



# confluencias



**UNJu**  
Universidad  
Nacional de Jujuy

**50**  
años

***Confluencias:  
Integrando ciencia para el desarrollo***

***Confluencias: Integrando ciencia para el desarrollo***

***Universidad Nacional de Jujuy***

***2025***

Prohibida la reproducción total o parcial del material contenido en esta publicación por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, sin permiso expreso del Editor.

Maldona, Silvina

Confluencias : Integrando ciencia para el desarrollo / Silvina Maldona ; Compilación de Silvina Maldonado. - 1a ed. - San Salvador de Jujuy : Universidad Nacional de Jujuy, 2025.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-3926-89-1

1. Instituto de Investigación. I. Maldonado, Silvina , comp. II. Título.

CDD 170

© 2025 Subsecretaría de Posgrado de la Universidad Nacional de Jujuy

Avda. Bolivia 1239 - CP 4600

San Salvador de Jujuy - Pcia. de Jujuy - Argentina

Tel. (0388) 4244196 int 5048- e-mail: postgrado@unju.edu.ar

2025 1ra Edición

Queda hecho el depósito que previene la Ley 11.723

## **Comité Científico de Confluencias**

### **Segundo Encuentro de Posgrado UNJu**

Dra. Liliana del Carmen Bergesio

Dra. María Eugenia Bernal

Dra. Patricia Marisel Arrueta

Dra. Norma Beatriz Farfán

Dra. Caludia Beatriz Gallardo

Dr. Daniel Galli

Dra. Alejandra García Vargas

Dra. Ceciloia Gabriela Giulianotti

Dra. Nancy Elizabeth Hernandez

Dra. Ing. Silvina Maldonado

Dra. Raquel Angela Romeo

Dra. Gabriela Soledad Villagra

Dra. Carmen Inés Viturro

Dr. Ing. José Luis Zacur

Dra. María Silvina Zutara

Mag. Lilina Beatriz Cruz

Mg. Ing. Héctor Pedro Liberatori

Esp. Mónica Valdiviezo Corte

Ing. Demetrio Humana

Lic. Edith de los Angeles Estrada

## PRÓLOGO

El libro Confluencias 2025 reúne artículos científicos que reflejan los avances de investigación de los estudiantes de posgrado de la Universidad Nacional de Jujuy. Es una obra que testimonia el compromiso, la dedicación y el esfuerzo de quienes avanzan en su formación académica, así como del acompañamiento institucional que los impulsa a profundizar sus conocimientos y adquirir herramientas que potencien su desempeño profesional y su rol como científicos. Estas investigaciones contribuyen a construir la ciencia que, en el futuro, ofrecerá respuestas a los desafíos sociales en áreas clave como cultura, educación, tecnología, economía, producción y medio ambiente.

En la coyuntura actual, hacer ciencia requiere una mirada empática y responsable, enfocada en generar aportes significativos y en desarrollar innovaciones con valor genuino para el desarrollo social y económico. Las instituciones públicas de ciencia y tecnología han sentado las bases para la creación de empresas tecnológicas que, en los últimos años, han surgido inspiradas en la investigación científica. Estas empresas no sólo contribuyen significativamente al Producto Interno Bruto (PIB) del país, sino que también generan nuevos productos, servicios y empleo y posicionan a nuestra nación en la vanguardia del conocimiento y la innovación.

Quienes cursan estudios de posgrado representan una fuerza vital para el avance del país, siendo portadores del talento que impulsa el progreso social y científico. Son parte fundamental del sistema educativo universitario, formados para aportar soluciones y promover una sociedad más madura, inclusiva y sostenible.

Los artículos incluidos en este libro, ya sean en áreas tecnológicas, empresariales, biológicas, ambientales, educativas o sociales, evidencian la relevancia de las actividades de posgrado en la UNJu y reflejan las capacidades y potencialidades de quienes están en proceso de formación.

Desde la visión de quienes, en distintos roles del sistema académico, acompañamos estos procesos, Confluencias se consolida como una estrategia institucional que busca abrir espacios de diálogo interno y construir puentes hacia el exterior. Avanza en su finalidad de valorizar las investigaciones vinculadas a tesis de posgrado, hacer sus resultados cada vez más pertinentes a las necesidades del contexto y promover su apropiación social, impulsando así una cultura de innovación y desarrollo en nuestra región.

*Dra. Ing. Silvina Maldonado  
Subsecretaria de Posgrado  
Secretaría de Asuntos Académicos  
Rectorado - UNJu*



# OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN POR ULTRASONIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE PITAYA ROJA (*HYLOCEREUS POLYRHIZUS*) USANDO METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

Soruco, Juan<sup>1,2</sup> & Maldonado, Silvina<sup>1</sup>

(1) Laboratorio Ingeniería para el Desarrollo de la Agroindustria Regional (IDeAR), Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITA). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy. Ítalo Palanca 10, 4600, Jujuy, Argentina.

(2) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

E-mail: smaldonado@unju.edu.ar

## Resumen

Se aplicó extracción sólido-líquido asistida por ultrasonido (EAU) a pulpa de pitaya roja para la separación de los compuestos bioactivos presentes, utilizando además metodología de superficie de respuesta para definir las mejores condiciones de operación. Se utilizó un diseño Box-Behnken para optimizar las variables involucradas: tiempo de extracción 10 a 30 minutos, composición del solvente (concentración de etanol en agua) 0 a 100% y relación sólido/mezcla solvente 10:100 a 30:100 p/v. Las variables respuestas fueron: contenido de betacianina, determinado espectrofotométricamente (CB); contenido de fenoles totales (CFT), por método Folin-Ciocalteu y capacidad antioxidante (CA), a través de la determinación del poder reductor FRAP. El análisis de los datos reveló que CB y CA se ajustan a un modelo cuadrático con  $R^2 = 0,9892$  y  $R^2=0,9924$ , respectivamente, donde sólo la mezcla extractiva fue significativa ( $p < 0,05$ ). En cuanto al CFT, se encontró que ajusta a un modelo cuadrático con  $R^2 = 0,9933$ , siendo significativo el tiempo de extracción y la mezcla solvente ( $p < 0,05$ ). Las condiciones óptimas de extracción resultaron: tiempo de extracción 29,51 minutos, mezcla solvente 38,98 v/v y relación sólido/mezcla solvente 28,13:100 p/v. En estas condiciones el CB fue de  $297 \pm 6$  mg/100g de extracto seco, CFT de  $270 \pm 5$  mg AGE/100g de extracto seco y CA de  $10,1 \pm 0,1$  mmoles de Fe(II)/100g de extracto seco. Estos resultados se encuentran dentro de los intervalos de confianza predichos por los modelos matemáticos de los compuestos bioactivos analizados, con un valor de deseabilidad de 1, con lo cual el método de EAU mostró ser una técnica económica y conveniente para la extracción de compuestos bioactivos de la pitaya roja.

**Palabras clave:** pitaya, betacianinas, extracción, tiempo, composición

## INTRODUCCIÓN

La fruta de pitaya pitahaya o fruta del dragón (*Hylocereus polyrhizus*) se ha identificado como un alimento funcional debido a sus características fisicoquímicas, nutricionales y sus compuestos bioactivos (Verona Ruiz et al., 2020). Es originaria de las regiones tropicales de América del norte, central y del sur, aunque se cultiva ampliamente en áreas tropicales o subtropicales de todo el mundo (Le et al., 2021). En la provincia de Jujuy se comenzó su cultivo hace pocos años y actualmente hay una pequeña producción en la localidad de Yuto. Presenta beneficios farmacológicos y/o nutracéuticos, como por ejemplo actividad antioxidante, antimicrobiana, anticancerígena y, además, exhibe propiedades prebióticas (Joshi & Prabhakar, 2020). La pitaya presenta un atractivo funcional debido a la presencia de fibras solubles e insolubles y varios fitoquímicos como los

carotenoides, compuestos fenólicos y pigmentos de color rojo púrpura, betalainas presentes en la pulpa y la cáscara (Zitha et al., 2022). En la pitaya roja, su capacidad antioxidante está relacionada tanto con el contenido total de fenoles como con el de betacianinas (Wu et al., 2006).

Los compuestos antioxidantes se obtienen generalmente de vegetales, mediante extracción sólido-líquido a través de métodos convencionales. Existen otros métodos ampliamente utilizados como la extracción asistida por ultrasonido (EAU), que permite el uso de tiempos de extracción, temperaturas de procesos, costos energéticos y volúmenes de solventes, más bajos (Medina-Torrez et al., 2017). La EAU ha sido empleada previamente para la extracción de compuestos bioactivos como la betacianina en vegetales como tuna roja (*Opuntia*) (Vásquez-Espinosa et al., 2022), remolacha roja (*Beta vulgar L.*) (Ramírez-Melo et al., 2022) y flores de amaranto (*Amaranthus caudatus*) (Roriz et al., 2021).

De hecho, el tratamiento con ultrasonido ha sido empleado en la pulpa de pitaya roja para la extracción de compuestos bioactivos (Thuy et al., 2022; Tan et al., 2023; Ramli et al., 2014;). Sin embargo, existen pocos estudios sobre la pulpa, que utilicen un enfoque estadístico experimental como la metodología de superficie de respuesta, que permita optimizar y explicar las interacciones entre las variables de proceso.

El objetivo de este estudio fue evaluar y optimizar la EAU a diferentes tiempos de extracción, composición del solvente y relación sólido/mezcla solvente, para la extracción de betacianina de la pulpa de pitaya roja, a través del estudio de su actividad antioxidante y el contenido de fenoles totales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Preparación de las muestras

La fruta de pitaya roja (*Hylocereus polyrhizus*) se recolectó en un mismo mes productivo en la localidad de Yuto, provincia de Jujuy, Argentina. Se trasladaron inmediatamente al laboratorio, en cajas de carton y a temperatura ambiente. La fruta se lavó, desinfectó, peló, separando la pulpa de la cáscara. Posteriormente la pulpa se conservó a -22 °C hasta los experimentos con EAU.

### Extracción de compuestos bioactivos.

La extracción se realizó mediante un dispositivo ultrasónico (Instrumento Cole-Parmer 8890, EE.UU.) con una potencia de 80 W a una frecuencia de 47 kHz a temperatura ambiente. La pulpa se mezcló a diferentes proporciones de solvente etanol en agua, en el rango 0-100 % y a una relación sólido-mezcla solvente en el rango 10:100-30:100 p/v. Seguidamente la mezcla se llevó a EAU a diferentes tiempos (10-30min) de acuerdo con el diseño experimental mostrado en la Tabla 1. La mezcla se centrifugó a 10000 rpm durante 15 minutos y el sobrenadante obtenido se filtró bajo vacío usando papel Whatman N°1. El extracto obtenido se colocó en botellas de color ambar y se congeló a -22°C hasta su posterior análisis.

### Diseño experimental y optimización

Se empleó un diseño Box-Behnken (DBB) para optimizar las condiciones EAU de compuestos bioactivos de la pulpa de pitaya roja. El DBB constó de 16 ejecuciones experimentales, incluidos 4 puntos centrales. Se estudiaron 3 variables independientes: tiempo de extracción (A), composición del solvente etanol en agua (B) y relación sólido-mezcla solvente (C). En la Tabla 1 se incluyen los niveles del diseño de las variables

independientes. El contenido de betacianinas (Y1), contenido de fenoles totales (Y2) y actividad antioxidante (Y3) fueron las variables respuestas dependientes (Tabla 2). Los rangos de extracción fueron determinados por ensayos preliminares y por revisiones bibliográficas. Los resultados del análisis de superficie de respuesta se ajustaron al modelo polinomial de segundo orden según la siguiente ecuación 1:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} X_i X_j \quad (1)$$

Donde  $Y$  es la variable respuesta,  $X_i$   $X_{ij}$ , son variables independientes ( $i$  y  $j$  varían entre 1 y  $k$ ),  $\beta_0$  es una constante,  $\beta_i$ ,  $\beta_{ii}$  y  $\beta_{ij}$  son los coeficientes de regresión de los términos lineales, cuadráticos y de interacción,  $k$  es el número de variable ( $k=3$ ). El coeficiente de determinación  $R^2$ , el coeficiente de determinación ajustado  $R^2$ -adj y la precisión adecuada se utilizaron para la verificación del modelo, considerando valor  $p < 0,05$ , el valor  $p$  de falta de ajuste  $> 0,05$ , el mayor valor de  $R^2$  y  $AdeqPrecision > 4$  (Aydar, 2018).

**Tabla 1.** Niveles de variables independientes usados en el diseño Box-behnken para la EAU.

Variable	Niveles		
	-1	0	1
Tiempo (min) (A)	10	20	30
Concentración de etanol % v/v (B)	0	50	100
Relación sólido-mezcla solvente p/v (C)	10:10 0	20:10 0	30:10 0

Se utilizó el software Design Expert 11 para estimar los efectos de las variables en la respuesta final, el análisis de varianza (ANOVA), el modelo matemático de segundo orden y los niveles óptimos de las variables significativas.

La exactitud del modelo se verificó realizando la EAU en las condiciones óptimas obtenidas (tiempo de extracción, concentración de etanol y relación sólido:solvente) para obtener máximo contenido de BC, CFT y AAT.

**Tabla 2.** Diseño BB con variables de EAU y sus respuestas observadas experimentalmente.

Corrida	Tiempo (min)	Solvente (%etanol)	Relación sólido/solvente p/v	CB (mg/100g)	CFT (mg AGE/100g)	CA (mmol Fe(II)/100g)
1	10 (-1)	100 (1)	20:100 (0)	14,81	92,98	5,83
2	10 (-1)	50 (0)	10:100 (-1)	242,15	152,74	9,85
3	20 (0)	50 (0)	20:100 (0)	234,25	232,75	8,93
4	20 (0)	100 (1)	30:100 (1)	27,18	157,59	5,57
5	30 (1)	50 (0)	30:100 (1)	287,61	265,38	10,07
6	20 (0)	0 (-1)	30:100 (1)	277,27	258,49	8,38
7	10 (-1)	0 (-1)	20:100 (0)	276,74	141,72	10,22
8	20 (0)	50 (0)	20:100 (0)	262,85	243,14	9,46
9	30 (1)	50 (0)	10:100 (-1)	254,12	262,05	9,84
10	20 (0)	50 (0)	20:100 (0)	239,72	240,27	9,19
11	10 (-1)	50 (0)	30:100 (1)	283,48	162,18	10,11
12	30 (1)	100 (1)	20:100 (0)	18,50	200,74	7,46
13	20 (0)	100 (1)	10:100 (-1)	31,45	183,56	4,61
14	30 (1)	0 (-1)	20:100 (0)	269,55	240,23	9,52
15	20 (0)	50 (0)	20:100 (0)	275,45	232,96	8,95
16	20 (0)	0 (-1)	10:100 (-1)	272,90	205,15	8,90

### Análisis del extracto

*Cuantificación de Betacianinas (CB).* Se determinaron midiendo la absorbancia a 537 nm, usando un espectrofotómetro UV-Vis, de acuerdo con el método de Ramli et al., (2014). La cantidad de BC se calculó mediante la siguiente ecuación y se expresó como mg/100 g en base seca:

$$A \left( \frac{mmm}{100mm} \right) = \frac{A \times FD \times PM \times V}{s \times L \times M} \times 100 \quad (2)$$

Donde *A* es la absorbancia a 578 nm, *FD* es el factor de dilución, *PM* es el peso molecular de la betacianina (550 g/mol), *V* es el volumen del extracto,  $\epsilon$  es la absorptividad molar de la betacianina (65000 L mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>), *L* longitud del camino de la cubeta (1 cm), *M* peso en base seca.

