, basada en facultades otorgadas por el ordenamiento jurídico, el cual también les otorga las normas adjetivas que debe cumplir para alcanzar un resultado final eficaz y eficiente a través del acto administrativo.

Expuesto lo anterior, no podemos confundir los conceptos de procedimiento administrativo y proceso administrativo, ya que el primero como lo mencionamos en el párrafo anterior guarda relación con el conjunto de actuaciones que realiza la administración pública de oficio o a instancia de parte con la finalidad de conseguir un pronunciamiento por parte de este, mediante un acto administrativo. En cambio, el segundo es definido por Márquez (2020) como “la vía legalmente prevista para canalizar las acciones de quienes demandan justicia ante los tribunales a fin de resolver una controversia administrativa” (p. 165).

Una vez identificada la diferencia entre procedimiento administrativo y proceso administrativo, nos centraremos en el primero, toda vez que es necesario que exista un

procedimiento previo, para que la administración pública pueda exteriorizar su voluntad por medio de un acto administrativo, considerado el instrumento por excelencia a través del cual los entes públicos crean, modifican y extinguen situaciones jurídicas entre la administración y los administrados. Es importante señalar, que es dentro de esta fase en donde un particular o la entidad de oficio pueden utilizar la figura jurídica de revocatoria de actos administrativos.

3. El acto administrativo

La administración pública posee diversos mecanismos de actuación entre los cuales podemos mencionar los hechos administrativos, las operaciones administrativas, las vías de hecho, las omisiones administrativas y los actos administrativos. Este último, ha sido objeto de innumerables estudios doctrinales y sobre el cual haremos mención en este apartado. Toda vez que, si la administración pública no manifiesta su voluntad a través de él, la figura jurídica de revocatoria no pudiese ejecutarse por parte del ente público, ya que para ello es necesario su existencia y su ejecutoriedad.

En ese orden de ideas, el acto administrativo es propio de la actividad administrativa, ya que, por medio de este, la administración pública confecciona y emplea las reglas jurídicas relacionadas al servicio público que presta.

Araúz (2015) define el acto administrativo como “las manifestaciones de voluntad de la administración tendientes a modificar el ordenamiento jurídico, es decir, a producir efectos jurídicos” (p. 90). Por otro lado, Gordillo (2013), define al acto administrativo como una “declaración unilateral realizada en ejercicio de la función administrativa, que produce efectos jurídicos de forma directa” (p. 218).

De las definiciones expuestas, observamos elementos importantes que nos ayudan a identificar cuando estamos frente a un acto administrativo. Entre esos elementos podemos mencionar:

- a) La manifestación de voluntad: no es más que el contenido que exterioriza la entidad pública por medio del acto, en otras palabras, la materia o situación jurídica de fondo que pretende regular el ente público.

- b) Unilateralidad: Esa manifestación de voluntad que emite la administración pública, no surge a raíz de un consenso o acuerdo, sino que devine de la propia ley; es decir, una potestad legal que le confiere la ley a la entidad pública para regular una situación jurídica.
- c) Produce efectos jurídicos: todo acto administrativo, tiene como finalidad crear, modificar o extinguir derechos a los administrados o en una situación jurídica de carácter general; en otras palabras, que afectan a toda la colectividad.

Es importante traer a colación la definición de acto administrativo que establece la Ley 38 de 31 de julio de 2000, que regula el procedimiento administrativo panameño, la cual en su glosario lo define de la siguiente forma:

Declaración emitida o acuerdo de voluntad celebrado, conforme a derecho, por una autoridad u organismo público en ejercicio de una función administrativa del Estado, para crear, modificar, transmitir o extinguir una relación jurídica en que algún aspecto queda regida por el Derecho Administrativo. (p.55)

Aunado al concepto expuesto, la misma ley preceptúa una serie de elementos esenciales para la existencia y valides de un acto administrativo, entre los que están: competencia, objeto, finalidad, causa, motivación, procedimiento y forma. En cuanto al primer elemento, tenemos a bien indicar que es la base, el punto de partida para la emisión de un acto administrativo, ya que el servidor público que no tenga competencia o potestad legal para ello, no puede emitirlo. El segundo elemento corresponde al objeto, este va relacionado al contenido, materia o situación jurídica que se pretende crear, modificar o extinguir, el cual debe ser lícito y posible; es decir, que no vaya en contra de la ley y que se sea posible su ejecución.

Continuando con los elementos esenciales del acto administrativo, nos referimos a la finalidad, relacionado al objetivo que persigue el mismo, el cual debe ser consonó con el ordenamiento jurídico y no estar destinado a encubrir situaciones jurídicas en beneficio de intereses públicos o particulares. El cuarto elemento es la causa, relacionado al nexo que debe existir entre los hechos, el contenido y el ordenamiento jurídico aplicable al negocio

jurídico que se pretende regular mediante el acto administrativo. El quinto elemento es la motivación, uno de los más importantes ya que se refiere a la explicación o argumentación que hace la entidad de los hechos en discusión y el derecho aplicable sobre el cual la entidad pública fundamenta su decisión. Por último, están los elementos de procedimiento y forma, el primero relacionado a la serie de pasos que se deben cumplir dentro del procedimiento administrativo para que se materialice una decisión final por parte del ente público y el segundo relacionado en cómo se exterioriza la voluntad unilateral de la administración, la cual en su mayoría es por escrito, por medio de circulares, resoluciones, actas, notas, etc.

4. Revocatoria del acto administrativo

- **Concepto**

En primer lugar, es importante traer a colación el significado del concepto revocar el cual es definido en el Diccionario Jurídico de Cabanellas (2001) como “dejar sin efecto una declaración de voluntad o un acto jurídico, cuando tiene la potestad, como en los testamentos, el mandato o en ciertos casos de donaciones” (p. 153). De la presente definición, podemos extraer frases importantes que son propias de la naturaleza de esta figura jurídica como “dejar sin efecto un acto jurídico” y “tener potestad”, el primero guarda relación con la finalidad de este instrumento jurídico y el segundo relacionado a la facultad legal que debe tener el ente o el servidor público para poder llevarla a cabo.

Ahora veamos algunas definiciones doctrinales sobre el concepto revocatoria, Fraga (2000) define la revocación como “el retiro unilateral de un acto válido y eficaz, por un motivo superveniente” (p. 304), por su parte Zanobini (2020) señala que esta figura jurídica es “una forma de remedio contra los actos administrativos que, sin ser contrarios al derecho, están viciados en el mérito” (p. 258).

Por su parte, la ley 38 de 31 de julio de 2000, que regula el procedimiento Administrativo General y dicta disposiciones especiales, en el numeral 100, artículo 201, Título XIII Glosario, desarrolla la noción de Revocatoria como la “Decisión adoptada por autoridad competente que deja sin efecto una decisión o acto anterior” (p. 65). De todo lo antes expuesto, se colige que la revocatoria es un instrumento legal que posee la

administración pública y los administrados, para que por medio de un proceso se pueda dejar sin efecto un acto administrativo anterior que ha sido emitido por una autoridad competente, por motivo que haya un cambio circunstancial o poseen un vicio el cual puede ser convalidable.

- **Fundamento legal**

Es importante resaltar que previo a la entrada en vigor de la Ley 38 de 31 de julio de 2000, que regula el procedimiento administrativo general, el principio general de derecho administrativo que prevalecía en las actuaciones de la administración pública era el de irrevocabilidad de los actos administrativos, el cual prohíbe a la administración revocar sus propios actos que crean, reconocen o declaran derechos subjetivos. En otras palabras, la administración pública antes de la entrada en vigor de la ley en mención, no poseía potestad legal de revocar, de oficio, un acto administrativo en firme que declare o reconozca derechos a favor de terceros, al menos que los mismos fueran contrario al interés y orden público.

En ese orden de ideas, la figura de revocatoria del acto administrativo, tiene su asidero legal con la entrada en vigor de la Ley 38 de 31 de julio de 2000, que regula el procedimiento administrativo, específicamente en su artículo 62, el cual dispone lo siguiente:

Artículo 62. Las entidades públicas solamente podrán revocar o anular de oficio una resolución en firme en la que reconozcan o declaren derechos a favor de terceros, en los siguientes supuestos:

1. Si fuese emitida sin competencia para ello;
2. Cuando el beneficiario de ella haya incurrido en declaraciones o haya aportado pruebas falsas para obtenerla;
3. Si el afectado consiente en la revocatoria; y
4. Cuando así lo disponga una norma especial.

En contra de la decisión de revocatoria o anulación, el interesado puede interponer, dentro de los términos correspondientes, los recursos que le reconoce la ley.

La facultad de revocar o anular de oficio un acto administrativo no impide que cualquier tercero interesado pueda solicitarla, fundado en causa legal, cuando el organismo o funcionario administrativo no lo haya hecho. (p.19)

De la norma citada, llama la atención una serie de factores y características propias de esta figura jurídica que se encuentra dentro del marco legal que regula el procedimiento administrativo. Entre los factores importantes que podemos destacar es que la misma procede de oficio; es decir, la propia administración tiene la potestad legal de revocar o anular un acto administrativo, poniendo en práctica el principio de autotutela en la esfera administrativa. En otras palabras, se actúa de oficio cuando la propia entidad luego de revisado su propio acto, se percata que el mismo se enmarca en el alguna de las cuatro (4) causales descritas en el artículo 62 de la Ley 38 de 2000, procede de manera inmediata a revocar el mismo. Por otro lado, en caso tal que la administración no revoque o anule un acto administrativo, la norma le brinda la oportunidad a un tercero interesado para que a petición de parte lo requiera, fundamentando su solicitud en el algún motivo legal, la cual puede materializarse por medio de una solicitud o petición dirigida al servidor público o entidad que emitió el acto administrativo y el mismo le produce un agravio.

Otro factor a destacar, es la posibilidad que brinda la norma de ejercer el derecho de defensa a través de la impugnación que puede realizar el interesado que no esté conforme con la revocatoria realizada por la administración. En ese sentido, es importante traer a colación los recursos que en vía gubernativa nos proporciona el artículo 166 de la Ley 38 de 31 de julio de 2000, que regula el procedimiento administrativo. Entre los recursos que establece el artículo en mención tenemos el de reconsideración, apelación, de hecho y revisión. No obstante, de conformidad a la naturaleza del hecho que se pretende impugnar a causa de la revocatoria de oficio de un acto administrativo, los recursos a utilizar por parte del afectado serian el recurso de reconsideración, que se interpone ante el servidor público de primera o única instancia en aras de modificar, revocar o anular la situación jurídica

presentada o el recurso de apelación que se presenta ante el servidor que emitió el acto en primera instancia; sin embargo, es resuelto por el inmediato superior jerárquico con el mismo objetivo modificar, revocar o anular el acto administrativo que fue objeto de revocación por parte de la entidad.

Por último, la revocatoria de un acto administrativo se fundamenta en un principio que emana de la norma antes transcrita, y este consiste en que ninguna entidad pública puede revocar un acto administrativo, si la misma no se cimienta en alguna de las causales descritas en la norma en mención. En ese orden de ideas, podemos decir que la revocatoria de un acto administrativo, no es una facultad discrecional; por el contrario, es una potestad legal reglada, la cual tiene que ajustarse a los presupuestos que desarrolla la ley.

Veamos que ha exteriorizado la Sala Tercera de lo Contencioso-Administrativo de la Corte Suprema de Justicia, por medio de la sentencia de 11 de diciembre de 2008, dentro del expediente 283-06, bajo la ponencia del Magistrado Adán Arnulfo Arjona, respecto a la figura jurídica de la Revocatoria del Acto Administrativo:

En virtud del artículo 62 de la Ley n°.38 de 2000, se introduce en nuestro ordenamiento jurídico el concepto de revocatoria de oficio de los actos administrativos, figura jurídica que, si bien era aceptada y regulada en otros ordenamientos jurídicos, se convierte en una verdadera innovación dentro de nuestro régimen legal donde hasta la fecha de su adopción, regía el principio de irrevocabilidad de los actos administrativos.

Así, el legislador patrio introduce en nuestro ordenamiento procesal administrativo la figura de la revocatoria de oficio, la cual, tal como lo indica el propio artículo 62 de la Ley n°.38 de 2000, sólo puede ser utilizada de forma restrictiva y atendiendo a las causales que esta norma legal establece expresamente.

En cuanto al tema de la revocatoria de oficio, el autor colombiano Jorge Enrique Santos Rodríguez la define como "la extinción de la vida jurídica del acto administrativo unilateral e individual por la propia Administración con

fundamento en razones de oportunidad, mérito o conveniencia, con apoyo en un cambio en las circunstancias de hecho o de una nueva interpretación de estas y, como regla general, con efectos hacia el futuro, es decir, con efectos ex nunc". (Santos Rodríguez, Jorge Enrique. *Construcción Doctrinaria de la Revocación del Acto Administrativo Ilegal*, Universidad Externado de Colombia, Bogotá, 2005, página 57)

Ahora bien, la definición anterior recoge parcialmente lo consagrado en el artículo 62 de la Ley N° 38 de 2000, pues de una lectura de esta norma legal se logra concluir que la revocatoria de oficio de actos administrativos efectivamente constituye una extinción, ya sea total o parcial, de un acto administrativo de carácter individual por parte de la propia Administración. El carácter restrictivo que debe dársele a esta figura obedece ciertamente al contenido de los actos que son objeto de la revocatoria, que tal como lo indica la norma, son aquellos en que se reconocen o declaran derechos a favor de terceros. (s.p.)

Con base a lo anterior, podemos concluir señalando que la revocatoria de oficio es una potestad de la Administración Pública que debe utilizarse de forma restrictiva, ya que debe ajustarse a los supuestos contenidos en la norma antes citada; además, debe ser motivada adecuadamente, puntualizando las razones de interés público que la aconsejan, y tomando en consideración la vigencia de los principios de confianza legítima, seguridad jurídica y buena fe.

- **¿Cuál es el procedimiento para seguir para la revocatoria del acto administrativo?**

Previo a la modificación introducida por el artículo 3 de la Ley 62 de 2009, al artículo 62 de la Ley 38 de 2000, toda entidad pública que pretendiese revocar un acto administrativo, debía solicitar la opinión del personero municipal, si aquella fuera de carácter municipal; del fiscal de circuito, si fuera de carácter provincial; y del Procurador de la Administración, si fuere de carácter nacional.

Luego de la modificación introducida por la norma antes mencionada, el procedimiento de revocatoria del acto administrativo sufrió un cambio significativo, debido a que ya no se requiere la opinión previa de las autoridades municipales, provinciales o nacionales.

En ese sentido, no exististe actualmente en la ley 38 de 31 de julio de 2000, que regula el procedimiento administrativo general y dicta otras disposiciones, un artículo que describa el procedimiento a seguir para llevar a cabo la revocatoria de un acto administrativo. Por lo tanto, toda entidad pública, de oficio o a petición de parte, podrá revocar de oficio una resolución en firme en la que se reconozcan o declaren derechos a favor de terceros cuando ésta se fundamente en alguna de las cuatro causales descritas en el artículo 62 de la Ley 38 de 2000.

5. ¿Cuándo es viable jurídicamente la revocatoria de un acto administrativo?

El artículo 62 de la Ley 38 de 2000, que regula el procedimiento administrativo y dicta otras disposiciones, establece de forma expresa los supuestos en los cuales puede aplicarse de oficio la revocatoria de un acto administrativo, veamos cada uno de ellos:

- **Debe tratarse de un acto administrativo en firme y que conceda derechos a terceros**

Con respecto a este supuesto, es importante indicar que un acto administrativo en firme, es aquel que ha sido notificado a la persona interesada y que a su vez no haya interpuesto en tiempo oportuno, ningún tipo de recurso o medio impugnativo que suspenda la eficacia del acto administrativo que se le está poniendo de conocimiento. En otras palabras, son aquellos que ponen fin a un procedimiento administrativo. Aunado a lo anterior, debe tratarse de un acto administrativo de carácter particular, es decir aquellos que afectan situaciones jurídicas particulares o concretas; es decir, que crean, modifican o extinguen una circunstancia jurídica a una persona.

- **El peticionario debe acreditar su condición de tercero interesado**

Recordemos que de conformidad a lo dispuesto en el último párrafo del artículo 62 de la ley 38 de 2000, un particular puede solicitar la revocatoria de oficio de un acto administrativo, en caso tal que la entidad no haya ejercido dicha potestad legal; no

obstante, para que sea viable jurídicamente la solicitud por parte del tercero, debe demostrar un interés legítimo; o sea, debe probar que la emisión de ese acto administrativo le haya causado un perjuicio, aunado a que la solicitud debe enmarcarse dentro de alguno de los supuestos contenidos en la norma antes citada.

- **Incurrir en alguna de las siguientes cuatro (4) causales:**

El artículo objeto de análisis dispone 4 causales para que una entidad pueda revocar de manera oficiosa un acto administrativo en firme. (i) La primera es la falta de competencia, en otras palabras, el funcionario que profirió el acto no estaba facultado constitucional ni legalmente para ello; (ii) La segunda que el beneficiario del derecho declarado haya incurrido en falsedad para lograr que la resolución fuera expedida, es decir que dentro del procedimiento administrativo previo a la emisión del acto, el beneficiario haya aportado documentación falsa, alterada o simplemente haya mentido para alcanzar su objetivo; (iii) cuando el afectado manifieste estar de acuerdo en que la resolución que le concede el derecho sea revocada; (iv) Cuando exista una disposición legal que establezca que la resolución, de la manera en que fue emitida, debe ser revocada. Veamos cada una de ellas desde un escenario jurisprudencial:

Respecto a la causal descrita en el numeral 1 del artículo 62 de la Ley 38 de 2000, que regula el procedimiento administrativo, traemos a colación la sentencia de 11 de mayo de 2017, proferida por la Sala III de la Corte Suprema de Justicia, en el expediente N°762-15, bajo la ponencia del Magistrado Abel Zamorano, en donde la Sala exterioriza la buena aplicación e interpretación del numeral y artículo objeto de análisis:

Sentencia 11 de mayo de 2017:

El autor colombiano Jorge Enrique Santos Rodríguez, citado por la Sala Tercera de la Corte Suprema de Justicia, define la revocatoria del acto administrativo como "la extinción de la vida jurídica del acto administrativo unilateral e individual por la propia Administración con fundamento en razones de oportunidad, mérito o conveniencia, con apoyo en un cambio en las circunstancias de hecho o de una nueva interpretación de las mismas y, como

regla general, con efectos hacia el futuro, es decir, con efectos ex nunc". (Santos Rodríguez, Jorge Enrique. *Construcción Doctrinaria de la Revocación del Acto Administrativo Ilegal*, Universidad Externado de Colombia, Bogotá, 2005, página 57) (Demanda Contencioso Administrativa de Plena Jurisdicción, interpuesta por Héctor Palacio, para que se declare nula, por ilegal, la Resolución No. 6671-2004 de 3 de diciembre de 2004, emitida por el director general de la Caja de Seguro Social. Fallo de 11 de diciembre de 2008. Ponente: Magistrado Adán Arnulfo Arjona L).

Tomando en consideración las anotaciones anteriores, así como de un análisis de las constancias procesales y demás elementos probatorios (incluido el expediente administrativo contentivo del Contrato n° 95 de 4 de julio de 2003), se desprende que, al momento de la expedición de la Resolución N° 2014-113 de 25 de abril de 2014, que resolvió admitir la solicitud de prórroga del referido Contrato n°.95 de 2003, a través del cual se otorgó a la concesionaria CONSTRUCTORA ALFA, S.A. derechos exclusivos para la extracción de minerales no metálicos (piedra de cantera), la Dirección Nacional de Recursos Minerales del Ministerio de Comercio e Industrias carecía de competencia para el otorgamiento de una extensión de dicha concesión, pues, como lo indica el artículo 2 de la Ley N° 109 de 1973, por la cual se reglamenta la explotación y exploración de minerales no metálicos utilizados como materiales de construcción, cerámicas, refractarios y metalúrgicos, los contratos sobre la materia serán celebrados por la nación, representada por el Ministerio de Comercio e Industrias, y el peticionario; aunado al hecho que de acuerdo al artículo 294 del Código de Recursos Minerales, la Dirección Nacional de Recursos Minerales únicamente cuenta entre sus funciones la de recibir y tramitar las solicitudes relacionadas con concesiones mineras, y no la de otorgar concesiones o prórrogas a las mismas, ni mucho menos suscribir los contratos de concesión respectivos.

En virtud de lo anterior, la Sala Tercera considera que la actuación adoptada por la Administración obedeció a una correcta interpretación de la normativa que rige la revocatoria de los actos administrativos, por resultar aplicable lo dispuesto en el numeral 1 del artículo 62 de la Ley n°.38 de 31 de julio de 2000, quedando desvirtuados de igual forma los cargos endilgados al artículo 14 de la Ley N° 109 de 1973, que se refiere a las prórrogas de los contratos de concesión, y al artículo 36 de la Ley n°38 de 2000, pues la Dirección Nacional de Recursos Minerales del Ministerio de Comercio e Industrias cumplió la normativa vigente en su totalidad, motivando adecuadamente los elementos jurídicos que sustentaron su decisión de revocar la Resolución N° 2014-113 de 25 de abril de 2014, mediante la cual se admitió la solicitud de prórroga del Contrato n°95 de 4 de julio de 2003, otorgado a la empresa CONSTRUCTORA ALFA, S.A. (s.p.)

En el presente caso, se ejemplifica la aplicación del numeral 1 del artículo 62 de la norma en mención, toda vez que una dependencia del Ministerio de Comercio e Industria, admitió por medio de un acto administrativo una solicitud de prórroga de una concesión sin estar facultada para ello; en consecuencia, la entidad luego de un análisis de su normativa decide revocar el acto administrativo con el cual se había admitido la solicitud de prórroga.

Sobre la causal descrita en el numeral 2 del artículo 62 de la Ley 38 de 2000, que regula el procedimiento administrativo, la Sala III de la Corte Suprema de Justicia, a través de Sentencia de 12 noviembre de 2008, en el negocio jurídico N°668-05, bajo la ponencia del Magistrado Víctor L. Benavides P, señaló que la Dirección General de Trabajo del Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral, actuó en derecho al emitir la Resolución n°.49-DGT-05 de 3 de agosto de 2005, que dejó sin efecto las certificaciones n°.1156 y 1157 fechadas 21 de julio de 2005 del Departamento de Organizaciones Sociales de la Dirección General de Trabajo, sobre el particular la Sala Tercera indicó:

Sentencia 12 de noviembre de 2008:

A través del acto impugnado se dejan sin efecto las certificaciones n°1156 y 1157 a través de las cuales se establecía que los señores Luis Carlos Chang y David Valdés, habían sido escogidos como representantes sindicales del área de

las oficinas administrativas y área Hub de Panama Air Cargo Terminal (2005-2007), respectivamente.

En lo medular, sugiere la parte demandante que las normas citadas ut-supra han sido vulneradas, toda vez que se violó el debido proceso al anular de forma oficiosa un acto que no se enmarcaba en los supuestos del artículo 62 de la Ley 38. Valora la demandante que se está entorpeciendo la libertad sindical, pues esta certificación de representantes sindicales sirve de base para la comprobación de fuero sindical y reintegro del trabajador y al ser anulada deja desamparados a estos trabajadores. Asevera que la elección de representantes sindicales es impugnabile ante los juzgados de trabajo y no es potestativo del Ministerio de Trabajo.

Luego de un estudio minucioso de las constancias probatorias y los antecedentes del caso, razona este Tribunal que existe clara certeza de que los Estatutos para el Sindicato Industrial de Empleados de Líneas Aéreas y Similares de la República de Panamá establecen en su artículo XXXIX que los representantes sindicales serán escogidos en Asamblea General y como excepción, si quedasen vacantes de una representación sindical, la Junta Directiva queda facultada para nombrarlos. Adicionalmente, podemos agregar que el artículo XL de los Estatutos de SIELAS acota que la máxima autoridad del Sindicato es la Asamblea General y que los representantes sindicales serán electos durante el mes de febrero de cada dos años y estarán en función el día primero de marzo siguiente a su elección.

En atención a lo establecido en los estatutos del sindicato, puede este Tribunal colegir que el Ministerio de Trabajo, al percatarse que había expedido una certificación que quebrantaba lo establecido en los estatutos del SIELAS, procedió de oficio a revocar las certificaciones que acreditaban como representantes sindicales a los señores Chang y Valdez, ya que correspondía a la Asamblea General del SIELAS la elección de los señores antes nombrados como representantes sindicales, mas no así a la Junta Directiva del Sindicato.

Cabe agregar, que se observa en el expediente administrativo que la Junta Directiva y de representantes sindicales eligió a estos señores como representantes sindicales el día 6 de mayo de 2005, sin embargo, no se aprecia en dicho documento que la causa para su elección haya sido por razón de llenar una vacante, única excepción que permite que la Junta Directiva elija a los representantes sindicales. Aunado a lo expresado, llama la atención de este Tribunal que esta Junta Directiva realizó esta elección en el mes de mayo, cuando el artículo XL del estatuto del SIELAS establece que la elección de los representantes sindicales será durante el mes de febrero.

Importante resulta señalar, que el artículo VIII de la Ley 45 de 1967 que aprueba el Convenio n°.87 relativo a la Libertad Sindical y a la Protección del Derecho de Sindicación, establece que en el ejercicio de estos derechos las colectividades organizadas están obligadas a respetar la legalidad, y vemos, que en esta ocasión SIELAS, al escoger a los representantes sindicales, actuó contraviniendo lo establecido en su propio estatuto.

Razonamos, que esta actuación por parte de SIELAS dio lugar a que se causara el supuesto comprendido en el numeral 2 del artículo 62 de la Ley 38 de 2000, dando lugar a que la Administración anulara de oficio la certificación que otorgaba derechos a favor de los señores Luis Carlos Chang y David Valdez. (s.p.)