*Compuestos Fenólicos Totales (CFT).* Se determinó usando el método Follin-Ciocalteu, descrito por Rigui Pessoa da Silva et al., (2018). Los resultados se expresaron como mg de ácido gálico equivalente (AGE) por 100 gramos en base seca.

*Capacidad antioxidante (CA).* La capacidad antioxidante reductora férrica (FRAP) se realizó según procedimiento descrito por Benzie & Strain (1996). Los resultados se expresaron como  $\mu$ mol eq Fe (II)/100g en base seca.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto de las variables independientes sobre el contenido de betacianina

En la tabla 3 se muestra el resultado del análisis estadístico sobre la betacianina extraída con las condiciones de operación analizadas. La

concentración de etanol en la mezcla solvente y la interacción solvente-solvente (B<sup>2</sup>) fueron significativos (<0,05) para la extracción del CB.

**Tabla 3.** ANOVA para la EAU de Betacianina

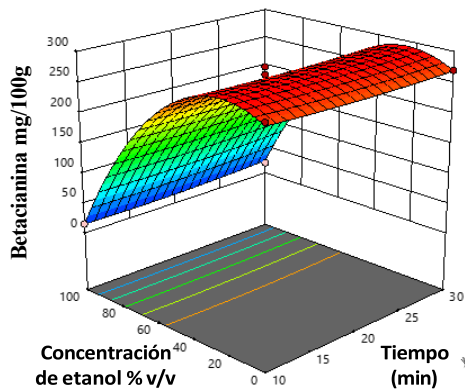
Fuente	Suma de cuadrados	d f	Cuadrado medio	F-valor	P-valor	
<b>Modelo</b>	1,770E+05	9	19671,65	61,09	< 0,0001	significativo
A-Tiempo	19,80	1	19,80	0,0615	0,8124	
B-Conc. etanol	1,261E+05	1	1,261E+05	391,70	< 0,0001	
C-Rel. sólido/mezcla solv.	701,56	1	701,56	2,18	0,1904	
AB	29,62	1	29,62	0,0920	0,7719	
AC	15,38	1	15,38	0,0478	0,8343	
BC	18,68	1	18,68	0,0580	0,8177	
A <sup>2</sup>	41,99	1	41,99	0,1304	0,7304	
B <sup>2</sup>	49642,75	1	49642,75	154,17	< 0,0001	
C <sup>2</sup>	444,01	1	444,01	1,38	0,2848	
<b>Residual</b>	1932,04	6	322,01			
Falta de ajuste	803,38	3	267,79	0,7118	0,6067	No significativo
Error Puro	1128,66	3	376,22			
<b>Total</b>	1,790E+05	15				
<b>R<sup>2</sup></b>	0,9892					

R <sup>2</sup> ajustado	0,9730
Precisión ad.	19,3315
CV %	8,79

La falta de ajuste fue no significativa ( $p > 0,05$ ) y el modelo fue significativo ( $p < 0,05$ ), lo que confirma las correcciones del modelo. El R<sup>2</sup> para el CFT fue de 0,9892 lo que implica que el modelo explica el 98,92% de los resultados. La diferencia del R<sup>2</sup> y el R<sup>2</sup>-ajustado fue menor a 0,2, la precisión adecuada fue superior a 4 y el coeficiente de varianza (CV) fue menor a 10, lo que confirma la idoneidad de la precisión del modelo. La predicción del modelo de extracción para lograr el máximo contenido de betacianina usando factores codificados significativos se describen en la siguiente ecuación cuadrática:

$$\text{Betacianina} \frac{\text{mg}}{100\text{mg}} = 293,73 + 1,92B - 0,04B^2 \quad (3)$$

En la Figura 1 se muestra la representación en 3D de la interacción entre la concentración de etanol y el tiempo de extracción, sobre el CB.



**Figura 1.** Gráfico en 3D del contenido de betacianina frente al tiempo y concentración del solvente.

Como se muestra en la Figura 1, el CB aumenta cuando disminuye la concentración de etanol en la mezcla solvente. Utilizar altas concentraciones de etanol o en estado puro puede comprometer la eficiencia de extracción, comportamiento que puede estar asociado con la polaridad de los compuestos extraídos, que muestran mayor afinidad por ambientes hidrofílicos (Roriz et al., 2017). Rigi Pessoa da Silva et al. (2018) investigaron la extracción de betalaína de remolacha roja y descubrieron que una mayor disponibilidad de etanol como solvente no mejoraba el proceso de extracción.

### Efecto de las variables independientes sobre los CFT.

En la Tabla 4 se muestra el resultado del análisis estadístico sobre la extracción de los compuestos fenólicos totales. El tiempo de extracción (A), la concentración de etanol como solvente (B), la interacción BC, A<sup>2</sup> y B<sup>2</sup> fueron significativos ( $< 0,05$ ) para la extracción de FT. El modelo fue significativo ( $p < 0,05$ ) y falta de ajuste fue no significativo ( $p > 0,05$ ) lo que confirma la adecuación al modelo.

El R<sup>2</sup> para el CFT fue de 0,9933 lo que implica que el modelo explica el 99,33% de los resultados. La diferencia del R<sup>2</sup> y el R<sup>2</sup>-ajustado fue menor a 0,2, la precisión adecuada fue superior a 4 y el coeficiente de varianza (CV) fue menor a 10, lo que confirma la idoneidad del modelo. Para determinar la eficacia de la extracción, para lograr el máximo de los CFT, se usó la siguiente ecuación cuadrática con los términos significativos:

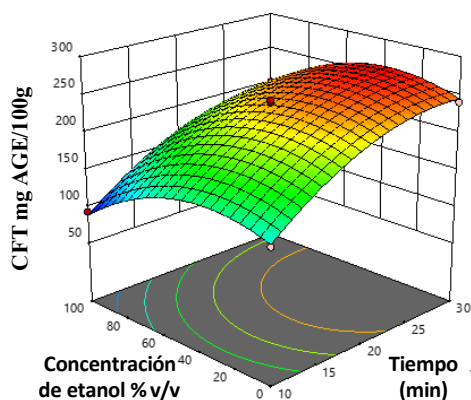
$$\text{CFT} \frac{\text{mm}}{100\text{mm}} = -37,89 + 17,10A + 1,73B - 0,02BC - 0,29A^2 - 0,02B^2 \quad (4)$$

**Tabla 4.** ANOVA para la EAU de CFT

Fuente	Suma de cuadrados	d f	Cuadrado medio	F-valor	p-valor	Significativo
<b>Modelo</b>	38830,29	9	4314,48	99,39	< 0,0001	Significativo
A-Tiempo	21921,44	1	21921,44	505,00	< 0,0001	
B-Conc. etanol	5549,75	1	5549,75	127,85	< 0,0001	
C-Rel. sólido/ mezcla solv.	201,45	1	201,45	4,64	0,0747	
AB	21,39	1	21,39	0,4928	0,5090	
AC	9,32	1	9,32	0,2146	0,6595	
BC	1572,43	1	1572,43	36,22	0,0009	
A <sup>2</sup>	3477,38	1	3477,38	80,11	0,0001	
B <sup>2</sup>	6045,92	1	6045,92	139,28	< 0,0001	
C <sup>2</sup>	31,20	1	31,20	0,7188	0,4290	
<b>Residual</b>	260,46	6	43,41			

Falta de ajuste	178,05	3	59,35	2,16	0,2716	No significativo
Error Puro	82,41	3	27,47			
<b>Total</b>	<b>39090,75</b>	<b>15</b>	<b>5</b>			
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,9933</b>					
<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>0,9833</b>					
<b>Precisión ad.</b>	<b>34,2708</b>					
<b>CV %</b>	<b>3,22</b>					

En la Figura 2 se muestra la representación en 3D de la interacción entre la concentración de etanol y el tiempo de extracción, sobre el CFT.



**Figura 2.** Gráfico en 3D del CFT frente al tiempo y concentración del solvente.

Según se observa en la Figura 2, a bajas concentraciones de etanol en la mezcla solvente y a los mayores tiempos de extracción analizados, aumenta el contenido de fenoles totales extraídos. Se encontró un máximo de 265,38 mgAGE/100gb.s. cuando se usó 50% de etanol en el solvente, en un tiempo máximo de 30 minutos.

### Efectos de las variables independientes sobre la capacidad antioxidante (CA).

En Tabla 5 se muestra el análisis estadístico sobre la CA de los extractos obtenidos.

**Tabla 5.** ANOVA para la EAU de la CA.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-valor	p-valor	
<b>Modelo</b>	<b>46,16</b>	<b>9</b>	<b>5,13</b>	<b>86,57</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>Significativo</b>
A-Tiempo	0,0965	1	0,0965	1,63	0,2490	

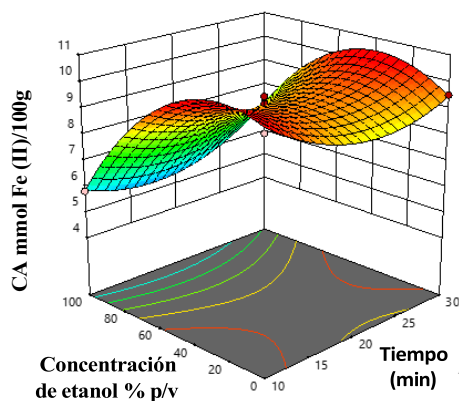
B-Conc. etanol	22,93	1	22,93	387,13	< 0,0001	
C-Rel. sólido/ mezcla solv.	0,1103	1	0,1103	1,86	0,2214	
AB	1,36	1	1,36	22,94	0,0030	
AC	0,0002	1	0,0002	0,0034	0,9554	
BC	0,5417	1	0,5417	9,14	0,0233	
A <sup>2</sup>	4,95	1	4,95	83,64	< 0,0001	
B <sup>2</sup>	15,86	1	15,86	267,67	< 0,0001	
C <sup>2</sup>	0,3050	1	0,3050	5,15	0,0637	
<b>Residual</b>	<b>0,3554</b>	<b>6</b>	<b>0,0592</b>			
Falta de ajuste	0,1711	3	0,0570	0,9277	0,5239	No significativo
Error Puro	0,1844	3	0,0615			
<b>Total</b>	<b>46,51</b>	<b>15</b>				
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,9924</b>					
<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>0,9809</b>					
<b>Precisión ad.</b>	<b>29,7983</b>					
<b>CV %</b>	<b>2,84</b>					

El modelo fue significativo ( $p < 0,05$ ) y la falta de ajuste no fue significativa ( $p > 0,05$ ) lo que confirma la adecuación al modelo. El  $R^2$  para la CA fue de 0,9924 lo que implica que el modelo explica el 99,24% de los resultados. La diferencia del  $R^2$  y el  $R^2$ -ajustado fue menor a 0,2, la precisión adecuada fue superior a 4 y el coeficiente de varianza (CV) fue menor a 10, lo que confirma la idoneidad del modelo. De las variables independientes, sólo la concentración del etanol en el solvente fue significativa ( $p < 0,05$ ), igual que las interacciones AB, BC, A<sup>2</sup> y B<sup>2</sup>. Para describir la eficacia de la extracción para lograr la máxima CA de la pulpa de pitaya, se usó la siguiente ecuación cuadrática solo con los términos significativos:

$$CA \frac{mMol Fe(II)}{100mm} = 13,60 + 0,00B + 0,001AB + 0,001BC + 0,01A^2 - 0,001B^2 \quad (5)$$

La Figura 3 muestra la influencia de la composición del solvente y el tiempo de extracción, en la capacidad antioxidante de los extractos.

Se observa un aumento gradual de la capacidad antioxidante a medida que disminuye la concentración de etanol en la mezcla solvente (Figura 3). Se alcanzan valores máximos cuando la proporción de etanol-agua está por debajo del 50%.



**Figura 3.** Gráfico en 3D del CA frente al tiempo y concentración del solvente.

Estos hallazgos indican que la actividad antioxidante tiene correlación con los compuestos fenólicos totales y la betacianinas, donde altas concentraciones de etanol en el solvente influyen de manera negativa en el rendimiento de extracción lo que coincide con lo expresado por Roriz et al., 2017 y Gomez López et al., 2021.

#### Optimización de los parámetros de extracción y validación de modelos

Se determinaron los niveles de las variables de extracción que maximizan el CB, CFT y la CA, en el extracto de pulpa de pitaya roja. Utilizando los modelos polinomiales obtenidos, las condiciones óptimas de extracción fueron: tiempo de extracción 29,51 minutos, concentración de etanol en la mezcla solvente 38,98% v/v y relación sólido: mezcla solvente 28,13:100 p/v. Para verificar la validez de las condiciones óptimas se establecieron ensayos para evaluar el ajuste de los resultados experimentales frente a los valores predichos por los modelos. Los ensayos se realizaron por triplicado y los valores promedio se presentan en la Tabla 6.

Los valores experimentales se ajustan con un 95 % de confianza a los valores predichos y con un valor de deseabilidad igual a 1. Esto demuestra que los modelos desarrollados son adecuados. Se puede asegurar la validez de los valores óptimos

dentro del rango estudiado para las variables de proceso.

**Tabla 6.** Valores predichos y experimentales de las variables respuesta en las condiciones óptimas.

Variables respuesta	valores predichos	valores experimentales
CB mg/100g	294,568	297±6
CFT mg AGE/100g	272,971	270±5
CA mmol Fe (II)/100g	10,2668	10,1±0,2

Los valores experimentales se ajustan con un 95 % de confianza a los valores predichos y con un valor de deseabilidad igual a 1. Esto demuestra que los modelos desarrollados son adecuados. Se puede asegurar la validez de los valores óptimos dentro del rango estudiado para las variables de proceso.

#### CONCLUSIONES

Las condiciones óptimas de extracción asistida por ultrasonido resultaron: tiempo de extracción 29,51 minutos, mezcla solvente 38,98 % v/v y relación sólido/mezcla solvente 28,13:100 p/v. En estas condiciones se obtuvo los mayores valores de betacianinas, fenoles totales y actividad antioxidante. Según estos hallazgos, el método de EAU propuesto en este estudio es una técnica confiable para obtener rendimientos satisfactorios de extracción de compuestos bioactivos, además de ser rentable y rápido. El modelo de superficie de respuesta permitió optimizar las variables y maximizar la extracción de betacianina, fenoles totales y la actividad antioxidante del *Hylocereus polyrhizus* L, proporcionando una ecuación confiable para predecir el efecto de las condiciones de operación en el nivel de extracción de las betacianinas, los compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante del extracto.

#### REFERENCIAS

- Aydar, A.Y. (2018b) Utilization of Response Surface Methodology in Optimization of Extraction of Plant Materials. *Intech open*. 157–169.
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.

- Gómez-López, I., Lobo-Rodrigo, G., Portillo, M. P., & Cano, M. P. (2021). Ultrasound-assisted “green” extraction (UAE) of antioxidant compounds (Betalains and Phenolics) from *Opuntia stricta* var. *Dillenii*’s fruits: optimization and biological activities. *Antioxidants*, *10*(11), 1786.
- Joshi, M., & Prabhakar, B. (2020). Phytoconstituents and pharmaco-therapeutic benefits of pitaya: A wonder fruit. *Journal of Food Biochemistry*, *44*(7), e13260.
- Le, T. L., Huynh, N., & Quintela-Alonso, P. (2021). Dragon fruit: A review of health benefits and nutrients and its sustainable development under climate changes in Vietnam. *Czech Journal of Food Sciences*, *39*(2), 71-94
- Medina-Torres, N., Ayora-Talavera, T., Espinosa-Andrews, H., Sánchez-Contreras, A., & Pacheco, N. (2017). Ultrasound assisted extraction for the recovery of phenolic compounds from vegetable sources. *Agronomy*, *7*(3), 47.
- Ramírez-Melo, L. M., del Socorro Cruz-Cansino, N., Delgado-Olivares, L., Ramírez-Moreno, E., Zafra-Rojas, Q. Y., Hernandez-Traspena, J. L., & Suarez-Jacobo, A. (2022). Optimization of antioxidant activity properties of a thermosonicated beetroot (*Beta vulgaris* L.) juice and further in vitro bioaccessibility comparison with thermal treatments. *Lwt*, *154*, 112780.
- Ramli, N. S., Ismail, P., & Rahmat, A. (2014). Influence of conventional and ultrasonic-assisted extraction on phenolic contents, betacyanin contents, and antioxidant capacity of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *The Scientific World Journal*, *2014*(1), 964731.
- Righi Pessoa da Silva, H., da Silva, C., & Bolanho, B. C. (2018). Ultrasonic-assisted extraction of betalains from red beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of food process engineering*, *41*(6), e12833.
- Roriz, C. L., Barros, L., Prieto, M. A., Barreiro, M. F., Morales, P., & Ferreira, I. C. (2017). Modern extraction techniques optimized to extract betacyanins from *Gomphrena globosa* L. *Industrial Crops and Products*, *105*, 29-40.
- Roriz, C. L., Xavier, V., Heleno, S. A., Pinela, J., Dias, M. I., Calhelha, R. C., ... & Barros, L. (2021). Chemical and bioactive features of *Amaranthus caudatus* L. flowers and optimized ultrasound-assisted extraction of betalains. *Foods*, *10*(4), 779.
- Tan, C.X.; Lim, S.W.; Tan, S.S.; Tan, S.T. Characterization of Juice Extracted from Ultrasonic Treated Red Pitaya Flesh. *Horticulturae* *2023*, *9*, 92.
- Thuy, N. M., Ngoc, P. T. B., & Tai, N. V. (2022). Effect of conventional and ultrasonic-assisted extracts on betacyanin content of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *Food Research*, *6*(3), 389-395.
- Vázquez-Espinosa, M., González-de-Peredo, A. V., Carrera, C., Palma, M., Barbero, G. F., & Aliaño-González, M. J. (2022). Ultrasound-assisted extraction of betalains from *Opuntia* fruit pulp of different color varieties. *Agronomy*, *12*(11), 2604.
- Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., & Paucar-Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*, *11*(3), 439-453.
- Wu, L. C., Hsu, H. W., Chen, Y. C., Chiu, C. C., Lin, Y. I., & Ho, J. A. A. (2006). Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Food Chemistry*, *95*(2), 319-327
- Zitha, E. Z. M., Magalhães, D. S., do Lago, R. C., Carvalho, E. E. N., Pasqual, M., & Boas, E. V. D. B. V. (2022). Changes in the bioactive compounds and antioxidant activity in red-fleshed dragon fruit during its development. *Scientia Horticulturae*, *291*, 110611.

# ENVASADO ACTIVO DE CARNE DE LLAMA (*LAMA GLAMA*) EN PELÍCULA DE ALGINATO DE SODIO CON EXTRACTO ANTIOXIDANTE DE *MUTISIA FRIESIANA* (*ASTERACEAE*)

Godoy, Mónica Daniela <sup>(1)(2)</sup>; Farfán, Norma <sup>(2)</sup>; Grigioni, Gabriela <sup>(3)</sup>

(1) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Godoy Cruz 2290. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

(2) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy. Ítalo Palanca 10. San Salvador de Jujuy. Jujuy.

(3) Instituto de Tecnología de Alimentos, Instituto de Ciencia y Tecnología de Sistemas Alimentarios Sustentables, INTA CONICET. Nicolas Repetto y de los Reseros s/n, Hurlingham, Buenos Aires.

Email: danielagodoy@outlook.com

## Resumen

En el presente estudio se evaluó el efecto de la aplicación de una película de alginato de sodio con extracto de *Mutisia friesiana* sobre la oxidación de lípidos y el color de la carne de llama. La carne (*Longissimus dorsi*) se cortó en fetas de 2 cm de espesor y éstas fueron asignadas en forma aleatoria a tres grupos de tratamiento: muestras control sin película (CON), con película de alginato de sodio (P0) y con película de alginato de sodio + 0,1% de extracto (P1). Las muestras se recubrieron con la película correspondiente, se colocaron sobre bandejas de poliestireno expandido y se recubrieron con film de uso alimentario. El almacenamiento se llevó a cabo durante 14 días a 4°C bajo condiciones de exhibición minorista (exposición a luz fluorescente). Los días 0, 2, 4, 7, 9, 11 y 14 se tomaron tres muestras de cada tratamiento para realizar los análisis. Se determinó la oxidación de lípidos, la proporción de metamioglobina y el color de las muestras en base a los parámetros L\*, a\* y b\*. La oxidación de lípidos aumentó significativamente ( $p < 0,05$ ) en los tres tratamientos durante todo el almacenamiento, sin embargo, las muestras control (CON) y bajo el tratamiento P0 presentaron una oxidación significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) respecto del grupo P1. Las muestras del grupo P1 preservaron el color rojo al finalizar el almacenamiento respecto de los tratamientos CON y P0 y también presentaron la menor proporción de metamioglobina. Estos resultados indican que la película de alginato de sodio con agregado de extracto de *Mutisia friesiana* es efectiva para retardar procesos oxidativos. La aplicación de un envase con agentes antioxidantes podría mejorar la calidad de la carne de llama retrasando su deterioro durante el almacenamiento en refrigeración.

**Palabras clave:** *Mutisia friesiana*, antioxidantes, película, carne de llama

## INTRODUCCIÓN

La carne presenta características como alta humedad, pH y composición química que la vuelven susceptible al deterioro durante el almacenamiento y esto afecta significativamente su calidad y seguridad (Figueroa-Enríquez y col., 2024). Este proceso se encuentra ligado a reacciones químicas, siendo los procesos oxidativos uno de los principales mecanismos responsables del deterioro (Domínguez y col., 2019).

La oxidación lipídica es particularmente relevante en la carne. Durante el proceso de

oxidación de lípidos se forman compuestos volátiles que alteran el sabor y el aroma de la carne haciéndola menos aceptable para el consumidor (Domínguez y col., 2019; Manassis y col., 2020). Por otro lado, también se generan radicales libres y productos intermedios de la oxidación que pueden provocar cambios en el color de la carne (Kumar y col., 2015; Manassis y col., 2020). El color es un parámetro importante para los consumidores ya que, generalmente, se asocia con la calidad y la frescura y, en ocasiones, se utiliza como factor de decisión de compra (Arenas de Moreno y col., 2020; Testa y col., 2021; Tomasevic y col., 2021). La mioglobina es la proteína responsable del color. Su concentración y sus estados oxidativos son los

principales determinantes del color de la carne (Mancini, 2013; Hughes y col., 2020). Es susceptible a la oxidación dando como resultado la pérdida de calidad de la carne. Las formas ferrosas de mioglobina pueden oxidarse y dar lugar a la formación de metamioglobina, cuya acumulación es responsable de la decoloración de la carne y la aparición de un color marrón (Bekhit y col., 2019).

Los factores que aceleran estos procesos oxidativos incluyen la exposición al oxígeno, la luz y las altas temperaturas (Domínguez y col., 2019). Por lo tanto, es fundamental implementar estrategias de conservación que minimicen la oxidación. Estas pueden incluir el uso de antioxidantes, el envasado al vacío y el almacenamiento en condiciones controladas de temperatura y luz.

El envasado activo busca mejorar la conservación y calidad de los alimentos mediante la interacción de los materiales de envasado con el alimento (Ahmed y col., 2022; Firouz y col., 2021). A diferencia del envasado tradicional, que actúa únicamente como una barrera física, el envasado activo incorpora componentes que interactúan con el alimento o su entorno (Wyrwa & Barska, 2017). En este contexto, las películas comestibles tienen especial relevancia, ya que pueden utilizarse como material activo para el envasado de alimentos (Yong & Liu, 2021). Las películas comestibles no sólo ofrecen una barrera física que protege los alimentos de factores externos, como la humedad y el oxígeno, sino que también permiten la incorporación de compuestos bioactivos, como antioxidantes, que ayudan a retardar el deterioro de alimentos (Domínguez y col., 2018). Esto es especialmente importante en el caso de alimentos altamente perecederos como la carne, la cual es susceptible a la oxidación (Hadidi y col., 2022; Figueroa-Enríquez y col., 2024; Martiny y col., 2020).

En este trabajo se evaluó el uso de una película comestible de alginato de sodio con extracto antioxidante de *Mutisia friesiana* (*Asteraceae*) como envase activo para prevenir la oxidación de lípidos y preservar el color de la carne de llama (*Lama glama*) almacenada bajo condiciones de exhibición minorista. *Mutisia friesiana* es un arbusto perenne originario del sur de Bolivia y noroeste de Argentina. El extracto de esta especie presenta una alta concentración de compuestos fenólicos y buenas propiedades antioxidantes (Godoy y col., 2022). En estudios realizados sobre la composición fitoquímica de algunas especies del género *Mutisia* se identificó la presencia de ácido 3-O-cafeoilquínico, ácido 5-O-cafeoilquínico, ácido cafeico, entre otros

compuestos, los cuales presentan alta actividad antioxidante (Viturro y col., 1999; Sova, 2012; Cizmarova y col., 2020; Fernández-Galleguillos y col., 2023).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Obtención del extracto

Los ejemplares de *Mutisia friesiana* (*Asteraceae*) fueron recolectados en la localidad de Cianzo, ubicada 30 km al este de la ciudad de Humahuaca, a 3.539 m.s.n.m. (Jujuy, Argentina). Las partes aéreas (tallos y hojas) se secaron en estufa a 30°C hasta alcanzar peso constante y se trituraron y tamizaron para obtener una fracción de tamaño de partícula comprendida entre 250 y 150 µm. Para la obtención de los extractos se empleó el método de extracción asistida con ultrasonido utilizando como solvente etanol (65%). La extracción se realizó en un baño de ultrasonido (Sonicador Cole-Parmer 8890 Instrument, EE. UU) durante 15 min a temperatura ambiente, 80 W de potencia y una frecuencia de 47 kHz. A continuación, los extractos se centrifugaron durante 20 min a 2500 rpm y el sobrenadante se filtró utilizando papel de filtro (Schleicher & Schuell N°0859). Luego se evaporó el solvente a sequedad en estufa a 30°C y el extracto seco fue reconstituido en etanol (65%) a una concentración de 0,1 g/mL. Este extracto concentrado se conservó refrigerado y protegido de la luz hasta su uso.

### 2.2. Caracterización del extracto

El contenido fenólico total (CFT) se determinó mediante el ensayo de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965) con algunas modificaciones. Se colocó 100 µL de extracto (en concentraciones entre 0,5 y 0,0625 mg/mL) y 200 µL de reactivo Folin-Ciocalteu (10%) en microtubos tipo Eppendorf. Luego de 3 min se adicionó 800 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (7,4%) y a continuación los microtubos se agitaron en vortex durante 30 s. La reacción se dejó en reposo por 60 min a temperatura ambiente y se midió la absorbancia a 760 nm. Los valores se expresaron en mg eq. Ac. gálico/g de peso seco de *Mutisia friesiana* mediante una curva patrón de ácido gálico.

Por otro lado, se determinó la actividad antioxidante de los extractos. La actividad de captación de radicales libres de los extractos se evaluó siguiendo la metodología propuesta por Brand-Williams y col. (1995), con algunas modificaciones. Se elaboró una serie de diluciones del extracto (1, 0,5, 0,25, 0,125 y 0,0625 mg/mL). En los pocillos de una microplaca se colocaron 25 µL de cada dilución y 200 µL de solución metanólica de DPPH (a una

concentración tal que la absorbancia de la solución a 515 nm sea igual a 1). Luego de 30 min (en oscuridad y a temperatura ambiente) se midió la absorbancia a 515 nm (Espectrofotómetro de microplacas Epoch, BioTeK). La actividad antioxidante se expresó como el valor de la Concentración Efectiva 50 (EC50), correspondiente a la concentración de extracto necesaria para disminuir la absorbancia inicial de la solución de DPPH en un 50%.