De lo expuesto en la sentencia en mención, se observa como la Dirección General de Trabajo del Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral, al percatarse que las certificaciones emitidas por el mismo, habían sido producto de declaraciones y documentación falsa, procede a revocar las mismas con base en la potestad legal que le concede el numeral 2 del artículo 62 de la Ley 38 de 2000, facultad legal que es secundada por la Sala Tercera de la Corte Suprema de Justicia, al indicar en la sentencia que la entidad pública demandada actuó de conformidad a lo dispuesto en la norma antes citada. Por consiguiente, podemos decir que la revocatoria le brinda la oportunidad a la administración de corregir o enmendar errores en que haya incurrido al momento de emitir un acto administrativo.

En cuanto a la causal descrita en el numeral 3 del artículo 62 de la Ley 38 de 2000, que regula el procedimiento administrativo, traemos a colación lo expuesto por la Sala III de la Corte Suprema de Justicia, a través de la sentencia de 23 de julio de 2003, dentro del expediente N°565-02, bajo la ponencia del Magistrado Adán Arnulfo Arjona:

Sentencia 23 de Julio de 2003:

A esta consideración arriba la Sala tras estimar incorrecta la actuación del ente oficial de revocar oficiosamente el derecho de ascenso a la VIII etapa en el escalafón (reconocido mediante Resolución No. 551-98, de 1 de enero de 2001) a Priscilla Jiménez, con fundamento en un análisis al expediente de esta funcionaria (Cf. f. 26). Examen según el cual la demandante no tiene el derecho al ascenso al grado VIII en el escalafón porque posee un “Certificado de Maestría en Gerencia de Salud”, y de acuerdo con el Decreto N. 259 de 178 (Art. 17) se requiere que la especialización (maestría o doctorado) ha de ser en “Laboratorio Clínico”, para ser ubicados en la categoría superior a la que asista el respectivo profesional.

A juicio de esta Superioridad, la permanencia de la interesada en el grado respectivo durante los tres años que exige la norma reglamentaria, antes de proceder el ascenso, y la presentación del título que acredita la obtención de maestría en gerencia de la salud, previo análisis por arte de los organismos o dependencias respectivas de la institución, para luego dictar un acto que resta la certeza jurídica a lo actuado, así como al derecho adquirido, es un error de la Administración que no puede desconocer los derechos subjetivos de la demandante.

A juicio del Tribunal, la Administración no podía revocar oficiosamente tal derecho sin el consentimiento expreso de la persona afectada, en este caso, Priscilla Jiménez. (p. 662)

Por último, el numeral 4 de la norma objeto de estudio lo ejemplificamos con lo dispuesto en el artículo 116 de la Ley 51 de diciembre de 2005, Orgánica de la Caja de Seguro Social, dispone lo siguiente:

Artículo 116. Facultad revisora. La Caja de Seguro Social, de oficio o a solicitud de parte interesada, está facultada para revisar los casos en los que se hayan resuelto prestaciones económicas, cuando compruebe que se ha incurrido en las siguientes causales: 1. Errores de cálculo. 2. Falta en las declaraciones. 3. Alteración en los datos pertinentes. 4. Falsificación de documentos. 5. Simulación de la invalidez por parte del paciente. 6. Falsedad en la calificación de la invalidez por la instancia correspondiente. 7. Cualquier error u omisión en el otorgamiento de tales prestaciones.

La Caja de Seguro Social solamente emitirá una nueva resolución, si de la revisión resultan modificadas tales prestaciones o revocadas las ya concedidas. En principio, los asegurados o sus dependientes no estarán obligados a devolver las sumas recibidas en exceso. No obstante, lo anterior, si las prestaciones hubieran sido pagadas a base de documentos, calificaciones, declaraciones o reclamos fraudulentos o falsos imputables al beneficiario, la Caja de Seguro Social exigirá la devolución de las cantidades ilícitamente percibidas, sin perjuicio de la responsabilidad penal a que hubiera lugar... (p.55)

Con base a lo expuesto, se observa que la Ley Orgánica de la Caja de Seguro Social, faculta para revocar sus propios actos administrativos en materia de prestaciones económicas, cuando se hayan incurrido en el alguno de los supuestos contenidos en la norma antes citada. En ese orden de ideas, la facultad de revocar el acto administrativo no proviene de la ley general sobre procedimiento administrativo, sino de una ley especial, en el caso en particular la ley 51 de diciembre de 2005.

6. Características y finalidad de la revocatoria

La figura jurídica de revocatoria de actos administrativos, posee una serie de características propias, entre las cuales podemos mencionar que se trata de una **potestad**

legal que poseen las entidades públicas, ya que la misma está regulada en el artículo 62 de la ley 38 de 2000, que regula el procedimiento administrativo. En ese sentido, si no estuviese contemplada en la norma en mención, las entidades no pudiesen revocar de oficio ningún tipo de acto administrativo.

Otra peculiaridad de la figura objeto de estudio es su **carácter restrictivo**. Sobre el particular, la Sala III de la Corte Suprema de Justicia, por medio de sentencia de 9 de noviembre de 2022, bajo la ponencia del Magistrado Cecilio Cedalise Riquelme, manifestó lo siguiente:

El artículo 62 de la Ley n°.38 de 2000, introduce en nuestro ordenamiento jurídico la figura de la revocatoria de oficio, no hay que perder de vista, que dicha norma es taxativa al señalar que “las entidades públicas solamente podrán revocar o anular de oficio una resolución en firme en la que se reconozcan o declaren derechos a favor de terceros...”.

De allí queda claro, que la figura de la revocatoria, solo puede ser utilizada de forma restrictiva y atendiendo a las causales, que expresamente se establecen en ella. Entendiéndose que el carácter restrictivo que debe dársele a esta figura, obedece ciertamente al contenido de los actos que se pretenden revocar, los cuales se entienden como aquellos que reconocen o declaran derechos a favor de terceros. (s.p.)

De lo antes expuesto, se infiere que la facultad que posee la administración pública de revocar de oficio un acto administrativo, no es una potestad discrecional o conveniente en el ejercicio de sus funciones. Por el contrario, es una atribución sometida a los principios sobre los que se fundamente el derecho administrativo como el de buena fe, confianza legítima, seguridad jurídica y a presupuestos o requisitos contenidos en la ley de manera expresa, por lo que su omisión trae consigo la posible declaratoria de ilegalidad del acto administrativo revocado, en contravención a los principios y reglas dispuestos en la norma.

Una tercera característica es que la revocatoria de oficio del acto administrativo es **unilateral y voluntaria** por parte de la administración pública, lo anterior toda vez que es la propia administración pública la que decide si revoca o no su propio acto administrativo en

firme, condicionada a que debe concurrir alguna de las causales antes mencionada. En esa línea de pensamiento, a través de la sentencia de 15 de abril de 2016, bajo la ponencia del Magistrado Cecilio Cedalise Riquelme, la Sala Tercera de la Corte Suprema de Justicia, dentro del expediente n°.191-2016, manifiesta lo siguiente:

A partir de los estudios de la doctrina se plantea la problemática si en efecto es aceptable que se realice la revocatoria de los actos administrativos o no, ya que de ponerse en práctica la misma se enfrentarían y lesionaría dos principios del derecho como lo serían la seguridad jurídica y el principio de legalidad. El primero de ellos busca mantener la vigencia de los actos jurídicos; en tanto que el otro establece la obligación por parte del ordenamiento jurídico de desvanecer aquellas situaciones que violen los derechos consagrados en las normas jurídicas.

La Lógica pareciera indicar que pueden revocarse los actos administrativos, siempre y cuando los mismos resulten inoportunos, vayan en contra en realidad del interés público o simplemente resulte ilegales."

(Jované Burgos, Jaime Javier (2011). *Derecho Administrativo: Principios Generales de Derecho Administrativo*. Tomo I. Panamá, República de Panamá: Editorial Cultural Portobelo, página 264).

La figura de la revocatoria se caracteriza porque de acuerdo con su naturaleza jurídica, la revocatoria de los actos administrativos es siempre un acto voluntario y unilateral que lleva a cabo la administración pública, con la finalidad de rectificar o corregir los errores en la que pudo haber incurrido con anterioridad al emitir un acto administrativo. (p. 1270)

Por último, en cuanto a la finalidad de este instrumento jurídico, podemos decir que es un mecanismo de revisión, corrección y saneamiento, de las actuaciones finales y en firme emitidas por la administración pública. Con el objetivo de respetar y garantizar los principios de legalidad y seguridad jurídica dentro de las actuaciones del sector público para con los administrados. En ese sentido, traemos a colación la sentencia de 30 de diciembre

de 2021, emitida por la Sala Tercera de la Corte Suprema de Justicia, dentro del negocio jurídico N°804372020, en la cual expresa lo siguiente:

La potestad de revocatoria del acto administrativo si bien es una medida excepcional mediante la cual la Administración, de forma unilateral o de oficio, anula un acto proferido por la propia Autoridad, lo cierto es que tiene por objeto salvaguardar el interés público tutelado por la entidad, en este caso, que todos aquellos funcionarios que se incorporen a la Carrera Migratoria bajo el Procedimiento excepcional de ingreso cumplan de forma igualitaria y unánime los requisitos y el procedimiento que ordenamiento jurídico establece; siendo este el motivo por el cual la Ley no deja al arbitrio de la Administración ponderar cuando aparece el interés público que motive una revocación específica. (s.p.)

7. Conclusiones

- El acto administrativo es el instrumento por excelencia, por medio del cual la administración pública crea, modifica y extingue situaciones jurídicas en beneficio o en contra de un particular o de la colectividad.
- La figura jurídica de revocatoria de los actos administrativos, es una potestad legal recogida en el artículo 62 de la Ley 38 de 31 de julio de 2000, que regula el procedimiento administrativo, que le brinda la posibilidad a los representantes legales de las entidades públicas de dejar sin efecto actos administrativos en firme, siempre y cuando se enmarquen en las causales establecidas en la norma en mención.
- La revocatoria de oficio por parte de cualquier ente público solo procede jurídicamente ante actos administrativos en firme, que otorguen derechos a terceros y se encuadre en alguna de las causales descritas en el artículo 62 de la Ley 38 de 31 de julio 2000, que regula el procedimiento administrativo.
- La revocatoria de un acto administrativo tiene como objetivo rectificar o corregir los errores en la que pudo haber incurrido la administración pública con anterioridad a la emisión de un acto administrativo, en aras de salvaguardar el interés público tutelado por la entidad.

Referencias bibliográficas

- Araúz, H. (2004) *La Jurisdicción Administrativa en Panamá*. Editorial Universal Books.
- Caballenas, G. (2001). Diccionario Jurídico Básico. Editorial Esquilo. <https://unidaddegenerosgg.edomex.gob.mx/sites/unidaddegenerosgg.edomex.gob.mx/files/files/Biblioteca%202022/G%C3%A9nero%2C%20Sociedad%20y%20Justicia/GSJ-11%20Diccionario%20juri%CC%81dico%20elemental.%20Guillermo%20Cabanellas%20de%20Torres.pdf>
- Código Judicial de la República de Panamá. (2018). Editorial Sistema Jurídicos S.A.
- Constitución Política de la República de Panamá. (1941). Gaceta Oficial N°8425 de 3 de enero de 1941. http://gacetas.procuraduria-admon.gob.pa/08425_1941.pdf
- Constitución Política de la República de Panamá (1972), (Actualizada). Gaceta Oficial N°25176 de 15 de noviembre de 2004. https://www.gacetaoficial.gob.pa/gacetas/25176_2004.pdf
- Corte Suprema de Justicia. Sala Tercera de lo Contencioso Administrativo, Exp. 565-02, 23 de julio de 2003. <https://www.organojudicial.gob.pa/uploads/blogs.dir/1/2019/07/406/registro-judicial-julio-2003.pdf>
- Corte Suprema de Justicia. Sala Tercera de lo Contencioso Administrativo, Exp.668-2005, 12 de noviembre de 2008, <http://bd.organojudicial.gob.pa/registro.html>
- Corte Suprema de Justicia. Sala Tercera de lo Contencioso Administrativo, Exp.191-2016, 15 de abril de 2016, https://www.organojudicial.gob.pa/uploads/wp_repo/uploads/2016/01/rj2016-04.pdf
- Corte Suprema de Justicia. Sala Tercera de lo Contencioso Administrativo, Exp. 804372020, 30 de diciembre de 2021, <http://bd.organojudicial.gob.pa/registro.html>
- Corte Suprema de Justicia. Sala Tercera de lo Contencioso Administrativo. 9 de noviembre de 2022. <https://jurisis.procuraduria-admon.gob.pa/wp-content/uploads/2023/09/K.C.L.D.-c-Ministerio-de-Seguridad-Publica.pdf>
- Corte Suprema de Justicia. Sala Tercera de lo Contencioso Administrativo, Exp.283-06, 11 de diciembre de 2008, <http://bd.organojudicial.gob.pa/registro.html>
- Corte Suprema de Justicia. Sala Tercera de lo Contencioso Administrativo, Exp.762-15, 11 de mayo de 2017, <http://bd.organojudicial.gob.pa/registro.html>
- Fraga, G. (2000) *Derecho Administrativo*. Editorial Porrúa. <https://www.upg.mx/wp-content/uploads/2015/10/LIBRO-44-Derecho-Administrativo.pdf>
- Franch Saguer, M. (2014). *Temas Actuales de Derecho Administrativo*. Impresiones Capral.
- García, E. (1999). *Introducción a la obra Comentarios a la Ley de la Jurisdicción Contencioso Administrativa de 1998*. Editorial Civitas.
- Gordillo, A. (2013). *Tratado de Derecho Administrativo*. Fundación de Derecho Administrativo. <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1344/1/Gordillo-%20Derecho%20administrativo.%20Tomo%20II.pdf>
- Hoyos, A. (2005). *El Derecho Contencioso Administrativo en Panamá*. Editorial Sistemas Jurídicos S.A. <https://uip.metabiblioteca.com/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=7501>

- Jované, J. (2011). *Derecho Administrativo*. Editorial Portobelo. <https://biblioteca.organojudicial.gob.pa/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=5120>
- Ley 19 de (9 de julio de 1991). *Por la cual se modifican, adicionan y derogan algunas disposiciones del Libro I del Código Judicial*. Gaceta Oficial 21832 de 18 de julio de 1991. https://www.organojudicial.gob.pa/uploads/wp_repo/blogs.dir/cendoj/codigo_judicial/leyes_modifican/ley_19_de_1991.pdf
- Ley 47 de (24 de noviembre de 1956). *Por la cual se reforma el título IV de la Ley 61 de 1946*. Gaceta Oficial Nº13113 de 1 de diciembre de 1956. https://s3-legispan.asamblea.gob.pa/legispan/NORMAS/1950/1956/LEY/Administrador%20Legispan_13113_1956_12_1_ASAMBLEA%20NACIONAL_47.pdf
- Ley 38 de (31 de julio de 2000). *Que aprueba el Estatuto orgánico de la Procuraduría de la Administración, regula el procedimiento administrativo general, y dicta disposiciones especiales*. Gaceta Oficial 24109 de 2 de agosto de 2000. https://www.procuraduria-admon.gob.pa/wp-content/uploads/2015/03/Ley38_mod.pdf
- Ley 51 de (27 de diciembre de 2005). *Que reforma la Ley Orgánica de la Caja de Seguro Social y dicta otras disposiciones*. Gaceta Oficial 25453 de 28 de diciembre de 2005. https://www.organojudicial.gob.pa/uploads/wp_repo/uploads/2016/11/Ley-51-de-2005.pdf
- Márquez Gómez, D. (Coord.). (2020). *Manual de derecho administrativo*. FCE - Fondo de Cultura Económica. <https://elibro.net/es/lc/upanama/titulos/130941>
- Zanobini, G. (2020). *Curso de derecho administrativo*. Ediciones Olejnik. <https://elibro.net/es/ereader/upanama/247514?page=258>

La evaluación del desempeño: antecedentes y experiencias en el sector público en Latinoamérica y Panamá

Performance evaluation: background and experiences in the public sector in Latin America and Panama

Martín González G.¹, Noemí Carrión de González²

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario, Facultad de Administración Pública, Panamá; martin.gonzalezg@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0003-1152-4718>

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario, Facultad de Enfermería, Panamá; noemi.degonzalez@up.ac.pa; <https://orcid.org/0009-0000-7703-7299>

Fecha de recepción: 2-09-2024

Fecha de aceptación: 4-11-2024

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v8n2.a6576>

Resumen: La evaluación del desempeño laboral es una herramienta eficiente y eficaz para medir y mejorar el desempeño de los trabajadores. En el ámbito de la administración pública, que ha sido objeto de intensos cuestionamientos respecto a la gestión de los recursos de todos los ciudadanos, la implementación de esta herramienta de evaluación se presenta como una medida crucial para promover la eficiencia, la transparencia, la rendición de cuentas y la eficacia en el sector público. El objetivo de este estudio es resaltar la importancia de la evaluación del desempeño laboral en la motivación de los trabajadores, como un medio para aumentar su rendimiento; ser más eficiente y eficaz en lo que hacen y elevar su compromiso con la institución. Para ello, se revisó literatura especializada, se recopiló testimonio de colaboradores de distintas instituciones públicas, lo cual nos permitió conocer opiniones respecto al motivo de la aplicación del instrumento. La evaluación del desempeño laboral permite identificar áreas susceptibles de mejoras, talentos y estrategias para promover el desarrollo profesional de los colaboradores mejorando la calidad en la gestión de los servicios y el uso adecuado los recursos públicos.

Palabras claves: evaluación del desempeño, sector público, herramienta, administración pública.

Abstract: The evaluation of job performance is an efficient and effective tool to measure and improve the performance of workers. In the field of public administration, which has been the subject of intense questioning regarding the management of resources of all citizens, the implementation of this evaluation tool is presented as a crucial measure to promote efficiency, transparency, accountability and effectiveness in the public sector. The objective of this evaluation is to highlight the importance of the evaluation of job performance in the motivation of workers, as a means to increase their performance; to be more efficient and effective in what they do and to increase their commitment to the institution. To do so, specialized literature was reviewed, and it was collected from collaborators of different public institutions, which allowed us to know opinions regarding the reason for the instrument. The evaluation of job performance allows to identify areas susceptible to improvement, talents and strategies to promote the professional development of collaborators by improving the quality in the management of services and the adequate use of public resources.

Keywords: performance evaluation, public sector, tool, public administration.

1. Introducción

La evaluación del desempeño como herramienta de medición es un proceso sistemático que implica la revisión y análisis del rendimiento de los colaboradores en relación con los estándares y objetivos predefinidos por la organización (Chiavenato, 2008). Este proceso busca identificar las fortalezas y áreas de mejora de los colaboradores, proporcionando retroalimentación para el desarrollo individual y la toma de decisiones relacionadas con recompensas, promociones y el desarrollo profesional. Además, tiene como objetivo mejorar la eficiencia y la efectividad en el trabajo, brindando a los colaboradores una visión clara de cómo su desempeño contribuye a los logros de los objetivos propuestos (Martínez, 2008).

La administración pública ha sido objeto de intensos cuestionamientos respecto a la gestión de los recursos de todos los ciudadanos. En este sentido, la implementación de evaluaciones de desempeño laboral se presenta como una medida crucial para mejorar la eficiencia, eficacia, transparencia y rendición de cuentas en el sector público (Montaño y Álvarez, 2021).

La evaluación del desempeño como instrumento para medir el rendimiento de los que manejan los recursos públicos no es nada nuevo. Según Cortés Carreres (2009) la historia de la evaluación del desempeño surge inicialmente en China, en los años 221-265 a. c. Los emperadores de la Dinastía Wei tenían la figura del llamado valorador imperial, persona que debía evaluar el rendimiento y la actitud de los miembros de la Corte. De esta forma se comprobaba el rendimiento en sus funciones, evitando desviaciones e ineficiencias.

Lo antes mencionado indica que la evaluación del desempeño laboral ha sido un tema de vital importancia en el ámbito de la administración para la optimización y rendimiento eficiente y eficaz del proceso administrativo, no solo en el sector privado sino también en el sector público. En la actualidad la implementación de esta herramienta como instrumento de medición en las instituciones públicas cobran mayor importancia en la medición de los colaboradores administrativos, con la intención de lograr maximizar la eficiencia y eficacia en el manejo de los escasos recursos (Rivero, 2019). Por esta razón, este ensayo tiene como objetivo resaltar la importancia de la evaluación del desempeño

laboral para motivar a los trabajadores a rendir más, ser eficiente y eficaz en lo que hacen y elevar su compromiso con la institución.

La evaluación del desempeño es definida por Dessler y Varela (2011) como un proceso que implica la revisión y la evaluación del rendimiento individual en el trabajo, destacando las fortalezas y áreas de mejora para cumplir con los objetivos de la institución. Proporcionando retroalimentación que impulsa el crecimiento y la mejora en la eficiencia y eficacia tanto individual como grupal en la organización.

2. Desarrollo

- **Importancia de la evaluación del desempeño en la gestión de los recursos humanos**

En el ámbito de los modelos de administración de calidad, es ampliamente reconocido, que resulta difícil mejorar aquello que no se mide (Silva, 2010). Por esta razón, las metodologías de evaluación aplicadas en el sector público se centran primordialmente en el impulso de la mejora continua de las estructuras, los procesos y las herramientas de trabajo dentro de las instituciones. De manera similar, se enfatiza la necesidad de realizar mejoras constantes en el recurso más crucial para alcanzar los objetivos organizacionales: el capital humano (Brewer-Carías, 2004).

Las teorías administrativas y las herramientas que ésta tienen, al ser aplicadas correctamente no distinguen si es en el sector público o privado, su efectividad es la misma. Pero en el sector público, la deficiencia es evidente y todo apunta en la forma en que los gerentes gestionan en su implementación (Mintzberg, 2009).

Para que la evaluación del desempeño sea un instrumento valioso para todo gerente se requiere de objetivos claros, criterios de evaluación justos y relevantes, retroalimentación constructiva y lo más importante, darle seguimiento y revisión constante. Es decir, orientado al desarrollo profesional de los empleados, con el fin de mejorar el rendimiento individual y contribuir al éxito organizacional (Chiavenato, 2009).

Tanto Dessler (2013) como Chiavenato (2007) dejan claro que cuando se le explica al funcionario las ventajas de la evaluación del desempeño, éste lo verá como un reto

motivador, permitiéndoles competir productivamente entre ellos, para lograr los estándares esperados y la institución logrará los objetivos propuestos.

En el enfoque general de Chiavenato (2007) sobre la gestión y los recursos humanos, se destaca la importancia crucial de la evaluación en el sector público. Según sus principios, la medición del desempeño se erige como un elemento esencial para la optimización de recursos, la promoción de la mejora continua y la garantía de transparencia y rendición de cuentas en el ámbito gubernamental. Asimismo, Chiavenato (2007) enfatiza que la evaluación proporciona una base objetiva para evaluar la eficiencia en la utilización de recursos, motivar y desarrollar al personal, respaldar la toma de decisiones informada, y evaluar la efectividad de programas y políticas públicas. Estos fundamentos reflejan la relevancia de la evaluación en la gestión pública para lograr un desempeño eficaz y orientado a resultados.

La debilidad de la evaluación del desempeño laboral en el sector público, principalmente el área administrativa, es la ausencia en cuanto a la objetividad de los ítems a medir, mismos que en la mayoría de los casos no se ajustan al cargo que desempeña el trabajador. Por otro lado, no se orienta al trabajador que la razón por el cual se le aplica el instrumento de evaluación es para medir sus fortalezas y habilidades, y de haber esta última, buscar los correctivos para un mejor desarrollo profesional.

- **El rol del gerente responsable de aplicar la evaluación del desempeño, como agente motivador**

El rol del gerente es lograr que los colaboradores pueden comprender el propósito de la evaluación, misma que es esencial para que los funcionarios puedan alinear sus esfuerzos y acciones con las expectativas de la organización (Manual de Normas y Procedimientos para la Evaluación del Desempeño y Rendimiento en el Sector Público Panameño, 2009). Si los jefes no explican claramente por qué se lleva a cabo la evaluación y cómo se relaciona con los objetivos institucionales, los colaboradores pueden sentirse desconcertados sobre la relevancia de sus acciones diarias en el contexto organizativo más

amplio (Chiavenato, 2009). Es decir, no se les motiva a mejorar indicándoles sus debilidades y guiarlos en pro de los objetivos y políticas que persigue la administración.

La ausencia de una explicación clara y transparente por parte de los jefes o directores de los departamentos encargados de aplicar la evaluación de desempeño puede tener consecuencias negativas en el proceso y en la mejora del rendimiento de los funcionarios (Chiavenato, 2009). Cuando los objetivos y propósitos de la evaluación no se comunican adecuadamente, los funcionarios pueden experimentar confusión y desmotivación, lo que puede afectar su compromiso y participación en el proceso.

Además, la falta de claridad en la comunicación sobre los estándares y criterios de evaluación establecidos en el reglamento puede generar incertidumbre en los funcionarios (Dessler, 2013). Si los gerentes no comprenden los parámetros en los que se basa la evaluación, les resultará difícil identificar áreas de mejora específicas y ajustar su desempeño según la necesidad (Chiavenato, 2009).

Asimismo, Dessler (2013) enfatiza que en caso de que un funcionario no esté cumpliendo con lo que establece el reglamento de evaluación, la falta de comunicación efectiva puede dificultar la identificación y corrección de las deficiencias. Un diálogo claro y constructivo entre los superiores y los empleados es esencial para abordar las áreas de mejora, proporcionar orientación específica y establecer metas realistas para el desarrollo profesional.

- **Evaluación del desempeño laboral en el área administrativa en el sector público en América Latina**

La evaluación del desempeño laboral en el sector público presenta diversos desafíos en los países de América Latina, entre los cuales y por mencionar algunos: México, Chile Colombia, Costa Rica y Panamá entre otros. Según estudios y artículos publicados en revistas especializadas, México enfrenta diversos desafíos en la evaluación del desempeño laboral en el sector público. Entre los más críticos se encuentran la falta de una cultura organizacional que valore la evaluación como una herramienta clave para el desarrollo profesional y la mejora continua; como también, los criterios de evaluación son a menudo

subjetivos y carecen de una definición clara, lo que dificulta la objetividad. Asimismo, muchos sistemas de evaluación no están alineados con los objetivos estratégicos institucionales, lo que limita su efectividad, además, tanto los evaluadores como los evaluados a menudo carecen de la capacitación necesaria para realizar evaluaciones efectivas (Cavalcanti, 2024).