### 2.3. Elaboración de las películas

Se prepararon soluciones al 1,5% p/v de alginato de sodio en agua destilada con agregado de plastificante (glicerol: 25% p/p de alginato de sodio) e iones calcio como entrecruzante utilizando una solución de CaCl<sub>2</sub>. La mezcla se dejó en reposo durante 60 min y luego se calentó con agitación constante a 70°C durante 60 min. El gel formado se dejó enfriar a temperatura ambiente hasta 30°C y posteriormente se agregó el extracto de *Mutisia friesiana* (0,1% p/v). La mezcla se agitó durante 20 min para asegurar una dispersión homogénea del extracto. A continuación, se colocó 25 g del gel en cajas de Petri y estas se secaron en estufa a 30°C. Se elaboró una película de control usando el mismo proceso, pero sin agregar el extracto.

### 2.4. Preparación muestras

Se trabajó con el músculo *Longissimus dorsi*. Se cortaron fetas de 2 cm de espesor. Estas fueron asignadas aleatoriamente a tres tratamientos: muestras control sin película (CON), muestras con película sin extracto (P0) y muestras con película con extracto (P1). Las fetas se recubrieron con su respectiva película y se colocaron en bandejas de poliestireno que posteriormente se recubrieron con film de uso alimentario. Las muestras se almacenaron durante 14 días a 4°C con exposición constante a luz fluorescente para simular condiciones de exposición minorista. Los días 0, 2, 4, 7, 9, 11 y 14 se seleccionaron 3 muestras de cada tratamiento en forma aleatoria para realizar los análisis.

### 2.5. Medición color

El color de las muestras se registró utilizando un colorímetro modelo miniscan EZ 4500L HunterLab con un iluminante D65 y ángulo del observador de 10°. Previo a las mediciones, el equipo se calibró utilizando bloques negro y blanco. Se determinaron los valores L\*, a\* y b\* según las pautas para la medición de color en carne de la American Meat Science Association (Hunt y col., 2012). Las muestras se retiraron de sus envases y se expusieron al aire durante 30

min a 4°C y posteriormente se realizaron las mediciones en 5 puntos diferentes de la superficie de la carne.

### 2.6. Proporción de metamioglobina

La extracción de mioglobina de la carne se realizó siguiendo el método de Liu y col., (2022) con algunas modificaciones. Una muestra de 5 g de carne se mezcló con 25 mL de tampón fosfato (40 mM, pH 6,8) y luego se homogeneizó durante 30 s. La mezcla se dejó reposar durante 1 h a 4°C y posteriormente se centrifugó a 4000 rpm durante 30 min. El sobrenadante se filtró y se registró la absorbancia del filtrado a 503, 525, 557 y 582 nm de longitud de onda (espectrofotómetro Metrolab 1700). La proporción de metamioglobina (MetMb) se calculó utilizando la ecuación 1 (Tang y col., 2004):

$$[\text{MetMb}] = -0,159 R1 -0,085 R2 +1,262 R3 -0,520 \quad (1)$$

donde R1 = A582/A525, R2 = A557/A525 y R3 = A503/A525. Los análisis se realizaron por triplicado.

### 2.7. Oxidación de lípidos

La determinación de la oxidación de lípidos se llevó a cabo utilizando el método propuesto por Botsoglu y col., (1994) con algunas modificaciones. Se tomó 10 g de carne y se homogeneizó durante 30 s a 3000 rpm con 25 mL de ácido tricloroacético (5%). La mezcla se dejó reposar 20 min, luego se centrifugó durante 10 min a 3000 rpm y el sobrenadante se filtró utilizando papel de filtro. Se tomó una alícuota de 6 mL del filtrado y se colocó en un tubo de ensayo junto con 1 mL de ácido 2-tiobarbitúrico (0,8%). La mezcla se dejó reposar en un baño de agua a 90°C durante 1 h y luego se enfrió en baño de agua a 4°C durante 10 min. Posteriormente se midió la absorbancia a 530 nm (Espectrofotómetro Metrolab 1700). La oxidación de lípidos se expresó como mg de malondialdehído (MDA) por kg de carne utilizando una curva patrón de 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP).

### 2.8. Análisis estadístico

Los datos se analizaron estadísticamente mediante análisis de la varianza (ANOVA) y se utilizó test de Tukey con un nivel de confianza  $\alpha=0,05$  para detectar diferencias significativas entre los valores medios de los resultados (Software Microsoft Excel 365). Los resultados fueron expresados como la media  $\pm$  desviación estándar. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre distintos

tratamientos en el mismo tiempo de almacenamiento. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre distintos tiempos de almacenamiento en el mismo tratamiento.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Caracterización del extracto

Los extractos etanólicos de *Mutisia friesiana* presentaron altos valores de actividad antioxidante (Tabla 1). Esto se debe a la presencia de compuestos fenólicos en el extracto. Estudios realizados sobre la composición fitoquímica de algunas especies del género *Mutisia* reportaron metabolitos secundarios, tales como flavonoides, ácidos hidroxicinámicos y derivados del ácido clorogénico, entre otros (Daily y col., 1988; Catalano y col., 1995; Viturro y col., 1999, 2003; Juárez & Mendiondo, 2003; Flores y col., 2009; Chirinos y col., 2013; Fernández-Galleguillos y col., 2023). También se reportó actividad antioxidante (Viturro y col., 1999; Flores y col., 2009; Chirinos y col., 2013) la cual se relacionó con el contenido de compuestos fenólicos.

Tabla 1. Contenido de fenoles totales y actividad antioxidante (media  $\pm$  desviación estándar) de los extractos de *Mutisia friesiana*.

CFT (mg EAG/g)	DPPH EC50 ( $\mu$ g/ml)
54,24 $\pm$ 3,17	31,40 $\pm$ 1,18

#### 3.2. Color

A medida que avanza el tiempo de almacenamiento, en los tres tratamientos se observa la disminución en los valores de los parámetros del color (Tabla 2).  $L^*$  fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en las muestras CON (día 9) en comparación con el valor de  $L^*$  de la carne recubierta. La disminución de los valores de luminosidad en la carne recubierta respecto de las muestras control podría estar relacionada con la retención de los líquidos exudados en las películas. El color de estas muestras resultó más oscuro o intenso que se reflejó en menores valores de  $L^*$ . Resultados similares fueron informados por Alexandre y col., (2021) en muestras de carne bovina recubiertas con películas de alginato de sodio con extracto de albahaca. Los valores de  $a^*$  fueron significativamente mayores ( $p < 0,05$ ) en el tratamiento P1 respecto del tratamiento CON y P0. La oxidación de oximioglobina ferrosa a metamioglobina férrica es responsable de la pérdida del color rojo de carne durante el almacenamiento. Las muestras P1, mostraron

una mejor conservación del color rojo al finalizar el almacenamiento debido a la acción del extracto etanólico antioxidante presente en la película, el cual retardó la oxidación de la mioglobina. Este efecto también fue reportado por Zhang y col., (2022) en muestras de carne bovina recubiertas con películas de alginato de sodio con nanocápsulas de aceite esencial de canela y nisina. Bojorges y col., (2020) informaron este mismo resultado en muestras de carne bovina con película de alginato de sodio con cúrcuma. La aplicación de películas con agregado de antioxidantes es una técnica efectiva para preservar el color de la carne durante el almacenamiento.

Tabla 2. Valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de la carne de llama sin y con recubrimiento durante el almacenamiento

Día	CON	L*	
		P0	P1
0	41,26 $\pm$ 0,83 <sup>Aa</sup>	38,24 $\pm$ 1,48 <sup>Ba</sup>	38,15 $\pm$ 1,27 <sup>Ba</sup>
2	41,00 $\pm$ 1,21 <sup>Aa</sup>	38,80 $\pm$ 0,43 <sup>Ba</sup>	37,02 $\pm$ 0,23 <sup>Cb</sup>
4	40,37 $\pm$ 0,27 <sup>Aa</sup>	38,07 $\pm$ 0,26 <sup>Ba</sup>	35,27 $\pm$ 0,48 <sup>Cc</sup>
7	39,69 $\pm$ 0,19 <sup>Ab</sup>	36,36 $\pm$ 0,37 <sup>Bb</sup>	35,05 $\pm$ 0,22 <sup>Ccd</sup>
9	38,90 $\pm$ 0,48 <sup>Ab</sup>	35,56 $\pm$ 0,28 <sup>Bbc</sup>	33,95 $\pm$ 0,23 <sup>Cd</sup>
11		35,75 $\pm$ 0,45 <sup>Bc</sup>	32,00 $\pm$ 0,37 <sup>Ce</sup>
14		35,05 $\pm$ 0,60 <sup>Bc</sup>	32,10 $\pm$ 0,66 <sup>Ce</sup>
$a^*$			
0	16,63 $\pm$ 0,77 <sup>Aa</sup>	16,33 $\pm$ 1,59 <sup>Ac</sup>	15,88 $\pm$ 1,22 <sup>Aab</sup>
2	16,85 $\pm$ 0,22 <sup>Ba</sup>	17,27 $\pm$ 0,39 <sup>Ba</sup>	20,30 $\pm$ 0,41 <sup>Aa</sup>
4	15,00 $\pm$ 0,70 <sup>Bb</sup>	15,85 $\pm$ 0,32 <sup>Bb</sup>	18,81 $\pm$ 0,55 <sup>Abc</sup>
7	13,93 $\pm$ 0,26 <sup>Cc</sup>	15,61 $\pm$ 0,41 <sup>Bc</sup>	16,70 $\pm$ 0,44 <sup>Abc</sup>
9	11,28 $\pm$ 0,30 <sup>Cd</sup>	14,66 $\pm$ 0,77 <sup>Bc</sup>	16,08 $\pm$ 0,54 <sup>Ac</sup>
11		13,32 $\pm$ 0,39 <sup>Bd</sup>	14,97 $\pm$ 0,18 <sup>Ad</sup>
14		12,99 $\pm$ 0,48 <sup>Bd</sup>	14,90 $\pm$ 0,27 <sup>Ad</sup>
$b^*$			
0	15,16 $\pm$ 0,31 <sup>Aab</sup>	16,18 $\pm$ 1,21 <sup>Ab</sup>	15,16 $\pm$ 0,31 <sup>Aa</sup>
2	15,91 $\pm$ 0,60 <sup>Aa</sup>	16,31 $\pm$ 0,34 <sup>Ab</sup>	13,65 $\pm$ 0,36 <sup>Bbc</sup>
4	14,80 $\pm$ 0,49 <sup>Bb</sup>	18,19 $\pm$ 0,34 <sup>Aa</sup>	13,72 $\pm$ 0,55 <sup>Cbc</sup>
7	14,46 $\pm$ 0,33 <sup>Bbc</sup>	16,16 $\pm$ 0,27 <sup>Ab</sup>	13,76 $\pm$ 0,54 <sup>Bbc</sup>
9	13,75 $\pm$ 0,38 <sup>Bc</sup>	15,63 $\pm$ 0,16 <sup>Ab</sup>	13,15 $\pm$ 0,35 <sup>Bc</sup>
11		15,73 $\pm$ 0,54 <sup>Ab</sup>	14,29 $\pm$ 0,33 <sup>Bc</sup>
14		16,47 $\pm$ 0,76 <sup>Ab</sup>	13,99 $\pm$ 0,14 <sup>Bc</sup>

#### 3.3. Proporción de metamioglobina

La proporción de metamioglobina aumentó en todos los tratamientos durante el almacenamiento (Figura 1). El aumento de la proporción de MetMb indica que las especies de mioglobina ferrosa sufrieron oxidación para formar MetMb férrica durante el almacenamiento. La acumulación de MetMb es responsable de la pérdida del color rojo en la carne y la aparición de un color marrón que no es aceptable por el consumidor. En las muestras del tratamiento P1 el incremento fue menor respecto de los tratamientos CON y P0. Esto puede atribuirse al efecto antioxidante del extracto etanólico presente en la película. Estos resultados

concuerdan con las mediciones de color, las cuales indicaron que las muestras P1 presentaron el mayor valor de  $a^*$  al finalizar el almacenamiento. Resultados similares fueron informados por Nisa y col., (2015) en carne recubierta con películas de almidón de papa con extracto de té verde. La aplicación de películas formuladas con extractos antioxidantes de fuentes naturales puede retardar la oxidación de la mioglobina en la carne.

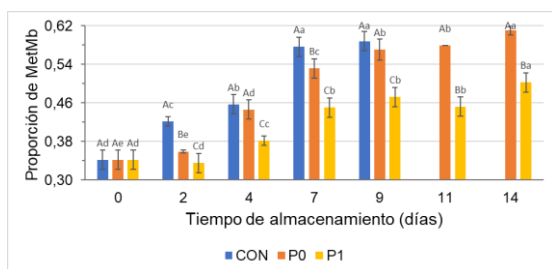


Figura 1. Cambios en la proporción de metamioglobina en la carne de llama sin y con recubrimiento durante el almacenamiento.

### 3.4. Oxidación de lípidos

La oxidación lipídica de las muestras de carne aumentó durante todo el almacenamiento, sin embargo, fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en el tratamiento CON (Figura 2). La oxidación de la carne recubierta ocurrió de forma más lenta y se pudo observar que P2 fue significativamente menor ( $p < 0,05$ ) respecto de P0. Esto indica que el extracto antioxidante fue capaz de retardar la oxidación de lípidos en la carne. Resultados similares fueron informados por Bojorges y col., (2020) en muestras de carne bovina con película de alginato de sodio con cúrcuma. La oxidación de lípidos implica la degradación de las grasas, lo que conduce a la formación de compuestos que afectan el sabor y el aroma y como consecuencia hay una pérdida de la calidad de la carne.

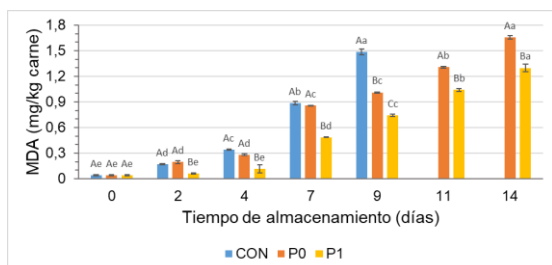


Figura 2. Oxidación de lípidos en la carne de llama sin y con recubrimiento durante el almacenamiento.