En Chile, a pesar de sus avances en la implementación de sistemas de evaluación del desempeño en el sector público, persisten obstáculos que comprometen su eficacia. La vaguedad, subjetividad y falta de objetividad en los criterios de evaluación dificultan una valoración imparcial del desempeño laboral. Además, la comunicación inadecuada sobre los propósitos y ventajas de estos sistemas genera resistencia al cambio (Ministerio de Hacienda de Chile, 2008).

Montero (2023) destaca que la evaluación del desempeño en Costa Rica se enfrenta a varios desafíos, entre los que sobresalen la falta de criterios claros y objetivos, lo que dificulta realizar una valoración precisa. Este problema se agrava cuando las relaciones interpersonales entre evaluadores y evaluados introducen sesgos que comprometen la imparcialidad y pueden desmotivar a quienes son evaluados. Además, la insuficiente capacitación de ambas partes tanto evaluadores como evaluados complica la comprensión y aceptación del proceso, obstaculizando así su eficacia (Garita, 2023).

El proceso de evaluación del desempeño en el sector público colombiano, a pesar de contar con las herramientas diseñadas para asegurar la transparencia y objetividad, sigue siendo cuestionado en cuanto a su imparcialidad (Cavalcanti y Marques, 2024). Aun cuando una significativa proporción de los funcionarios recibe evaluaciones de desempeño sobresaliente, persisten elevados niveles de insatisfacción entre los ciudadanos respecto a la calidad de la atención, los servicios y los resultados de la gestión de las entidades públicas (Sierra y López, 2013).

Por otro lado, la evaluación del desempeño laboral en el sector público panameño presenta una serie de obstáculos que impiden su plena efectividad. Según la Dirección General de Carrera Administrativa (DIGECA,1999), este proceso, fundamental para una gestión eficiente, presenta diversos problemas. Uno de los principales desafíos radica en

la falta de claridad en los objetivos institucionales e individuales; muchas entidades carecen de metas específicas y medibles, lo que dificulta establecer criterios de evaluación precisos.

Otro problema recurrente es la subjetividad en los criterios de evaluación; los indicadores utilizados con frecuencia son demasiado generales y abiertos a interpretaciones diversas, lo que puede generar sesgos y resultados inconsistentes. Esta falta de objetividad afecta la credibilidad del proceso evaluativo y puede desmotivar a los empleados (DIGECA, 2009). La Constitución Política de la República de Panamá (1972), promulgada el 15 de diciembre de 1972, establece que la evaluación del desempeño es el proceso mediante el cual se analiza el rendimiento laboral de los empleados. Este procedimiento abarca la revisión de objetivos alcanzados, habilidades, competencias y otros aspectos pertinentes al trabajo.

Por lo antes expuesto, se considera que la evaluación del desempeño es una herramienta crucial para el avance profesional, la toma de decisiones sobre ascensos y promociones, así como para la identificación de áreas de mejora. Su aplicación contribuye a optimizar la eficiencia y eficacia en la gestión de los recursos públicos. Razones como estas, nos guiaron en el objetivo de este estudio que es resaltar la importancia de la evaluación del desempeño laboral para motivar a los trabajadores a rendir más, ser eficiente y eficaz en lo que hacen y elevar su compromiso con la institución. De igual manera, tiene también la finalidad es demostrar que la evaluación del desempeño en el sector público panameño, aún se encuentra en la fase de adolescencia, dado que los resultados de este proceso en las instituciones públicas donde se implementa, la mayoría de las veces según las evidencias, no se le da la importancia al instrumento como herramienta de medición. Si bien es cierto, algunos de los directivos de turno conocen los beneficios de este instrumento de evaluación del desempeño laboral, más no muestran el interés en que se implemente de manera eficiente en todas las instituciones.

- **La evaluación del desempeño en el sector público panameño**

La Evaluación del Desempeño en el Sector Público Panameño se sustenta en un marco normativo sólido, destacando como pilares fundamentales la Constitución Política de la República de Panamá y la Ley No. 9 (1994), la cual establece y regula la Carrera

Administrativa. Complementando estas disposiciones, el Decreto Ejecutivo No. 222 (1997) reglamenta de manera detallada la implementación de la mencionada ley, junto con el respaldo del Reglamento Técnico de Evaluación del Desempeño y Rendimiento (2009), así como el Reglamento de Reclutamiento y Selección para Ascenso e Ingreso en la Carrera Administrativa (2008) ambos publicado por la Dirección General de Carrera Administrativa (DIGECA, 1999).

La Constitución Política de la República de Panamá, específicamente en su Título XI dedicado a los Servidores Públicos, establece principios claves que tienen que ver con la adhesión al sistema de mérito, condicionando la estabilidad en los cargos a la competencia, lealtad y moralidad en el servicio. Además, subraya la obligación de los servidores públicos de desempeñar sus funciones personalmente, con dedicación máxima, y recibir una remuneración justa por sus labores (Constitución Política de la República de Panamá, 2016).

En el transcurso de esta revisión sistemática, se examinaron once (11) documentos especializados y se recopilaron testimonios de veinte (20) colaboradores administrativos al azar de diversas instituciones públicas en Panamá, con la intención evaluar la percepción sobre la gestión de las instituciones públicas, acerca de los mecanismos de evaluación y su aplicación. Resaltamos que el propósito primordial de la Ley No. 9 (1994) y el Decreto Ejecutivo No. 222 (1997) es regular la carrera administrativa en el sector público, estableciendo un marco normativo para la gestión del personal al servicio del Estado, lo cual incluye la evaluación del desempeño. Esta ley busca profesionalizar y sistematizar la administración pública, asegurando que el ingreso, la permanencia, la promoción y la distinción de los funcionarios se realicen bajo principios de mérito, demostrado mediante concursos públicos, evaluaciones de aptitudes y competencias, y otros mecanismos de selección., igualdad de oportunidades, y transparencia, definiendo procedimientos y criterios específicos para la administración de los recursos humanos, con énfasis en la evaluación del desempeño y la capacitación continua de los servidores públicos para mejorar la eficiencia y calidad de los servicios estatales.

Según el Manual de Normas y Procedimientos para la Evaluación del Desempeño y Rendimiento en el Sector Público Panameño (Ministerio de la Presidencia, 2009), el objetivo

es promover un diálogo sincero entre líderes y subordinados. Este enfoque facilita la identificación y análisis de problemas que afectan el desempeño individual y grupal, brindando apoyo para superar dificultades y motivando a los empleados de alto rendimiento.

Cabe mencionar que la evaluación del desempeño busca resolver los problemas que impactan en el rendimiento individual y grupal en las unidades organizativas. El objetivo final es mejorar la eficiencia de los Servidores Públicos, lograr la eficacia en las entidades gubernamentales y proporcionar servicios oportunos y de calidad a los ciudadanos. Este proceso evaluativo es esencial para alcanzar una administración pública más efectiva y centrada en las necesidades de la sociedad.

Por esta razón, todo superior directo de un funcionario público debe cumplir con la responsabilidad de evaluar el rendimiento de su subordinado según los plazos y criterios especificados en las normativas (Ministerio de la Presidencia, 2024). La omisión de la obligación de evaluar de manera imparcial el desempeño de un subalterno se considera una infracción grave según el Modelo de Reglamento Interno para las Instituciones del Sector Público, y conllevará sanciones disciplinarias, sin excluir el cumplimiento de la obligación de llevar a cabo la evaluación (DIGECA, 1999). Pero, todo lo dicho anteriormente en la realidad, no se aplica a la hora de evaluar, según lo establece el reglamento arriba mencionado.

Por otro lado, los documentos o instrumentos de evaluación utilizados por estas instituciones, datan de más de 15 años (DIGECA, 1999).

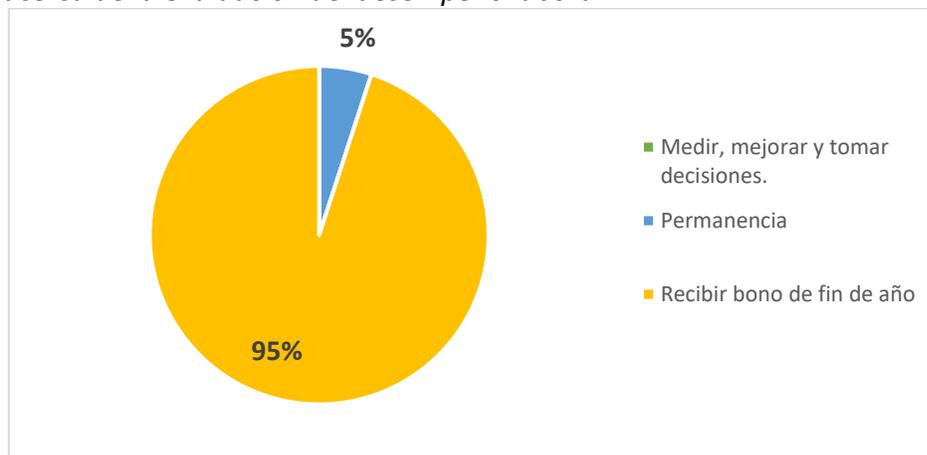
Según los gerentes de recursos humanos es un instrumento obsoleto que ya requiere ser actualizado. El mismo al ser aplicados a los funcionarios interinos, se les explica únicamente que es una evaluación para que sean merecedores de su permanencia; en el caso de los permanentes, se les explica únicamente que es una evaluación para que sea merecedores de su bono a final de año.

Cuando se analizaron los testimonios (ver Figura 1) de los veinte (20) funcionarios públicos del sector administrativo de las diversas instituciones al preguntarles con que propósito se les aplica el instrumento de evaluación, el 95% manifestó que la aplicación de este instrumento es para que puedan recibir el bono a final de año, el 5% contestó para

obtener la permanencia y para medir, y ninguno respondió que para mejorar y tomar decisiones (comunicación personal, 15 de abril de 2024). Las respuestas dejan claro, que por un lado se desconoce la utilidad del instrumento y por el otro, da cabida a interpretar que se resta importancia en mejorar la gestión.

Figura 1

Resultados de los testimonios de los servidores públicos administrativos acerca de la evaluación del desempeño laboral.



3. Conclusiones

La evaluación del desempeño es una herramienta poderosa para mejorar el rendimiento individual y organizacional, fomentar el desarrollo profesional, aumentar la motivación y el compromiso de los empleados, tomar decisiones informadas y promover una cultura de comunicación efectiva y colaboración en la institución. De igual manera esta herramienta aplicada cumpliendo con el debido proceso en el sector público es fundamental para mejorar la eficiencia, la transparencia y la calidad de los servicios prestados así, como para promover el desarrollo profesional y la gestión efectiva del talento dentro de la administración pública.

Un gerente con visión de calidad en su gestión, implementa un proceso de evaluación del desempeño laboral que involucra, establecer criterios claros, comunicar expectativas, recopilar datos de manera adecuada, llevar a cabo evaluaciones formales, proporcionar retroalimentación y desarrollo, tomar decisiones basadas en los resultados y realizar un seguimiento y revisión continuos para garantizar la mejora del desempeño de su equipo de trabajo. Diversos estudios revelan que la mayoría de las instituciones públicas en los países

de América Latina, la herramienta de la evaluación del desempeño laboral carece de importancia por parte de quienes las dirigen, para mejorar los procesos administrativos y elevar la calidad en los servicios para que sean eficientes y eficaces.

En el sector público panameño, son pocas las instituciones que aplican la evaluación del desempeño a sus colaboradores, y las que lo hacen le restan importancia y no le dan el seguimiento para mejorar la eficiencia y calidad en los servicios que prestan a la ciudadanía.

Referencias bibliográficas

- Brewer-Carías A. (2004). *Administración pública: Fundamentos y técnicas* [Archivo PDF]. <https://allanbrewercarias.com/wp-content/uploads/2007/08/526-488.-EL-DERECHO-ADMINISTRATIVO-Y-LA-ADMINISTRACION-PUBLICA-10-2004.pdf>
- Cavalcanti, B. y Marques R. (2024). *Retos y desafíos de los sistemas de evaluación en América Latina: Los casos de México y Colombia*. <https://edulab.es/revSOCIAL/article/view/1344/891>
- Chiavenato, I. (2007). *Administración de recursos humanos*. McGraw-Hill. <https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/550fe4eb12c34ed49b9b0b6760f5a289.pdf>
- Chiavenato, I. (2009). *Gestión del talento humano* (3ra ed.). McGraw-Hill. <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1143/1/Chiavenato-Talento%20humano%203ra%20ed.pdf>
- Constitución Política de la República de Panamá [Const]. (1972, 24 octubre). Gaceta Oficial. No. 17210. <https://gestiontransparentepanama.mef.gob.pa/documentos/Constitucion-Politica-de-la-republica-de-Panamá-1972.pdf>
- Constitución Política de la República de Panamá [Const]. (2016, 5 de abril). Procuraduría General de la Nación. Título XI. <https://ministeriopublico.gob.pa/wp-content/uploads/2016/09/constitucion-politica-con-indice-analitico.pdf>
- Cortés Carreres, J. (2009). La Evaluación del Desempeño en el Estatuto Básico del Empleado Público. *Observatorio de recursos humanos y relaciones laborales*, 33(1), 34-43. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7513722>
- Decreto Ejecutivo No. 222 de 1997. (1997, 12 de septiembre). Gaceta Oficial. No. 23379. https://www.oas.org/juridico/PDFs/mesicic5_pan_res_ane_digeca_2.pdf
- Dessler, G., y Varela R. (2011). *Administración de recursos humanos*. Pearson. <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24802w/Administracion-de-recursos-humanos-5ed-Gary-Dessler-y-Ricardo-Varela.pdf>
- Dessler, G. (2013). *Administración de recursos humanos* (14ta ed.). Pearson Education. https://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=6059
- Dirección General de Carrera Administrativa [DIGECA]. (2009). *Manual de Normas y Procedimientos para la Evaluación del Desempeño y Rendimiento en el Sector Público Panameño*. https://www.digeca.gob.pa/tmp/file/1178/MANUAL_EDES.pdf.