## 4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que la película de alginato de sodio con extracto etanólico de *Mutisia friesiana* fue eficaz para retardar procesos oxidativos en la carne de llama durante el almacenamiento refrigerado. Las muestras recubiertas con esta película preservaron el color rojo deseable en la carne y presentaron menor oxidación de lípidos. La aplicación de este envase activo fue capaz de conservar la calidad de la carne en comparación con el tratamiento control. El uso de películas con antioxidantes naturales podría mejorar la calidad de la carne de llama retrasando su deterioro durante el almacenamiento.

## REFERENCIAS

- Ahmed, M. W., Haque, M. A., Mohibullah, M., Khan, M. S. I., Islam, M. A., Mondal, M. H. T., & Ahmmed, R. (2022). A review on active packaging for quality and safety of foods: Current trends, applications, prospects and challenges. *Food Packaging and Shelf Life*, 33, 100913.
- Alexandre, S., Vital, A. C. P., Mottin, C., do Prado, R. M., Ornaghi, M. G., Ramos, T. R., ... & do Prado, I. N. (2021). Use of alginate edible coating and basil (*Ocimum spp*) extracts on beef characteristics during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 58, 3835-3843.
- Arenas de Moreno, L., Jerez-Timaure, N., Valerio Hernández, J., Huerta-Leidenz, N., y Rodas-González, A. (2020). Attitudinal determinants of beef consumption in Venezuela: A retrospective survey. *Foods*, 9(2), 202.
- Bekhit, A. E. D. A., Morton, J. D., Bhat, Z. F., & Zequan, X. (2019). Meat colour: Chemistry and measurement systems. *Encyclopaedia of food chemistry*, 2, 211-217.
- Bojorges, H., Ríos-Corripio, M. A., Hernández-Cázares, A. S., Hidalgo-Contreras, J. V., & Contreras-Oliva, A. (2020). Effect of the application of an edible film with turmeric (*Curcuma longa L.*) on the oxidative stability of meat. *Food Science & Nutrition*, 8(8), 4308-4319.
- Botsoglou, N. A., Fletouris, D. J., Papageorgiou, G. E., Vassilopoulos, V. N., Mantis, A. J., & Trakatellis, A. G. (1994). Rapid, sensitive, and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food, and feedstuff samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(9), 1931-1937.
- Brand Williams, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Catalano, S., Cioni, P. L., Flamini, G., De Feo, V. & Morelli, I. (1995). Chemical investigation of the aerial parts of *Mutisia acuminata*. *International journal of pharmacognosy*, 33(1), 73-74.

- Chirinos, R., Pedreschi, R., Rogez, H., Larondelle, Y. & Campos, D. (2013). Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products*, 47, 145-152.
- Cizmarova B., Hubkova B., Bolerazska B., Marekova M., & Birkova A. (2020). Caffeic acid: A brief overview of its presence, metabolism, and bioactivity. *Bioactive Compounds in Health and Disease*, 3(4), 74-81.
- Daily, A., Seligmann, O., Nonnenmacher, G., Fessler, B., Wong, S. M. & Wagner, H. (1988). New chromone, coumarin, and coumestan derivatives from *Mutisia acuminata* var. *hirsuta*. *Planta médica*, 54(1), 50-52.
- Domínguez, R., Barba, F. J., Gómez, B., Putnik, P., Kovačević, D. B., Pateiro, M., ... & Lorenzo, J. M. (2018). Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review. *Food research international*, 113, 93-101.
- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8(10), 1–31.
- Fernández-Galleguillos, C., Jiménez-Aspee, F., Mieres-Castro, D., Rodríguez-Núñez, Y. A., Gutiérrez, M., Guzmán, L., ... & Forero-Doria, O. (2023). Phenolic Profile and Cholinesterase Inhibitory Properties of Three Chilean Altiplano Plants: *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze [Lamiaceae], *Mutisia acuminata* Ruiz & Pav. var. *hirsuta* (Meyen) Cabrera, and *Tagetes multiflora* (Kunth)[Asteraceae]. *Plants*, 12(4), 819-833.
- Figueroa-Enríquez, C. E., Rodríguez-Félix, F., Ruiz-Cruz, S., Castro-Enriquez, D. D., Gonzalez-Rios, H., Perez-Alvarez, J. Á., ... & López-Peña, I. Y. (2024). Application of Active Packaging Films for Extending the Shelf Life of Red Meats: A Review. *Processes*, 12(10), 2115.
- Firouz, M. S., Mohi-Alden, K., & Omid, M. (2021). A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development. *Food Research International*, 141, 110113.
- Flores, Y., Rodrigo, G., Mollinedo, P., Akesson, B., Sterner, O. & Almanza, G. R. (2009). A 5-methylcoumarin glucoside and a coumestan derivative from *Mutisia orbignyana*. *Revista Boliviana de Química*, 26(1), 21-26.
- Godoy, M. D., Farfán, N. B., Viturro, C. I., Saluzzo, L. y Grigioni, G. M. (2022). Determinación de las condiciones de extracción de compuestos fenólicos con actividad antioxidante de *Mutisia friesiana* (Asteraceae). Libro de resúmenes: VIII Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba. 498-499.
- Hadidi, M., Orellana-Palacios, J. C., Aghababaei, F., Gonzalez-Serrano, D. J., Moreno, A., & Lorenzo, J. M. (2022). Plant by-product antioxidants: Control of protein-lipid oxidation in meat and meat products. *Lwt*, 169, 114003.
- Hughes, J. M., Clarke, F. M., Purslow, P. P. & Warner, R. D. (2020). Meat color is determined not only by chromatic heme pigments but also by the physical structure and achromatic light scattering properties of the muscle. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), 44-63.
- Hunt, M. C., King, A., Barbut, S., Clause, J., Cornforth, D., Hanson, D., ... & Mohan, A. (2012). AMSA meat color measurement guidelines. American Meat Science Association, Champaign, Illinois USA, 61820, 1-135.
- Juárez, B. E. & Mendiondo, M. E. (2003). Flavonoids from *Mutisia acuminata*. *Pharmaceutical Biology*, 41(4), 291-292.
- Kumar, Y., Yadav, D. N., Ahmad, T. & Narsaiah, K. (2015). Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(6), 796-812.
- Liu, J., Liu, D., Zheng, A., & Ma, Q. (2022). Haem-mediated protein oxidation affects water-holding capacity of beef during refrigerated storage. *Food Chemistry: X*, 14, 100304.
- Manassis, G., Kalogianni, A. I., Lazou, T., Moschovas, M., Bossis, I., & Gelasakis, A. I. (2020). Plant-derived natural antioxidants in meat and meat products. *Antioxidants*, 9(12), 1–30.
- Mancini, R. (2013). Meat Color. In C. R. Kerth (Ed.), *The science of meat quality*, 177-198. John Wiley & Sons, Inc
- Martiny, T. R., Raghavan, V., Moraes, C. C. D., Rosa, G. S. D., & Dotto, G. L. (2020). Bio-based active packaging: Carrageenan film with olive leaf extract for lamb meat preservation. *Foods*, 9(12), 1759.
- Singleton, V. L. & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Sova, M. (2012). Antioxidant and antimicrobial activities of cinnamic acid derivatives. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 12(8), 749-767.
- Testa, M. L., Grigioni, G., Panea, B., & Pavan, E. (2021). Color and marbling as predictors of meat quality perception of Argentinian consumers. *Foods*, 10(7), 1465.
- Tomasevic, I., Djekic, I., Font-i-Furnols, M., Terjung, N., & Lorenzo, J. M. (2021). Recent advances in meat color research. *Current Opinion in Food Science*, 41, 81-87.
- u Nisa, I., Ashwar, B. A., Shah, A., Gani, A., Gani, A., & Masoodi, F. A. (2015). Development of potato starch based active packaging films loaded with antioxidants and its effect on shelf life of beef. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 7245-7253.
- Viturro, C., Molina, A., & Schmeda-Hirschmann, G. (1999). Free radical scavengers from *Mutisia friesiana* (Asteraceae) and *Sanicula graveolens* (Apiaceae). *Phytotherapy Research*, 13(5), 422-424.

Wyrwa, J., & Barska, A. (2017). Innovations in the food packaging market: Active packaging. *European Food Research and Technology*, 243, 1681-1692.

Yong, H., & Liu, J. (2021). Active packaging films and edible coatings based on polyphenol-rich propolis extract: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 2106-2145.

Zhang, M., Luo, W., Yang, K., & Li, C. (2022). Effects of sodium alginate edible coating with cinnamon essential oil nanocapsules and Nisin on quality and shelf life of beef slices during refrigeration. *Journal of Food Protection*, 85(6), 896-905.

# ESTUDIO CRONOBIOLOGICO DE LA RELACION ENTRE AMBIENTE Y CALIDAD DE VIDA CON EL PERFIL ALTITUDINAL DE LAS CUATRO REGIONES GEOGRÁFICAS MACRO DE LA PROVINCIA DE JUJUY

GONZÁLEZ POMA, Emanuel C. <sup>1,2</sup>; HERNÁNDEZ, Nancy E. <sup>1,2,3</sup>

(1) Instituto de Estudios Celulares, Genéticos y Moleculares (ICeGeM-UNJu). Av. Bolivia 1269. S. S. de Jujuy.

(2) Facultad de Ciencias Agrarias-UNJu. Alberdi 47. S. S. de Jujuy.

(3) INECO-CONICET-UNJu. Gorriti 237. S. S. de Jujuy.

E-mail: emanuelgonzalez@fca.unju.edu.ar , emanuelgonzalezpoma@icegem.unju.edu.ar

## Resumen

Jujuy tiene cuatro regiones geográficas diferenciadas debido al gradiente altitudinal y topográfico, cuya cota oscila entre 400-6000 msnm, determinando ambientes diferenciados a los que están expuestas sus poblaciones humanas. **Objetivo:** Estudiar la asociación altitud-calidad de vida subjetiva en poblaciones de cronotipos neutros representativas de las regiones geográficas de la provincia de Jujuy a contra-estación, hipotetizando que la altura influye en la percepción de bienestar subjetivo de las personas. **Metodología:** se estudiaron 325 individuos de cronotipo neutro, generándose un perfil tetradimensional (salud física, salud mental, relaciones sociales y ambiente) y 2 ítems sobre la percepción de la calidad de vida y salud personal, mediante el cuestionario estandarizado WHOQOL-BREF (W-B) por mostrar poder psicométrico en investigaciones previas. **Análisis estadísticos:** ANAVA-Test Fischer. **Resultados:** El análisis estadístico determinó diferencias de significancia para los valores W-B en cuanto a calidad de vida percibida y por dimensiones. **Conclusión:** se construyó una tabla que sintetiza la percepción de calidad de vida general y por dimensiones del instrumento W-B en zonas núcleo de la provincia de Jujuy en función de un gradiente altitudinal y en estaciones opuestas, reflejando que en Prepuna se tiene una mayor percepción de bienestar en verano por sobre invierno para todas las variables analizadas, lo que se explica fisiológicamente por la producción estacional de melatonina. En la Quebrada, las diferencias de percepción de calidad de vida no son significativas. Para los Valles, las únicas diferencias significativas encontradas se dan en la dimensión ambiental, mostrándose superior en la estación veraniega. Con respecto a el Ramal, esta región geográfica acusó diferencias significativas para las variables calidad de vida percibida, salud psicológica y ambiente, con medias superiores en la estación invernal, mostrando relación inversa respecto a las otras regiones geográficas en función de la estacionalidad, lo que pudiera ser explicado por el confort climático en respuesta a la altitud.

**Palabras clave:** cronobiología, calidad de vida, regiones geográficas, provincia de Jujuy

## INTRODUCCIÓN

Desde épocas remotas se ha encontrado que el tiempo atmosférico y el clima afectan a la salud y bienestar del hombre. Como variable compuesta del ambiente físico (precipitación,

humedad -relativa y absoluta-, temperatura, radiación -intensidad, heliofanía y fotoperiodo-, etc.), puede convertirse en condicionante de las actividades humanas. Es por ello que resulta conveniente integrar estas variables y transformarlas en medidas que acoten esta información, como los índices de confort, definidos como un proceso subjetivo en el que

intervienen aspectos fisiológicos y psicológicos, que impactan sobre la calidad de vida percibida de las poblaciones humanas (Hernández et. al., 2024).

El desarrollo individual y social está fuertemente vinculado con el nivel de confort que brinda el hábitat, integrándose a los factores que intervienen en un determinado territorio con el ambiente natural y las relaciones entre estos, convirtiéndose en una necesidad que influye en la salud física, psíquica y social (Vigo, 2017).

La cronobiología estudia la adaptación de los seres vivos a las variaciones cíclicas del ambiente, que ocurren como consecuencia de los movimientos de nuestro planeta. Mientras la rotación determina un patrón repetitivo diario de iluminación y temperatura, la traslación se relaciona con los cambios estacionales. Esta repetición de ciclos ambientales estimuló a los organismos a desarrollar un mecanismo capaz de percibir estas variaciones y utilizarlas como fuente de información (Hernández de Borsetti et al., 2011). Con el tiempo ese mecanismo intrínseco evolucionó en un sistema interno de registro temporal: el reloj biológico (Valdez, 2015). Este sistema está constituido por un conjunto de estructuras que generan, coordinan y sincronizan el ritmo de sueño-vigilia y el resto de los ritmos circadianos, tanto internamente como con el ambiente, sincronizando las fases o picos de los diferentes ritmos con el ciclo de luz-oscuridad natural (Madrid, 2016; Madrid, 2018).

En este sentido, si bien, el reloj biológico básicamente funciona de la misma manera en todas las personas, hay variaciones en los genes de este reloj, que determinan las preferencias diurnas o nocturnas, es decir el cronotipo de cada individuo (Morales & García, 2003). El conocimiento del cronotipo es fundamental en la vida cotidiana de las personas, porque permite utilizar de manera adecuada y eficiente su potencial, por ejemplo, adjudicar un turno de trabajo conveniente a las capacidades del trabajador, horario adecuado para las actividades académicas, deportivas, etc. (Tonello et al., 2018). Para su correcto funcionamiento, se requiere que este reloj biológico “se ponga en hora” cada día (sincronización), mediante sus componentes: vía de entrada (input), oscilador (reloj central) y vía de salida (output) o ritmos circadianos.

La oscilación periódica de la luz es el principal factor ambiental que sincroniza al reloj biológico regulando los procesos fisiológicos, de comportamiento, y conductas (Rawashdeh et al., 2007), siendo un determinante de la salud,

calidad de vida (bienestar) y confort humano (Cardinali & Golombek, 1994; Golombek, 2002; González Poma et al., 2018). La principal hormona circadiana es la melatonina, sintetizada y secretada fundamentalmente en la glándula pineal (Hernández de Borsetti, 2011). Su propiedad más notable es la de transmitir al organismo la información sobre la duración relativa del día y la noche mediante la integración de señales neurales procedentes de la retina. Estas señales son dependientes de la duración e intensidad de la iluminación ambiental y, en respuesta a ellas, el cuerpo sintetiza y libera al torrente circulatorio otras señales que proporcionan una información temporal básica para sincronizar numerosos ritmos circadianos. La melatonina es capaz de provocar avances (administración al comienzo de la noche) y retardos (administración al final de la noche) en los ritmos circadianos de diversos procesos, tales como la actividad metabólica, la actividad locomotora, el sueño, la vigilia, el aprendizaje, y de esta manera determina la calidad de vida o salud psicológica de las personas. (Dunlap et al., 2004).

Si bien la variable fotoperiodo es dependiente de la estacionalidad y de la latitud geográfica, es la variable altitudinal la que define el comportamiento de las otras variables de la luz (tipos de radiación, intensidad, heliofanía, etc.) (González Poma et al., 2018), lo que sería de gran impacto en la percepción de la calidad de vida. La disminución del fotoperiodo, el descenso de la intensidad lumínica, y el bajo valor del índice termohigrométrico de confort, influyen negativamente sobre el estado de ánimo de las personas, afectando la capacidad del cerebro para el manejo de la información, y viceversa para cuando aumentan los valores de las variables estudiadas.

Ello cobra un interés particular en la provincia de Jujuy, dado a que ésta presenta regiones geográficas diferenciadas. La denominación y clasificación de éstas varía según el autor y el objeto para lo cual se consideren. A los efectos del presente se tomarán, a gran escala (o “macro” escalas), a cuatro de sus regiones geográficas más características: Puna, Quebrada, Yungas y Ramal, las que, debido a su fisiografía, clima y características principales en términos ecosistémicos, suelen agruparse como tal. Es importante destacar la diversidad de ecosistemas y su relación con el clima, de influencia mutua, determinando los tipos de ambientes en los cuales se encuentran asentadas las poblaciones humanas, formando redes de interacción complejas, en donde la variable altitud asume un rol determinante en este aspecto.

En cuanto a los Valles de la provincia de Jujuy, entendemos como éstos a los constituídos principalmente por las regiones geográficas de Chaco y Yungas, con sus respectivos ecotonos. Incluye los Valles propiamente dichos y la región conocida como El Ramal.

La región geográfica de quebrada se caracteriza por su relieve montañoso con una serie de valles profundos conocidos, homónimamente, como quebradas. Estas quebradas son resultado de la erosión causada por ríos y arroyos a lo largo de miles de años. El clima de esta región geográfica es árido y semiárido, con temperaturas altas durante el día y bajas durante la noche.

La región geográfica conocida como la Puna es una región de altiplanos y de alta montaña. Esta región geográfica representa 2/3 partes de la superficie provincial. No obstante, es la zona menos poblada, denotando una de las densidades poblacionales más bajas del país, debido a las condiciones climáticas que presenta.

Estas regiones geográficas son debidas, en gran parte, al gradiente altitudinal y topográfico de la provincia, siendo que en una superficie relativamente pequeña se observa una cota con un rango altitudinal aproximado de 400-6000 msnm. Ello genera una variedad de ambientes a los que están expuestas las poblaciones humanas distribuidas en ella, resultando interesante estudiar la relación que guarda el ambiente en términos generales con la calidad de vida de las personas residentes, para lo cual se establece el objetivo el estudiar la asociación entre las variables del ambiente físico con la calidad de vida percibida de las personas, distribuidas en las poblaciones más representativas de las regiones geográficas de la provincia, en estaciones climáticas contrastantes, hipotetizando que la altura influye en la percepción de bienestar de las personas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A los efectos de llevar adelante el objetivo planteado, se estudiaron 325 individuos (voluntarios) que habitaban diferentes puntos de la provincia de Jujuy, con núcleos en: San Pedro: Región geográfica del Ramal, aprox. 500 msnm; San Salvador de Jujuy: Región geográfica de Yungas, aprox. 1300 msnm (como núcleo del sector de Valles); Tilcara: Región geográfica de Quebrada, aprox. 2400 msnm y Humahuaca: Región geográfica Prepuna-Puna, aprox. 3000 msnm.



Figura 1. Imagen Satelital (Google Earth) de la provincia de Jujuy situando las zonas núcleo del estudio.

En dichas poblaciones se analizaron personas de ambos sexos comprendidas entre los 18 y 50 años de edad, a efectos de ser comparables fisiológica y socialmente. Asimismo, se consideró como criterio de inclusión a aquellas con cronotipo neutro, excluyendo a las personas con cronotipos alondras y búhos.

Para medir la calidad de vida percibida se utilizó el cuestionario estandarizado WHOQOL-BREF (W-B), por mostrar poder psicométrico en investigaciones previas. El mismo incluye 26 preguntas: 2 preguntas generales sobre calidad de vida y satisfacción general, y 24 preguntas agrupadas en cuatro áreas: salud física, salud psicológica, relaciones sociales y ambiente físico.

Cuatro dimensiones: salud física, aspectos psicológicos, relaciones sociales y ambiente

<b>SALUD FÍSICA</b> Dolor Dependencia de medicinas Energía para la vida diaria Movilidad Sueños y descanso Actividad de la vida diaria Capacidad de trabajo
<b>PSICOLÓGICA</b> Sentimientos positivos Espiritualidad, aprendizaje, memoria, concentración Imagen corporal Autoestima Sentimiento negativo
<b>RELACIONES SOCIALES</b> Relaciones personales Actividad sexual Apoyo social
<b>AMBIENTE</b> Libertad y seguridad Ambiente físicos Recursos económicos Oportunidad de información Ocio y descansos Hogar Atención sanitaria/ social Transporte

Figura 2. Aspectos considerados agrupados en las tetradimensiones del cuestionario W-B.

Cada esfera se evalúa de manera independiente. Puntaciones mayores indican mejor calidad de vida.

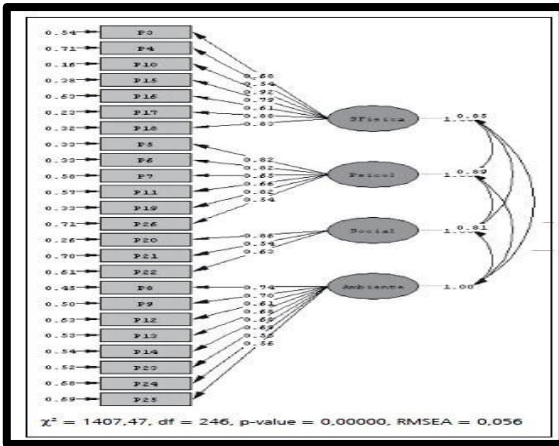


Figura 3. Valoración por esferas en las tetradimensiones del cuestionario W-B.

Las escalas de respuesta son de tipo Likert, con 5 opciones de contestación, pudiendo transformarse a valores relativos con objeto comparativo mediante estadística paramétrica. La OMS acepta como valores saludables aquellos individuos que se encuentran por encima del 60% del puntaje total.

El análisis estadístico consistió en resumir los datos (estadística descriptiva) y compararlos (método no paramétrico: Kruskal Wallis, paramétrico: ANAVA-Test Fischer), mediante el Software InfoStat.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La edad media de las personas estudiadas fue (sin decimales) de 28 años, con un Desvío Estándar de 7 años, y un Coeficiente de Variabilidad de 32,%, lo que indica datos uniformes, por lo que resultan ser comparables fisiológica y socialmente.

En cuanto a los resultados obtenidos por el análisis de los datos del cuestionario W-B, éste mostró diferencias de significancia estadística según la zona analizada en contrastes estacionales, discriminados según Q1 (Calidad de Vida Percibida) y las dimensiones del mismo (Salud Física, Salud Psicológica, Relaciones Sociales y Ambiente).

En este sentido, la Calidad de Vida percibida (Q1) arrojó diferencias significativas para las regiones Prepuna (con media superior en verano) y Ramal (con media superior en invierno).

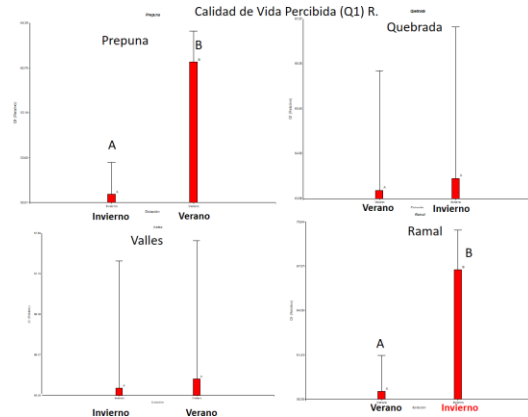


Figura 4. ANAVA-Test Fischer representando las medias obtenidas para el cuestionario W-B (Q1) según los núcleos estudiados a contra-estaciones.

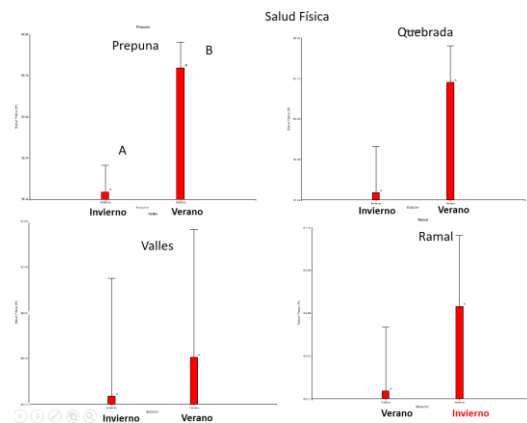


Figura 5. ANAVA-Test Fischer representando las medias obtenidas para el cuestionario W-B (dimensión Salud Física) según los núcleos estudiados a contra-estaciones.

A su vez, la dimensión Salud Psicológica dió diferencias significativas para las regiones Prepuna (con media superior en verano) y Ramal (con media superior en invierno).

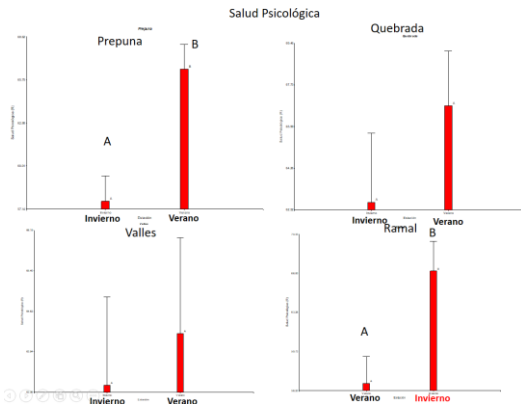


Figura 6. ANOVA-Test Fischer representando las medias obtenidas para el cuestionario W-B (dimensión Salud Psicológica) según los núcleos estudiados a contra-estaciones.

A su vez, la dimensión Relaciones Sociales dió diferencias significativas únicamente para la región Prepuna (con media superior en verano).

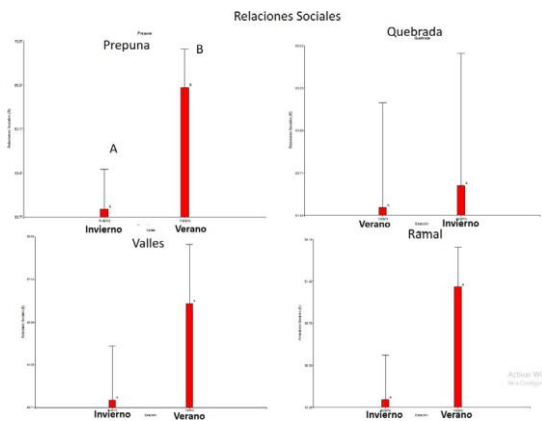


Figura 7. ANOVA-Test Fischer representando las medias obtenidas para el cuestionario W-B (dimensión Relaciones Sociales) según los núcleos estudiados a contra-estaciones.

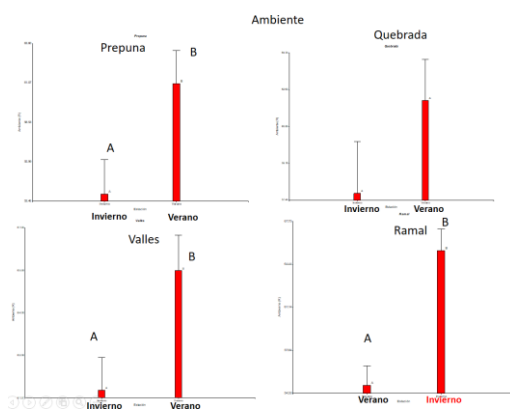


Figura 8. ANOVA-Test Fischer representando las medias obtenidas para el cuestionario W-B (dimensión Ambiente) según los núcleos estudiados a contra-estaciones.

La dimensión Ambiente dió diferencias significativas para las regiones Prepuna (con media superior en verano) y Ramal (con media superior en invierno).

### CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, se construyó una tabla que sintetiza la percepción de calidad de vida general y por dimensiones del instrumento W-B en zonas núcleo de la provincia de Jujuy en función de un gradiente altitudinal en estaciones opuestas, siendo los valores (+) y (-) los medios superiores e inferiores (respectivamente) de las medias por contrastes, y los neutros (0) aquellos que no se diferencian estacionalmente:

Tabla 1. Contrastes sobre Calidad de Vida (W-B) general y por dimensiones para las zonas núcleo estudiadas de la provincia de Jujuy, en función de la estacionalidad.

Estación	Ecorregión	Q1	Dimensión			
			Salud Física	Salud Psicológica	Relaciones Sociales	Ambiente
Verano	Prepuna	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Invierno	Prepuna	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Verano	Quebrada	0	0	0	0	0
Invierno	Quebrada	0	0	0	0	0
Verano	Valles	0	0	0	0	(+)
Invierno	Valles	0	0	0	0	(-)
Verano	Ramal	(-)	0	(-)	0	(-)
Invierno	Ramal	(+)	0	(+)	0	(+)

De lo que se concluye que para la región geográfica del piso altitudinal superior estudiada (Prepuna), se tiene una mayor percepción de bienestar en verano por sobre invierno para todas las variables analizadas, lo que puede ser explicado en términos fisiológicos por la producción estacional de melatonina.