- Dirección General de Carrera Administrativa [DIGECA]. (1999). *Modelo de reglamento interno para las instituciones del sector público*. Aprobado por Resolución N° 2 de 7 de enero de 1999 de Junta Técnica de Carrera Administrativa. https://www.oas.org/juridico/PDFs/mesicic5_pan_res_anedigeca_5.pdf
- Dirección General de Carrera Administrativa [DIGECA]. (2009, 14 de enero). *Reglamento Técnico de Evaluación del Desempeño y Rendimiento*. <https://www.digeca.gob.pa/tmp/transparencia/manual-edes.pdf>
- Dirección General de Carrera Administrativa [DIGECA]. (2008, 30 de abril). *Reglamento de Reclutamiento y Selección para Ascenso e Ingreso en la Carrera Administrativa*. <https://www.digeca.gob.pa/tmp/file/1183/REGLAMENTO%20TECNICO%20DE%20ASCENSO%20E%20INGRESO%202008.pdf>
- Garita, P. (2023). Política de evaluación del desempeño organizacional, primer nivel de atención de Costa Rica: Resultados preliminares. *Repertorio Científico*, 25(3), 22–34. <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/repertorio/article/view/4743>.
- Ley No. 9 de 1994. (1994, 20 de junio). Gaceta Oficial. No. 22562 <https://www.digeca.gob.pa/tmp/file/1175/L1.%20ley%209%20de%201994-ley%20de%20carrera%20administrativa>
- Ministerio de Hacienda de Chile (2008). *Manual de referencia: Guía para implementación ISO 9001:2000. Sistema de evaluación de desempeño*. https://www.dipres.gob.cl/598/articles-22358_doc_pdf.pdf.
- Ministerio de la Presidencia. (2009). *Manual de normas y procedimientos para la evaluación del desempeño y rendimiento en el sector público panameño*. DIGECA. https://www.digeca.gob.pa/tmp/file/1178/MANUAL_EDES.pdf
- Ministerio de la Presidencia. (2024). *Manual de normas y procedimientos para la evaluación del desempeño y rendimiento en el sector público panameño*. https://www.digeca.gob.pa/tmp/file/1178/MANUAL_EDES.pdf
- Mintzberg, H. (2009). *La estructura de las organizaciones*. McGraw-Hill. <https://books.google.com.co/books?id=mjOBU2PRoRoC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Montaño, L. y Álvarez, A. (2021). La evaluación del desempeño, una nueva herramienta de la cultura de la transparencia aplicada al sector público en México. *Trascender, Contabilidad y Gestión*, 6(18). <https://doi.org/10.36791/tcg.v0i18.126>
- Rivero, Y. (2019). Evaluación del desempeño: tendencias actuales. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 23(2). ISSN 1025-0255. <http://scielo.sld.cu/pdf/amc/v23n2/1025-0255-amc-23-02-159.pdf>
- Sierra, G., y López, S. (2013). *Evaluación del desempeño laboral en el sector público colombiano* [Trabajo de Grado, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11267/SierraTellezGloriaYirley2013.pdf;jsessionid=CC1750A5B2606C9DAD3B05331D2C4B08?sequence=1>
- Silva, D. (2010). Teoría de indicadores de gestión y su aplicación práctica. *Universidad Militar Nueva Granada*. https://scholar.google.com.br/scholar?oi=bibs&cluster=169_29742428347296467&btnI=1&hl=pt-BR

Estrategias de mercadeo agropecuario para pequeños productores: un enfoque en la sostenibilidad y competitividad

Agricultural marketing strategies for small producers: a focus on sustainability and competitiveness

Yermaline E. Ching-Ruíz¹

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de San Miguelito, Facultad de Administración de Empresas y Contabilidad, Departamento de Mercadeo, Panamá; yermaline.ching@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0003-3870-3871>

Fecha de recepción: 2-09-2024

Fecha de aceptación: 4-11-2024

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v8n2.a6577>

Resumen: Esta investigación analiza el estado actual del mercadeo agropecuario con un enfoque en la sostenibilidad y competitividad de los pequeños productores. El objetivo principal fue identificar las tendencias, el impacto de las políticas públicas en las estrategias de mercadeo sostenible. Se utilizó un enfoque cuantitativo basado en análisis bibliométrico. Los resultados revelaron un crecimiento significativo en las publicaciones sobre sostenibilidad, destacando la importancia de prácticas agrícolas que añaden valor y mejoran la competitividad. Adicional se identificaron vacíos en la adopción de tecnologías como blockchain y en la interacción entre políticas públicas y sostenibilidad. Las conclusiones subrayan la necesidad de investigaciones que integren tecnologías emergentes con políticas públicas efectivas para maximizar su impacto en el mercadeo agropecuario. Este estudio proporciona una base sólida para futuras investigaciones que busquen cerrar estos vacíos y apoyar el desarrollo sostenible del sector agropecuario.

Palabras claves: marketing, tecnología, globalización, medio ambiente.

Abstract: This research analyzes the current state of agricultural marketing with a focus on the sustainability and competitiveness of small producers. The main objective was to identify trends, the impact of public policies on sustainable marketing strategies. A quantitative approach based on bibliometric analysis was used. The results revealed a significant growth in publications on sustainability, highlighting the importance of agricultural practices that add value and improve competitiveness. Additionally, gaps were identified in the adoption of technologies such as blockchain and in the interaction between public policies and sustainability. The conclusions highlight the need for research that integrates emerging technologies with effective public policies to maximize their impact on agricultural marketing. This study provides a solid foundation for future research that seeks to close these gaps and support the sustainable development of the agricultural sector.

Keywords: marketing, technology, globalization, environment.

1. Introducción

El mercadeo agropecuario ha emergido como un área de estudio crítica para comprender y mejorar la viabilidad económica de los pequeños productores en un entorno global altamente competitivo. Estos pequeños productores constituyen una parte

significativa del sector agrícola en muchos países en desarrollo; enfrentan una serie de desafíos estructurales, como el acceso limitado a los mercados, la volatilidad de los precios y la falta de infraestructura adecuada. Además, la globalización ha intensificado la competencia, exponiendo a estos productores a las fluctuaciones del mercado global.

Según Pretty et al. (2011), los pequeños agricultores enfrentan numerosos desafíos debido a la limitación de sus recursos y capacidad de adaptación, lo que destaca la necesidad de implementar estrategias de marketing que les permitan competir en mercados cada vez más exigentes. En este contexto, la sostenibilidad ha surgido como un factor clave para asegurar la competitividad a largo plazo de los pequeños productores agropecuarios.

La sostenibilidad no solo abarca las prácticas agrícolas que protegen el medio ambiente, sino también las estrategias de marketing que promueven el desarrollo económico y social de las comunidades rurales. Varios estudios han demostrado que los consumidores están cada vez más dispuestos a pagar un precio premium por productos que reflejan sus valores éticos y sostenibles. Según Camarena et al. (2019), muchos consumidores, particularmente en Europa, están inclinados a pagar más por productos que certifican beneficios sociales, como la mejora de las condiciones laborales o el respeto por los derechos humanos. Adicional, Pinzón-Castro y Maldonado-Guzmán (2023), argumentan que la conciencia sobre el consumo ético impulsa las decisiones de compra, lo que refuerza la importancia de la sostenibilidad social en las estrategias de marketing.

La integración de principios de sostenibilidad en las estrategias de marketing no solo responde a las demandas crecientes de los consumidores por productos ecológicos, sino que también mejora la competitividad de los pequeños productores al agregar valor a sus productos. En esa misma línea, Brozović et al. (2020), menciona que la creación de valor mediante la sostenibilidad permite a las empresas ofrecer productos diferenciados que se alinean con las expectativas de los consumidores conscientes. Esta diferenciación es clave para que los pequeños productores se posicionen en mercados nicho, donde la calidad y el impacto ambiental son tan importantes como el precio. Por lo que, Kotler y Keller (2012) subrayan que la diferenciación basada en la sostenibilidad no solo genera valor para el

consumidor, sino que también fortalece la lealtad hacia las marcas que demuestran un compromiso real con la responsabilidad social y ambiental.

Sin embargo, la implementación de estrategias de marketing sostenible enfrenta diversas barreras. Una de las principales limitaciones es el acceso limitado a recursos financieros y tecnológicos, lo que complica la adopción de prácticas sostenibles y la comercialización efectiva de productos ecológicos. Como señala Zavaleta et al. (2022), los pequeños productores dependen en gran medida de la mano de obra familiar y enfrentan dificultades para acceder a mercados competitivos. Y a menudo carecen del conocimiento necesario para identificar y aprovechar oportunidades en mercados sostenibles, lo que impide una mayor adopción de prácticas de valor agregadas en sus productos (García Chiang, 2011). Estas barreras marcan la importancia de fomentar un mayor acceso a tecnologías y formación en sostenibilidad para pequeños productores, con el fin de mejorar su competitividad en el mercado.

Esta brecha en el conocimiento y los recursos subraya la importancia de políticas públicas y programas de apoyo que faciliten la transición hacia un mercadeo más sostenible para los pequeños productores.

Por consiguiente, el uso de herramientas bibliométricas para analizar la literatura existente sobre mercadeo agropecuario ha revelado tendencias y patrones significativos en la investigación, lo que proporciona una base sólida para la identificación de áreas de oportunidad y desarrollo.

El análisis reciente realizado por Zavaleta et al. (2022), evidenció un aumento significativo en las publicaciones relacionadas con la sostenibilidad en el mercado agropecuario, lo que refleja el creciente interés académico en este tema. Sin embargo, también se identifican vacíos en la investigación, especialmente en áreas como la aplicación de tecnologías emergentes en el marketing agropecuario, sugiriendo la necesidad de más estudios que aborden estos temas emergentes.

Este análisis sugiere que los pequeños productores podrían beneficiarse enormemente de una mejor adopción de innovaciones tecnológicas que les permitirán mejorar su competitividad en mercados sostenibles.

2. Materiales y métodos

La investigación se basó en un enfoque cuantitativo que incluyó un análisis bibliométrico para examinar la literatura científica relacionada con estrategias de mercadeo agropecuario. El análisis bibliométrico se ha demostrado como una herramienta eficaz para mapear el conocimiento en áreas específicas, permitiendo la identificación de patrones, tendencias y vacíos en la investigación (Aria y Cuccurullo, 2017).

Para la recopilación de datos, se utilizó la base de datos Scopus debido a su amplia cobertura y reconocimiento en la comunidad científica, garantizando así la calidad y relevancia de los artículos seleccionados para el estudio. Asimismo, se decidió incluir publicaciones tanto en inglés como en español, lo que permitió un análisis más inclusivo y representativo de la investigación realizada en contextos globales y regionales.

El proceso de búsqueda en Scopus se llevó a cabo utilizando términos específicos como "marketing agropecuario", "pequeños productores", "sostenibilidad" y "competitividad". Estos términos se seleccionaron para capturar la amplitud de las investigaciones relacionadas con el tema central del estudio.

La aplicación de filtros temporales en estudios bibliométricos es fundamental para garantizar la relevancia y actualidad de los datos analizados. Según Gregorio et al. (2022), el uso de rangos temporales adecuados permite observar las tendencias recientes en un campo específico de investigación, asegurando que los estudios reflejan los cambios más actuales y relevantes en la disciplina.

Esto es crucial en investigaciones que buscan identificar patrones emergentes o la evolución de ciertos temas a lo largo del tiempo. Estos filtros son esenciales para evaluar el impacto de la producción científica en períodos específicos, lo que facilita una visión más precisa de las dinámicas de investigación en diversas áreas.

Los criterios de inclusión para la selección de artículos fueron: estudios empíricos y teóricos publicados en revistas indexadas en Scopus, investigaciones que aborden temas relacionados con estrategias de mercadeo agropecuario, sostenibilidad, y competitividad, y artículos escritos en inglés o español. Estos criterios permitieron la inclusión de investigaciones de alta calidad y relevancia para el objetivo del estudio.

Por otro lado, se excluyeron artículos no revisados por pares, publicaciones que no presentaran datos empíricos ni análisis teóricos, y estudios que no tuvieran un enfoque claro en el mercadeo agropecuario, como aquellos que se centraban exclusivamente en políticas agrícolas sin conexión con el mercadeo.

El análisis bibliométrico se llevó a cabo utilizando el software Bibliometrix, el cual es una herramienta poderosa para el análisis estadístico y visualización de datos bibliométricos, permitiendo la construcción de mapas de ciencia que muestran la evolución de un campo de estudio (Aria y Cuccurullo, 2017).

Se crearon diferentes gráficas, entre ellos el diagrama de co-ocurrencia de palabras clave para visualizar las conexiones entre los temas principales de la investigación. Estos diagramas permiten identificar las áreas más investigadas y las que podrían representar vacíos de conocimiento.

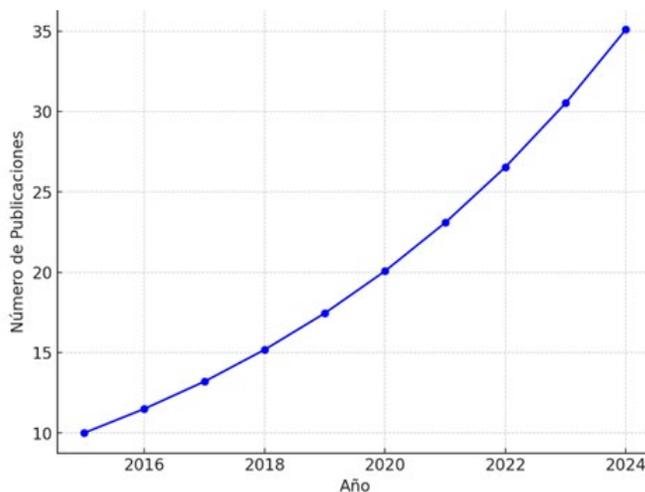
Adicional se revisaron las gráficas de los análisis de redes para examinar el crecimiento de las publicaciones, los datos de la distribución geográfica y la colaboración internacional en el campo del mercadeo agropecuario entre otros, destacando la importancia de las alianzas académicas en la producción de conocimiento científico.

3. Resultados y discusión

- **Crecimiento de publicaciones**

El análisis bibliométrico realizado reveló un incremento anual promedio del 15% en la cantidad de publicaciones científicas relacionadas con estrategias de mercadeo agropecuario desde 2015.

Figura 1
Crecimiento de publicaciones.



Este crecimiento significativo refleja un aumento constante en la atención académica hacia la sostenibilidad como un componente fundamental del mercadeo agropecuario, lo que sugiere que este tema ha ganado considerable relevancia en la última década.

El aumento en la adopción de prácticas agrícolas sostenibles es coherente con las tendencias globales, donde existe un interés creciente por productos ecológicos que impactan favorablemente la competitividad de los pequeños productores. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020), integrar a los pequeños agricultores en cadenas de valor sostenibles es crucial para mejorar su acceso a mercados y generar empleos decentes. Estas prácticas les permiten responder a la creciente demanda de productos social y ambientalmente responsables, especialmente en mercados globalizados, lo que refuerza su posicionamiento competitivo.

Así mismo, la adopción de estrategias de marketing que integran principios de sostenibilidad es crucial no solo para satisfacer las demandas de los consumidores, sino también para garantizar la viabilidad a largo plazo de los pequeños productores. Según Álvarez Morales et al. (2020), en un estudio realizado los consumidores están dispuestos a pagar un precio premium por alimentos orgánicos, lo que refleja la creciente demanda por productos sostenibles y responsables. El estudio destaca que los consumidores valoran las características orgánicas de los productos, lo que añade un valor significativo para los

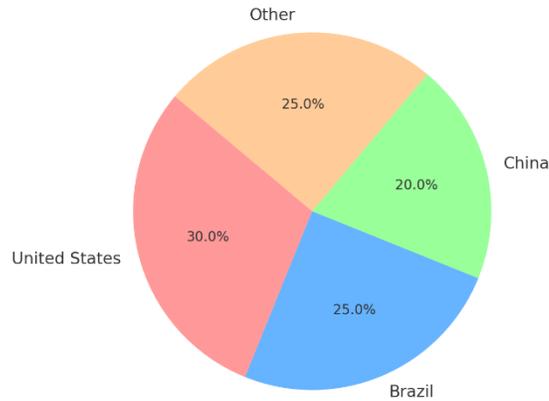
pequeños productores que adoptan prácticas sostenibles y participan en estos mercados nicho.

El crecimiento en la cantidad de publicaciones sobre sostenibilidad en el sector agropecuario está vinculado con el creciente enfoque en políticas públicas que buscan promover prácticas agrícolas más sostenibles. Investigaciones recientes han destacado cómo estas políticas gubernamentales no solo incentivan la adopción de tecnologías sostenibles, sino que también fomentan la investigación en este campo. Según un informe de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2011), las políticas agropecuarias de América Latina se están rediseñando para abordar los retos del cambio climático y promover la sostenibilidad a largo plazo en la producción agropecuaria. Estas políticas incluyen la gestión sostenible de recursos naturales y la promoción de la investigación para desarrollar soluciones más resilientes frente a los desafíos ambientales. Estos estudios han demostrado que el apoyo gubernamental puede ser un factor determinante en la adopción de tecnologías sostenibles y en la implementación de estrategias de mercadeo que priorizan la sostenibilidad. El aumento de las publicaciones en este campo sugiere que la sostenibilidad se ha convertido en un eje central en las discusiones sobre el futuro del mercadeo agropecuario y su papel en la economía global.

- **Distribución Geográfica de la Investigación**

El análisis de la distribución geográfica de las publicaciones sobre mercadeo agropecuario revela que Estados Unidos, Brasil y China son los países líderes en la producción de investigación en este campo, contribuyendo con un 30%, 25% y 20% del total de artículos, respectivamente.

Figura 2
Distribución Geográfica de la Investigación en Mercadeo Agropecuario (2015-2024).



Esta dominancia se puede atribuir a la importancia estratégica del sector agropecuario en las economías de estos países y a la creciente necesidad de implementar prácticas sostenibles para asegurar la competitividad global. El crecimiento en la cantidad de publicaciones relacionadas con la sostenibilidad en el sector agropecuario refleja un enfoque creciente en políticas públicas diseñadas para promover prácticas agrícolas sostenibles. Según Echeverri y Rafael (2002), el desarrollo de políticas agrícolas enfocadas en la sostenibilidad es crucial para el avance de la nueva ruralidad en América Latina, donde la gestión eficiente de recursos naturales y la adaptación al cambio climático son prioridades esenciales. De manera similar, Martínez (2009), enfatiza que los sistemas de producción agrícola sostenible no solo mejoran el rendimiento a largo plazo, sino que también aseguran la conservación de los recursos naturales, un aspecto fundamental en las políticas de desarrollo rural de los países de la región.

En Brasil, la investigación ha enfatizado la importancia de adaptar prácticas sostenibles a la pequeña agricultura familiar, un sector que constituye una parte esencial de la producción agrícola del país. Según Cusme y Gaibor (2023), las estrategias de marketing sostenible implementadas en la agricultura familiar no solo mejoran la rentabilidad de los pequeños productores, sino que también contribuyen a la preservación ambiental y la reducción de la pobreza rural. Dado que la pequeña agricultura representa aproximadamente el 70% de la producción de alimentos consumidos a nivel nacional,

cualquier avance en sostenibilidad tiene un impacto directo en la seguridad alimentaria de Brasil.

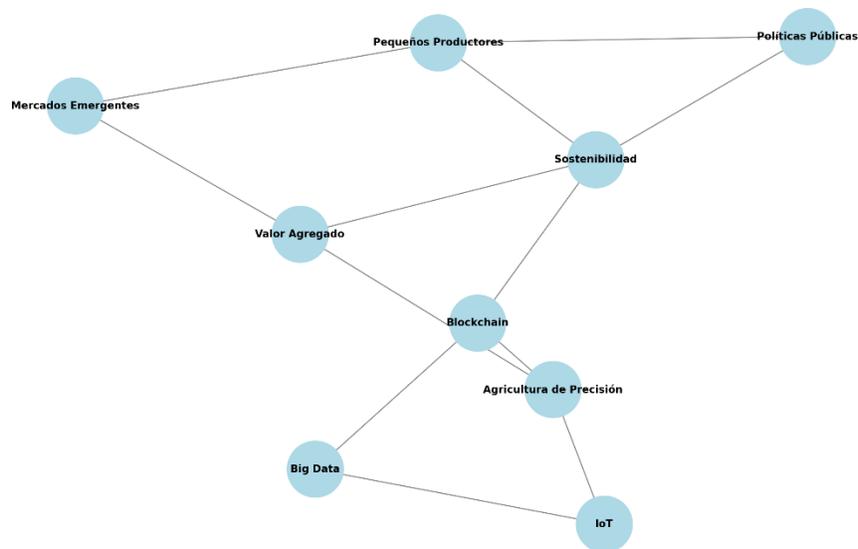
Así mismo, la investigación en China ha explorado la integración de tecnologías digitales en la agricultura para mejorar la eficiencia y sostenibilidad. La adopción de tecnologías como la agricultura de precisión y el blockchain para la trazabilidad de productos ha sido destacada por Valderrama y Araque (2024), quienes sostienen que estas innovaciones mejoran la transparencia y la eficiencia en la cadena de suministro agrícola. Además, permiten a los productores acceder a mercados internacionales con altos estándares de sostenibilidad y calidad, alineándose con la estrategia de China para liderar en tecnología agrícola y aumentar la competitividad de sus productos agropecuarios en el mercado global.

- **Análisis de Co-Ocurrencia de Palabras**

El análisis de co-ocurrencia de palabras acerca del mercadeo agropecuario revela interconexiones significativas entre los conceptos de sostenibilidad, tecnologías emergentes, y políticas públicas.

Figura 3

Mapa De Co-Ocurrencia De Palabras En Mercadeo Agropecuario.



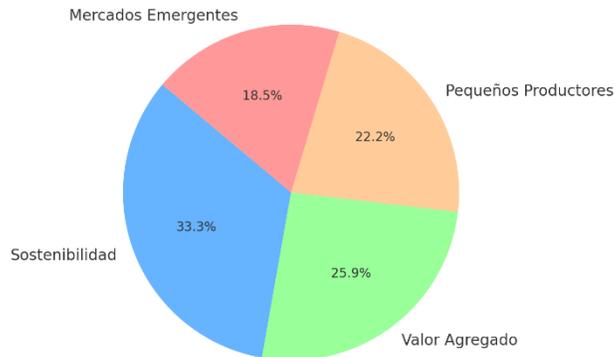
Este mapa ilustra cómo la sostenibilidad se encuentra frecuentemente asociada con pequeños productores y valor agregado, indicando un enfoque en prácticas agrícolas que no solo preservan el medio ambiente, sino que también incrementan el valor de los productos agrícolas.

La conexión entre blockchain y otras tecnologías emergentes como la agricultura de precisión y el IoT, sugiere un interés creciente en la digitalización del mercadeo agropecuario. Estas tecnologías prometen transformar las cadenas de suministro agrícolas, mejorando la trazabilidad y la eficiencia operativa. Un estudio de Ovalle et al. (2023), destaca cómo la implementación de blockchain en la agricultura mejora la transparencia y la confianza en la calidad de los productos agrícolas. Esta tecnología es especialmente relevante para consumidores de mercados emergentes, donde la sostenibilidad y la responsabilidad social son criterios cada vez más valorados. Además, la co-ocurrencia de políticas públicas enfocadas en la sostenibilidad y el apoyo a pequeños productores subraya la necesidad de un marco regulatorio que promueva estas prácticas. De lo anterior, un informe detallado por la Comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2011), presentan cómo las políticas efectivas pueden incentivar la adopción de prácticas sostenibles entre los pequeños agricultores en América Latina. Sin embargo, su análisis también identifica la falta de integración con tecnologías emergentes como un desafío pendiente. Esta laguna sugiere que se debe fortalecer la relación entre políticas públicas y tecnologías avanzadas para maximizar su impacto en el sector agrícola.

- **Principales Temáticas**

El análisis reveló que las palabras clave más frecuentes en las publicaciones incluyen sostenibilidad, valor agregado, pequeños productores y mercados emergentes. Estos términos no solo destacan las áreas de mayor interés dentro del campo, sino que también sugieren un enfoque predominante en cómo las estrategias de mercadeo pueden ser utilizadas para mejorar la competitividad de los pequeños productores.

Figura 4
Temáticas Principales en la Literatura de Mercadeo Agropecuario.



El alto porcentaje "sostenibilidad" como palabra clave refleja una tendencia creciente en la investigación agropecuaria que prioriza prácticas que son ambientalmente responsables y socialmente inclusivas, abordando la necesidad de sistemas agrícolas que no solo sean económicamente viables, sino también resilientes y sostenibles a largo plazo.