En cuanto a la Quebrada, las diferencias de percepción de calidad de vida no son significativas.

Para los Valles, las únicas diferencias significativas encontradas se dan en la dimensión ambiental, mostrándose superior en la estación veraniega.

Con respecto a el Ramal, esta región geográfica acusó diferencias significativas para las variables calidad de vida percibida, salud psicológica y ambiente, con medias superiores en la estación invernal, mostrando relación inversa respecto a las otras regiones geográficas en función de la estacionalidad, lo que pudiera ser explicado por el confort climático en respuesta a la altitud.

## REFERENCIAS

1. Aceituno-Madera P, Buendía-Eisman A, Olmo FJ, Jiménez-Moleón JJ, Serrano-Ortega S. 2011. Melanoma, Altitud y Radiación UV. *ACTAS Dermo-Sifiliográficas* 102 (3): 199-205.
2. American Psychiatric Association. 1994. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (4th ed.). American Psychiatric Association, Washington, DC.
3. Atanacio Y, Gonzalez Poma E, Beleizán F, Vaca C, Pantorrilla M, Larrán M, Hernández de Borsetti N. 2018. Evaluation of the wellbeing of people according to seasonal photoperiods in Jujuy Province. *BIOCELL* 42 (suppl. 2), A-90. 2018. ISSN 1667-5746 (online version).
4. Atanacio Y, González Poma E, Larrán M, Hernández de Borsetti N. 2020. Relation between solar radiation variables and psychometric states in the dwellers of the puna jujeña associated with chronobiological studies. *BIOCELL* 44 (suppl. 2), 2020. A-24. *BIOCELL* 44 (suppl. 2), 2020 ABSTRACTS. ISSN 0327-9545 A 1 – A 80. ISSN 1667-5746 (online version).
5. Bell-Pedersen D, Cassone VM, Earnest DJ, Golden SS, Hardin PE, Thomas TL, et al. 2005. Circadian rhythms from multiple oscillators: lessons from diverse organisms. *Nat Rev Genet* 6:544-556.
6. Borsetti NH, Dean BJ, Bain EJ, Clanton JA, Taylor RW, Gamse JT. 2011. Light and melatonin schedule neuronal differentiation in the habenular nuclei. *Dev Biol.* 358(1):251-61.
7. Boyce PR. 2011. Lemmings, light and health, revisited. *Leukos.* 8(2):83-92.
8. Brainard, G. C., Hanifin, J. P., Greeson, J. M., Byrne, B., Glickman, G., Gerner, E., et al. 2001. Action spectrum for melatonin regulation in humans: Evidence for a novel circadian photoreceptor. *Journal of Neuroscience*, 21(16), 6405-6412.
9. Cardinali D. P., & Golombek D. A. 1994. Naturaleza y Propiedades de los Ritmos Biológicos. Análisis de los ritmos Circadiano. En: Cardinali D.P., Jordá Catalá JJ, Sánchez Barceló E, editores. *Introducción a la Cronobiología, Fisiología de los ritmos biológicos*. Santander: Caja Cantabria. Ed Universidad de Cantabria, p.15-26.
10. Commission Internationale de l'Éclairage [CIE]. 2004. Ocular lighting effects on human physiology and behaviour. CIE Publication 158:2004 and Erratum 2009. Vienna (Austria): Central Bureau of the CIE.
11. Danilova N., Krupnik V., Sugden D. & Zhdanova I. 2004. Melatonin stimulates cell proliferation in zebrafish embryo and accelerates its development. *The FASEB Journal express article* 10.1096/fj.03-0544fje. Published online February 6 2004.
12. Di Laura D. (ed) 2011, *Lighting Handbook: Reference and Application*, 10th edn (New York: Illuminating Engineering Society of North America).
13. Dunlap J. C., J. J. Loros and P. J. 2004 DeCoursey. *Chronobiology: biological timekeeping* Sinauer. Associates, Sunderland, Mass.
14. Frisch H, Waldhauser F, Waldhor T, Mullner-Eidenbock A, Neupane P, Schweitzer K. 2004. Increase in 6-Hydroxymelatonin Excretion in Humans during Ascent to High Altitudes. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 89(9):4388–4390.
15. G Tonello, N Hernández de Borsetti, H Borsetti, L Tereschuk and S López Singarán. 2018. Perceived well-being and light-reactive hormones: An exploratory study.
16. Golombek, D (Compilador). 2002. *Cronobiología humana. Ritmos y relojes biológicos en la salud y en la enfermedad. Colección Biomedicina Universidad Nacional de Quilmes*. Universidad Nacional de Quilmes Ediciones.
17. Gonzalez Poma E, Atanacio Y, Beleizán F, Pantorrilla M, Larrán M, Hernández de Borsetti N. 2018. Difference between calculated and real photoperiod and its importance in chronobiology. *BIOCELL* 42 (suppl. 2), A-91. 2018. ISSN 1667-5746 (online version).
18. Gonzalez Poma E, Beleizán F, Atanacio Y, Larrán M, Hernández de Borsetti N. 2018. Determination of light intensity as an alternative to the Heliophania register in chronobiological studies. *BIOCELL* 42 (suppl. 2), A-92. 2018. ISSN 1667-5746 (online version)
19. Hayes D. 2010. Cancer protection related to solar ultraviolet radiation, altitude and vitamin D. *Medical Hypotheses* 75:378-382.
20. Hernández de Borsetti, Benjamin J. Dean, Emily J. Bain, Joshua A. Clanton, Robert W. Taylor, and Joshua T. Gamse. 2011. "Light schedules neurogenesis in the zebrafish epithalamus via melatonin signaling". *Journal of Developmental Biology*, Oct 1;358(1):251-61. Epub Aug 5.
21. Hernández N., Atanacio, Y., Larrán, M., González Poma, E., Tonello G., Alfaro, E. Estimaciones cronobiológicas de la calidad de vida percibida en habitantes de la puna jujeña. *Revista Agraria. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Año 2024, Volumen 17 (1). ISSN 2362-4035.
22. Hernández NE, Saab O de, Abdala LR, Castillo, MC de. 2005. "Antimicrobial activity of

- “Satreja boliviana”. *International Journal of Molecular Advance in Science*. 1, 25-28.
23. Horne JA and Östberg O. 1976. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *International Journal of Chronobiology* 4, 97-100.
24. Kaneko M\*, Hernández de Borsetti NE\*, Cahill GM. 2006. “Diversity of zebrafish peripheral oscillators revealed by luciferase reporting”. *PNAS*. U S A. Sep 26; 103(39):14614-9. (\*Co-autor: igual participación).
25. Kaneko M., Hernández de Borsetti N.E., and Cahill G.M. 2005. Diversity of zibrafish peripheral oscillators revealed by luciferase reporting. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2006 Sep 26;103(39):14614-9. Epub 2006 Sep 14
26. Kaur C, Srinivassan KN, Ling EA. 2002. Plasma melatonin, pinealocyte morphology, and surface receptors/antigen expression on macrophages/microglia in the pineal gland following a high-altitude exposure. *J Neuroscience Res* 67 (4): 533-43.
27. Larrán M, López Núñez C, López Núñez A, Hugo Borsetti, Tonello G2, Beleizán F, Hernández de Borsetti N. 2018. Photoperiod variations and lighting in the province of Jujuy and its influence on human wellbeing. *BIOCELL* 39 (suppl. 5), A-150. 2015. ISSN 1667-5746 (online version)
28. Larran MT, Carta de Aptitud Ambiental de la Provincia de Jujuy. Cap. 3. Clima. 2013. Segunda Edición. Ed. EdiUnJu. Lighting Res. Technol. The Society of Light and Lighting. 2017; 0: 1-22. Dic. 2017
29. Madrid J. A. 2016. Versión castellana del cuestionario de matutinidad-vespertinidad de Horne Y Östberg (revisado).
30. Madrid J. A. 2018. Organización funcional del sistema circadiano humano. *Pediatra Integral*; XXII (8): 385- 395.
31. Morales J. F. D., & García, M. A. 2003. Relaciones entre matutinidad-vespertinidad y estilos de personalidad. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 19(2), 247-256.
32. Phillips L, Appleton RE. 2004. Systematic review of melatonin treatment in children with neurodevelopmental disabilities and sleep impairment. *Dev Med Child Neurol*. 46(11):771-5.
33. Piacentini R, Cede A, Barcena H. 2003. Extreme solar total and UV irradiances due to cloud effect measured near the summer solstice at the high-altitude desertic plateau Puna of Atacama (Argentina). *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 65: 727 –731.
34. Rawashdeh O, Hernández de Borsetti NE, Roman GW, & Cahill GM. 2007. Melatonin suppresses nighttime memory formation in zebrafish. *SCIENCE* 318, 1144-1146.
35. Rawashdeh O, Hernández de Borsetti NE, Roman GW, & Cahill GM. 2007. Melatonin suppresses nighttime memory formation in zebrafish. *SCIENCE* 318, 1144-1146.
36. Reader, MM; Guanuco, A; Baffa-Trasci, N; Andrade AJ; Ríos JJ; Hernández de Borsetti, N; Alfaro, E; Borsetti, HM. 2014. Link between the biological clock and diabetes: preliminary studies in Jujuy province. *A10, BIOCELL* 38 (Suppl. 1). ISSN 0327 - 9545.
37. Roberts, JE., Wiechmann, AF, & Hu, DN. 2000. Melatonin receptors in human uveal melanocytes and melanoma cells. *Journal of Pineal Research*, 28 (3), 165-171.
38. Ross C, Davies P, Whitehouse W. 2002. Melatonin treatment for sleep disorders in children with neurodevelopmental disorders: an observational study. *Dev Med Child Neurol*. 44(5):339-44
39. Shu-Yu Wu, Nancy Hernández de Borsetti, Emily J. Bain, Christopher R Bulow, Joshua Gamse. 2014. “Mediator subunit 12 coordinates intrinsic and extrinsic control of epithalamic development”. *Journal of Developmental Biology*. Jan 1;385(1):13-22. Epub Oct 30.
40. Smithsonian Institute. Meteorological tables. Smithsonian miscellaneous collections; v.114.. 1951
41. Snell DL, Siegert RJ, Surgenor LJ, Dunn JA, Hooper GJ. Evaluating quality of life outcomes following joint replacement: psychometric evaluation of a short form of the WHOQOL-Bref.
42. Tonello, G., 2001. “Lighting, Mood and Seasonal Fatigue in Northern Argentina. Comparison to Countries Close to and Further from the Equator”. *Doctoral thesis*. Editorial Studentlitteratur, Lund, 2001. ISBN 91-628-4900-X.
43. Tonello, G.; Hernandez De Borsetti, N; Borsetti, H; Tereschuk MI; López Zigarán, S. 2018. Efectos Psicobiologicos De La Luz: Melatonina Cortisol Percepcion De Bienestar. *Investigacion en Salud.San Miguel de Tucuman: Ministerio de Salud. Gobierno de Tucuman. vol.2 n°1. p36 - 37. issn 2591-5908.*
44. Valdez P. 2015. *Cronobiología. Repuesta psicofisiológica al tiempo*. México: Trillas.
45. Vigo M. 2017. *Propuestas para el Diseño Urbano Bioambiental en Zonas Cálidas Semiáridas*. Secretaria de Ciencia y Tecnología.

# ESTUDIO DEL ORIGEN BOTÁNICO, PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y EL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE MIELES DE JUJUY, CAMPAÑA 2022-2023

Colqui, Rafael <sup>(1)</sup>; Ávila Carreras, Natalia <sup>(1)</sup>; Sánchez, Ana <sup>(1)</sup>

(1) Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy. Calle Alberdi N°47.  
San Salvador de Jujuy. Código Postal 4600. Provincia de Jujuy.  
Email: rafaelcolqui@fca.unju.edu.ar

## Resumen

La miel es un producto naturalmente complejo producido por *Apis mellifera* L. Su origen botánico determina su composición química, características sensoriales y propiedades antioxidantes. Para conservar su valor nutritivo, inocuidad y genuinidad, es necesario que cumplan con los requisitos legales del Código Alimentario Argentino (CAA). Este trabajo tiene como objetivo determinar el origen botánico, los parámetros fisicoquímicos y el contenido de compuestos fenólicos en mieles producidas en las distintas zonas apícolas de la provincia de Jujuy. Se trabajó con mieles de la campaña 2022-2023 procedentes de las zonas apícolas de Prepuna, Transición Yungas-Chaco y Yungas. Para el análisis melisopalínológico estándar se consideraron los tipos polínicos en porcentaje mayor a 3%. En el análisis fisicoquímico se determinó: °Brix, % humedad, pH, conductividad eléctrica, acidez libre e hidroximetilfurfural (HMF), siguiendo la metodología estándar. Se determinó el contenido de polifenoles totales con el método de Folin Ciocalteu y ácidos fenólicos, según Mazza *et al.* (1999). Los resultados fueron procesados mediante ANOVA test de Duncan con programa Infostat versión 2020. Se encontraron mieles monoflorales de *Schinus*, *Sarcomphalus mistol*, Brassicaceae, Fabaceae, *Eucalyptus*, Tipo *Euphorbia* y Tipo *Pisonia*. Los parámetros fisicoquímicos presentaron diferencias significativas ( $p=0,0001$ ) entre las muestras según su origen, salvo en acidez libre y HMF. El contenido de polifenoles totales en las mieles analizadas de las tres zonas apícolas muestra diferencias significativas ( $p=0,0092$ ), al igual que los ácidos fenólicos ( $p=0,0001$ ). Estos resultados permiten iniciar la caracterización fisicoquímica y fitoquímica de este importante producto de la colmena. Son de interés los resultados encontrados de los compuestos polifenólicos y ácidos fenólicos, al ser los primeros en presentarse en las mieles de las tres zonas apícolas de la provincia de Jujuy. Las mieles de las tres zonas apícolas cumplen con los valores de calidad establecidos por el C.A.A.

**Palabras clave:** miel, jujuy, origen botánico, análisis fisicoquímico, fitoquímicos

## INTRODUCCIÓN

La miel es un producto naturalmente complejo producido por *Apis mellifera* L. (Montserrat González *et al.*, 2008). Este producto presenta una composición nutricional muy variable, debido a la contribución de la planta, el clima, las condiciones ambientales, las prácticas apícolas y el tipo de procesado al que es sometida (White, 1978).