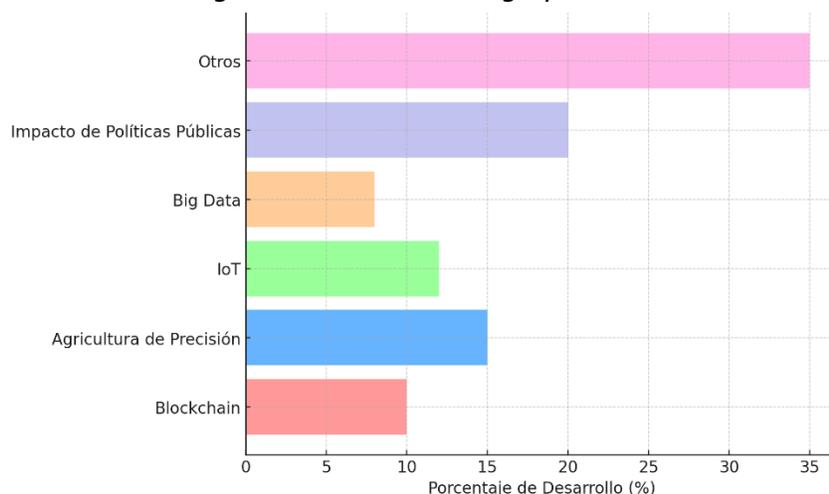
La presencia significativa del término "valor agregado" en las publicaciones subraya la importancia de la diferenciación de productos en la mejora de la competitividad de los pequeños productores. En mercados saturados, donde el precio suele ser el factor determinante, la capacidad de los pequeños productores de agregar valor a sus productos mediante prácticas sostenibles, certificaciones orgánicas o innovación en el empaque es crucial para acceder a mercados premium y mejorar los márgenes de ganancia. Según Cusme y Gaibor (2023), los productores que implementan prácticas sostenibles y obtienen certificaciones como la orgánica logran diferenciarse en mercados donde la demanda por productos responsables es cada vez mayor. Estas estrategias no solo mejoran la rentabilidad, sino que también aseguran un impacto positivo en el medio ambiente y fortalecen la seguridad alimentaria al incentivar métodos agrícolas más sostenibles. Esta dirección en el valor agregado está alineada con las estrategias de mercadeo que buscan no solo satisfacer las demandas actuales del mercado, sino también anticipar tendencias futuras que puedan brindar ventajas competitivas sostenibles.

La referencia a "pequeños productores" y "mercados emergentes" como palabras clave frecuentes en la literatura refleja el reconocimiento de la importancia de este segmento en el sector agropecuario global. Los pequeños productores, que representan una parte significativa de la producción agrícola en muchos países en desarrollo, enfrentan desafíos específicos, como el acceso limitado a mercados y recursos financieros. De acuerdo con Kotler y Keller (2012), las estrategias de marketing que se centran en estos grupos son fundamentales para facilitar su integración en mercados más amplios, especialmente en economías emergentes donde las oportunidades de crecimiento son mayores. Este enfoque no solo promueve la inclusión económica, sino que también contribuye al desarrollo rural sostenible, un objetivo crucial en regiones históricamente marginadas de las cadenas de valor globales.

- **Vacíos de la investigación**

A pesar del incremento en la cantidad de publicaciones sobre mercadeo agropecuario, el análisis bibliométrico reveló áreas con un desarrollo significativamente menor, particularmente en la aplicación de tecnologías emergentes como blockchain, agricultura de precisión, Internet de las Cosas (IoT) y big data.

Figura 5
Vacíos de Investigación en Mercadeo Agropecuario.



Estas tecnologías tienen el potencial de transformar profundamente el mercadeo de productos agrícolas sostenibles al mejorar la trazabilidad, eficiencia y transparencia en las

cadena de suministro. Sin embargo, su integración en el sector agropecuario sigue siendo limitada, especialmente entre pequeños productores, quienes a menudo carecen de los recursos y conocimientos necesarios para adoptar estas innovaciones. Según Valderrama y Araque (2024), la adopción de tecnologías como el blockchain en la agricultura puede asegurar la autenticidad y calidad de los productos agrícolas, facilitando el acceso de los pequeños productores a mercados que exigen altos estándares de trazabilidad y sostenibilidad. Sin embargo, su implementación enfrenta importantes desafíos, incluidos los relacionados con la infraestructura tecnológica y la necesidad de capacitación y educación tecnológica adecuada para los agricultores. Estos obstáculos pueden limitar la capacidad de los pequeños productores para beneficiarse plenamente de las ventajas que ofrece esta tecnología en términos de transparencia y competitividad.

Otro vacío significativo identificado es la falta de investigación sobre el impacto de las políticas públicas en la adopción de estrategias de mercadeo sostenible. Aunque existe un reconocimiento general de que las políticas gubernamentales juegan un papel crucial en la promoción de la sostenibilidad, hay pocos estudios empíricos que examinen cómo estas políticas afectan específicamente a los pequeños productores en su esfuerzo por integrar prácticas de mercadeo sostenible.

Estudios realizados por CEPAL (2011), mencionan que algunas políticas han proporcionado incentivos en la adopción de prácticas agrícolas sostenibles, sin embargo, aún queda mucho por hacer en términos de apoyo directo a las estrategias de mercadeo que permiten a los pequeños productores diferenciarse en mercados competitivos. Este vacío en la investigación limita la capacidad de formular recomendaciones de políticas públicas basadas en evidencia que sean efectivas en contextos diversos.

De modo que, los resultados actuales tienden a abordar estos temas de manera aislada, sin explorar cómo la sinergia entre políticas públicas proactivas y la adopción de tecnologías avanzadas podría facilitar la transición hacia prácticas de mercadeo más sostenibles en el sector agropecuario. Es fundamental desarrollar estudios que integren estos enfoques para identificar estrategias que no solo sean innovadoras, sino también accesibles para pequeños productores en mercados emergentes. La falta de investigación

en esta área representa un obstáculo importante para el desarrollo de modelos de mercadeo sostenible que sean escalables y aplicables en diferentes contextos geográficos y económicos.

4. Conclusiones

Los resultados de esta investigación han proporcionado una visión integral del estado actual del mercadeo agropecuario, destacando tanto las áreas más desarrolladas como los vacíos significativos que requieren mayor atención. El análisis bibliométrico realizado confirma que, en la última década ha habido un interés creciente en integrar la sostenibilidad como un componente central de las estrategias de mercadeo agropecuario, especialmente entre pequeños productores. Este enfoque es reflejo de una tendencia global hacia prácticas agrícolas más responsables que buscan equilibrar la rentabilidad con la preservación del medio ambiente y el bienestar social. La creciente frecuencia de términos como "sostenibilidad" y "valor agregado" en los documentos subraya la importancia de estas temáticas en la agenda de investigación contemporánea.

Un aporte significativo de este estudio es la identificación de la creciente adopción de estrategias de diferenciación de productos como una vía para mejorar la competitividad de los pequeños productores en mercados cada vez más exigentes. Los resultados indican que el valor agregado, a través de certificaciones ecológicas, innovaciones en empaque y la mejora de la calidad, es fundamental para que estos productores puedan acceder a nichos de mercado donde los consumidores están dispuestos a pagar una prima por productos que cumplen con estándares sostenibles. Este hallazgo es crucial para diseñar políticas y programas de apoyo que faciliten la integración de pequeños productores en cadenas de valor más lucrativas.

Sin embargo, el estudio también pone de manifiesto vacíos importantes en la investigación, particularmente en la integración de tecnologías emergentes como blockchain, IoT, agricultura de precisión y big data en el mercadeo agropecuario. A pesar de su potencial para revolucionar la trazabilidad, eficiencia y transparencia en las cadenas de suministro agrícola, la adopción de estas tecnologías sigue siendo limitada,

especialmente entre pequeños productores. Esta falta de adopción tecnológica representa una barrera significativa para la competitividad en mercados globalizados y subraya la necesidad de un mayor enfoque en la investigación aplicada que explore cómo superar estos desafíos.

Otro vacío crítico identificado es la insuficiente exploración del impacto de las políticas públicas en la adopción de estrategias de mercadeo sostenible. A pesar del reconocimiento de que las políticas gubernamentales son esenciales para promover la sostenibilidad en la agricultura, existe una escasez de estudios empíricos que examinen cómo estas políticas afectan específicamente a los pequeños productores. Este vacío limita la capacidad de diseñar intervenciones efectivas que puedan ser implementadas en diferentes contextos geográficos y económicos, lo que destaca la necesidad de más investigaciones que conecten directamente las políticas públicas con los resultados en el mercadeo agropecuario.

Un aspecto particularmente relevante es la poca información en los resultados que combine el uso de tecnologías emergentes con políticas públicas proactivas para potenciar el mercadeo sostenible de productos agrícolas. Es importante la revisión de estos temas en donde se desarrolle enfoques integrados que aprovechen las sinergias entre políticas públicas bien diseñadas y la adopción de tecnologías avanzadas. La falta de investigación en esta área es un obstáculo significativo para la creación de modelos de mercadeo sostenible que sean tanto innovadores como accesibles para los pequeños productores.

En conclusión, esta investigación no solo resalta las áreas de mayor avance en el mercadeo agropecuario, sino que también identifica claramente los vacíos que deben ser abordados en futuras investigaciones. La integración de tecnologías emergentes, el análisis del impacto de las políticas públicas y el desarrollo de enfoques integrados que combinen estos elementos son áreas críticas que requieren atención. Abordar estos desafíos no solo contribuirá a la sostenibilidad y competitividad de los pequeños productores, sino que también fortalecerá la resiliencia del sector agropecuario en su conjunto, posicionándolo mejor para enfrentar los desafíos globales de la próxima década.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez Morales, E. L., León Córdova, S. A., Sánchez Bravo, M. L. y Cusme Macías, B. L. (2020). Evaluación socioeconómica de la producción de plátano en la zona norte de la Provincia de los Ríos. *Journal of Business and Entrepreneurial Studie*, 4(2). <https://doi.org/10.37956/jbes.v4i2.78>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Brozović, D., D'Auria, A., y Tregua, M. (2020). Creación de valor y sostenibilidad: lecciones de las empresas líderes en sostenibilidad. *Sustainability*, 12 (11), 4450. <https://doi.org/10.3390/su12114450>
- Camarena-Gómez, B., Romero-Valenzuela, D. y Camarena-Gómez, D. (2019). Alimentos orgánicos en Hermosillo, Sonora: disposición a pagar y preferencias del consumidor. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(55), 1-28. <https://doi.org/10.24836/es.v30i55.877>
- Comisión económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2011). Competitividad, sostenibilidad e inclusión social en la agricultura: nuevas direcciones en el diseño de políticas en América Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org>
- Cusme, B. y Gaibor, R. (2023). Agricultura familiar en el desarrollo rural sostenible de la comunidad La Guayaquil, Cantón Balzar. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 1079-1097. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.8745
- Echeverri, R., y Rafael, M. (2002). Nueva ruralidad visión del territorio en América Latina y el Caribe. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.i/identificador/11324/7692>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020). Agronegocios sostenibles y cadenas de valor alimentarias. <https://www.fao.org/policy-support/policy-themes/sustainable-agribusiness-food-value-chains/es/>
- García Chiang, A. (2011). El comercio justo: ¿una alternativa de desarrollo local? *Polis*, 7(1), 105-140. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-23332011000100005
- Gregorio, O., López, E. y Limaymanta, C. (2022). Web of Science como herramienta de investigación y apoyo a la actividad científica: luces y sombras de sus colecciones, productos e indicadores. *E-Ciencias de la Información*, 12(1), 2-21. <https://doi.org/10.15517/eci.v12i1.46660>
- Kotler, P., y Keller, K. (2012). *Dirección de marketing*. Pearson Education. <https://www.montartuempresa.com/wp-content/uploads/2016/01/direccion-de-marketing-14edi-kotler1.pdf>
- Martínez, R. (2009). Sistemas de producción agrícola sostenible. *Tecnología en marcha*, 22(2), 23-39. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/114/113
- Ovalle, J., Romero-Perdomo, F. y Uribe, C. (2023). *Tecnologías emergentes para el agro y su aplicación en Colombia*. Agrosavia. http://dx.doi.org/10.21930/agrosavia.estudio_devigilancia.2023.2

- Pinzón-Castro, S. y Maldonado-Guzmán, G. (2023). Efectos de la cultura sustentable en la Responsabilidad Social Empresarial y el desempeño financiero en la industria manufacturera. *Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 13(26), 191-203. <https://doi.org/10.17163/ret.n26.2023.01>
- Pretty, J., Toulmin, C. y Williams, S. (2011). Intensificación sostenible en la agricultura africana. *Revista internacional de sostenibilidad agrícola*, 9(1), 5-24. <https://doi.org/10.3763/ijas.2010.0583>
- Valderrama, M. y Araque, J. (2024). Aplicación de blockchain en diferentes sectores: Revisión literaria. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 11(21), 81-98. <https://doi.org/10.21017/rimci.1024>
- Zavaleta, Y., Ocampo-Ledesma, J., Palacios-Rangel, M. y Aguilar-Ávila, J. (2022). Pequeños productores y consumidores urbanos: el caso de los Mercados de Productores de la Ciudad de México. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 32 (59), 2-32. <https://doi.org/10.24836/es.v32i59.1122>