Su origen botánico determina su composición química, características sensoriales y propiedades antioxidantes. Entre los compuestos

antioxidantes se hallan los fitoquímicos (ácidos fenólicos y compuestos polifenólicos) que pueden variar dependiendo de las condiciones geográficas y climáticas (Muñoz Jauregui *et al.*, 2014). La concentración de estos compuestos fitoquímicos, permite la diferenciación de mieles de néctar y de mielatos.

En la provincia de Jujuy, se reconocen zonas apícolas productoras de miel: Prepuna, Transición Yungas-Chaco y Yungas (Sánchez, 2013). Las mieles pueden reflejar la vegetación única y las características de las distintas áreas de la provincia, diferenciándose de otras mieles que están disponibles en el mercado local. El valor de la miel de la provincia radica en sus

características diferenciables y en su origen floral, predominantemente nativo. Para conservar su valor nutritivo, inocuidad y genuinidad, es necesario que cumplan con los requisitos legales del Código Alimentario Argentino (CAA).

Este trabajo se realizó en el marco de la Tesis Doctoral “Influencia del recurso utilizado por *Apis mellifera* en la calidad fisicoquímica, sensorial y de contenido fenólico de mieles producidas en la Provincia de Jujuy” y tiene como objetivo determinar el origen botánico y los parámetros fisicoquímicos y el contenido de compuestos fenólicos en mieles producidas en las distintas zonas apícolas de la provincia de Jujuy en la campaña 2022-2023.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestras

Se trabajó con mieles (n=30) de la campaña 2022-2023 procedentes de las zonas apícolas de Prepuna (n=10), Transición Yungas-Chaco (n=11) y Yungas (n=9) de la provincia de Jujuy.

Las muestras de trabajo se tomaron de lotes puestos para la venta y fueron remitidas por los apicultores en frascos de vidrio o plástico de 500 g y 1000 g, se recibieron en Laboratorio de Análisis Palinológicos y Laboratorio de Calidad de los Productos de la Colmena de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu. Para el desarrollo de los análisis fisicoquímicos y de fitoquímicos las mieles se conservaron a una temperatura de -5°C.

### Análisis Melisopalinológico

Las muestras fueron procesadas mediante la técnica estándar de la melisopalinología (Louveaux *et al.*, 1978) con posterior acetólisis (Erdtman, 1960). Para la identificación de los tipos polínicos se utilizó la Palinoteca de Referencia de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy (PALJUA). Para el análisis de los datos se consideraron los tipos polínicos en porcentaje superior al 3%.

### Análisis Fisicoquímico

Los parámetros fisicoquímicos que se determinaron fueron: °Brix y % humedad por medio del método refractométrico utilizando un refractómetro Abbe (IRAM 15.931-2018), pH preparando una solución al 10% y luego registrando su valor con ph-metro ALTRONIX modelo EDZO PC (IRAM 15.938-2018), conductividad eléctrica preparando una solución

al 20% y luego registrando el valor de conductividad con un conductímetro ALTRONIX CTX II (IRAM 15.945-2007), acidez libre tomando como referencia al ácido glucónico, principal ácido orgánico en mieles y neutralizando con un hidróxido en presencia de fenoltaleína (IRAM 15.933-2013) e hidroximetilfurfural (HMF) según método White 1979; IRAM 15.937-2-2007.

### Análisis de fitoquímicos

El contenido de polifenoles totales se determinó con el método de Folin Ciocalteu (Singleton, 1999), y ácidos fenólicos según Mazza *et al.* (1999).

### Análisis de datos

Los resultados se expresan como valor promedio (X)  $\pm$  desviación estándar (SD) de los análisis realizados por triplicado en todas las mediciones. Los resultados fueron procesados mediante ANOVA test de Duncan con programa Infostat versión 2020 (Di Renzo, *et al.*, 2020).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis Melisopalinológico

Se determinaron 60 tipos pertenecientes a 24 familias botánicas. Según la clase de frecuencia se registraron 13 muestras monoflorales y 17 multiflorales. Se encontraron seis mieles monoflorales de *Schinus*, dos de *Sarcomphalus mistol*, mientras que para Brassicaceae, Fabaceae, *Eucalyptus*, Tipo *Euphorbia* y Tipo *Pisonia* se hallaron una muestra respectivamente. Se destaca la mayor cantidad de mieles monoflorales en la zona de Prepuna (7), seguidas por Transición Yungas-Chaco (5) y Yungas (1). En cuanto al espectro polínico, las muestras reflejan el origen geográfico de las zonas establecidas por Sánchez (2013) quien realizó la caracterización botánica y geográfica de las mieles de *Apis mellifera* L. en la provincia de Jujuy.

### Análisis fisicoquímico

Los resultados de los análisis fisicoquímicos de las mieles de las tres zonas apícolas de la provincia de Jujuy, campaña 2022-2023, quedan reflejados en Tabla N°1.

Las mieles de la zona apícola de Prepuna comparadas con las de Yungas y Transición de Yungas-Chaco, se diferencian en los valores

registrados de pH, conductividad eléctrica y por su bajo contenido de HMF.

**Tabla N°1:** Resultados de análisis fisicoquímico de las mieles de las tres zonas apícolas de Jujuy.

	ZONA APÍCOLA		
	Prepuna	Yungas	Trans. Yungas-Chaco
Humedad (%)	16,06 ± 0,99	17,92 ± 1,20	16,88 ± 1,35
Grados Brix (%)	82,38 ± 1,07	80,51 ± 1,25	81,58 ± 1,41
pH	4,75 ± 0,27	4,63 ± 0,19	4,68 ± 0,64
Cond. Eléctrica (mS/cm)	0,93 ± 0,36	0,86 ± 0,31	0,92 ± 0,40
Acidez libre (meq/Kg miel)	31,09 ± 10,21	30,37 ± 9,94	34,33 ± 12,90
HMF (mg/Kg miel)	2,40 ± 1,20	3,43 ± 2,40	4,45 ± 4,60

Según los límites establecidos por la legislación vigente (CAA, 2024; Codex, Standard 12-1981), los valores registrados de las mieles que se analizaron en esta campaña cumplen con lo normado. Se encontró que los valores de conductividad eléctrica de las mieles de las tres zonas apícolas de la provincia superan el límite de 0,8 mS/cm (Codex, Standard 12-1981) establecido para mieles de flores.

Las mieles estudiadas registran valores menores de HMF respecto a los obtenidos en estudios previos en mieles de la provincia de Jujuy (Díaz, *et al.*, 2021; Ríos *et al.*, 2014). Los valores hallados de los parámetros de pH, humedad, conductividad eléctrica y HMF de mieles de la zona apícola de Prepuna varían en relación a los reportados en mieles de la Quebrada de Humahuaca (Colqui, 2017), esta variación puede deberse al origen floral de las mieles analizadas, destacándose las mieles cosechadas en esta campaña 2022-2023, en su mayoría mieles monoflorales, en comparación al estudio previo, donde se trabajó con mieles multiflorales.

#### Análisis de fitoquímicos

Los valores promedio del contenido de polifenoles totales encontrados, fueron: Prepuna, 89,54 ± 29,98 mg AG/100 g de miel; transición Yungas-Chaco: 110,66 ± 28,65 mg AG/100 g de miel; Yungas: 95,03 ± 20,99 mg AG/100 g de miel. Estos valores son superiores a los hallados por Muñoz *et al.* (2007) quienes encontraron un valor máximo de 8,8 mg/100 g miel en mieles de Chile, pero similares a los registrados por investigadores de otros países de la región Sur de América, como Muñoz Jáuregui, *et al.* (2014) en Perú que estudiaron doce mieles comerciales de diferente origen floral, encontrando valores del contenido de fenoles totales de 83,15 a 207,89

mg AGE/100 g miel, mientras que en Bolivia Quino y Alvarado (2017), estudiaron mieles de seis regiones de este país, registrando un rango de valores promedios de 89,53 a 146,55 mg AGE/ 100 g miel.

En la provincia de Jujuy son escasos los estudios de fitoquímicos en mieles, se determinó el contenido de fenoles totales de mieles de las regiones geográficas de Yungas, Valles y Quebrada (Díaz *et al.*, 2021) obteniendo valores promedios de 94,70; 83,10; y 59,40 mg AGE/100 g miel respectivamente, siendo estos valores similares a los registrados en esta campaña.

Los valores medios de ácidos fenólicos fueron: Prepuna: 6,52 ± 3,20 mg AC/100 g miel; transición Yungas-Chaco: 8,01 ± 5,70 mg AC/100 g de miel; Yungas: 7,11 ± 2,40 mg AC/100 g de miel. La presencia de estos compuestos en las muestras analizadas en este trabajo, indica que las mieles de la provincia de Jujuy tienen concentraciones de polifenoles con potencial antioxidante. Es necesario continuar los estudios de las mieles locales debido a que en este trabajo se empleó el método espectrofotométrico que no es específico, detectando todos los grupos fenólicos sin determinar en particular cada uno de ellos (Majewska, *et al.*, 2024; Bueno Costa *et al.*, 2016; Nacz y Shahidi, 2004).

#### Análisis de datos

Los parámetros analizados presentaron diferencias significativas ( $p=0,0001$ ) entre las muestras según su origen, salvo en acidez libre y HMF. El contenido de polifenoles totales en las mieles analizadas de las tres zonas apícolas muestra diferencias significativas ( $p=0,0092$ ), al igual que los ácidos fenólicos ( $p=0,0001$ ). Las mieles de Transición Yungas-Chaco se destacan por su elevado contenido de polifenoles, vinculado al origen botánico de las mismas.

## CONCLUSIONES

Estos resultados permiten iniciar la caracterización fisicoquímica y fitoquímica de este importante producto de la colmena.

Las mieles de Prepuna se destacan en su valor de pH y conductividad eléctrica sugiriendo ingreso de recursos alimenticios extraflorales, además, de que las mieles de las tres zonas apícolas cumplen con los valores de calidad establecidos por el CA A.

Se destacan las mieles de la zona apícola Transición Yungas-Chaco por registrar el valor más alto de polifenoles totales en mieles de Jujuy. Los resultados obtenidos de ácidos fenólicos en las mieles de las tres zonas apícolas de la provincia de Jujuy dejan precedente para futuros estudios de las mieles locales.

## REFERENCIAS

- Bueno Costa, F., Zambiasi, R., Bohmer, B., Chaves, F., da Silva, W., Zanusso, J. y Dutra, I. (2016). Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 333-340.
- Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Akyuz Turumtay, E., Silici, S. y Kolayli, S. (2015). An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food chemistry*, 180, 133-141.
- Código Alimentario Argentino (18 de noviembre de 2024). <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>
- Codex Standard 12-1981 (Rev. 2-2001). Revised Codex standard for honey. Rome: FAO:WHO, 2001.
- Colqui, R. A. (2017). Caracterización de mieles producidas por el grupo apícola Flor de Muña-Muña de la Quebrada de Humahuaca. Tesina de Grado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy.
- Colqui, R. A., Rozo, V. F., Velásquez, L. D. y A. C. Sánchez (2019). Primeros resultados de la caracterización fisicoquímica de mieles producidas en la Quebrada de Humahuaca. Jujuy. Argentina. *Agraria, Revista Científica de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 12 (19), 24-31.
- Di Renzo, J., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F. y Tablada, M. (2020). Infostat versión 2020. Grupo Infostat, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba. <https://www.infostat.com.ar/>
- Díaz, F., Colqui, R., Méndez, M. y Rozo, V. (2021). Evaluación del contenido de compuestos fenólicos totales e hidroximetilfurfural de diferentes mieles de la provincia de Jujuy. *Agraria. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 14 (1), 60-68.
- Erdtman, G. (1960). The acetolysis method. *Svensk Botanisk Tidskrift*. 54: 561 – 564.
- IRAM, Norma: 15.931 (2018). Miel. Determinación del contenido de humedad. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires.
- IRAM, Norma: 15933 (2013). Miel. Determinación de acidez libre. Instituto Argentino de Normalización. Bs As.
- IRAM, Norma: 15937 – 2 (2007). Determinación del contenido de HMF. Parte 2: Método de White. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires.
- IRAM, Norma: 15938 (2008). Determinación de pH. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires.
- IRAM, Norma: 15945 (2007). Determinación de la conductividad eléctrica. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires.
- Jasicka-Misiak, I., Poliwoda, A., Deren M. y Kafarki, P. (2012). Phenolic compounds and abscisic acid as potential markers for the floral origin of two polish unifloral honeys. *Food chemistry*, 131 (4), 1149-1156.
- Louveaux, J., Maurizio, A. y Vorwhol G. (1978). Methods of Melisopalynology. *Bee World*, 59 (4): 139-157.
- Majewska, E., Druzynska, B., Derewiaka, D., Ciecierska, M y Pakosz, P. (2024). Comparison of antioxidant properties and color of selected polish honeys Manuka honey. *Rev. Foods*. 13, 2666.
- Mazza, G., Fukumoto, L., Delaquis, P., Girard, B. y Ewert, B. (1999). Anthocyanins, phenolics, and color of Cabernet Franc, Merlot, and Pinot Noir Wines from British Columbia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 4009-4017.
- Montserrat González, M., De Lorenzo C. y Pérez Martín R. A. (2008). Sensory attributes and antioxidant capacity of Spanish honeys. *Journal of Sensory Studies. IMIDRA*, 23, 293–302.
- Muñoz, O., Copaja, S., Speisky, H., Peña, R. y Montenegro, G. (2007). Contenido de flavonoides y compuestos fenólicos de mieles chilenas e índice antioxidante. *Rev. Quím. Nova*. 30 (4), 848-851.
- Muñoz Jauregui, A., Alvarado-Ortiz, C., Blanco Blasco, T., Castañeda, B., Ruiz Quiroz, J. y Alvarado Yarasca, A. (2014). Determinación de compuestos fenólicos, flavonoides totales y capacidad antioxidante en mieles peruanas de diferentes fuentes florales. *Rev. Soc. Quím. Perú*, 80 (4), 287-297.

Naczek, M. y Shahidi, F. (2004). Extraction and analysis of phenolic in food. *Journal of chromatography A*. 95-111.

Quino, M. y Alvarado, J. (2017). Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de mieles de abeja cosechada en diferentes regiones de Bolivia. *Revista Boliviana de Química*, 34 (3), 65-71.

Ríos, F., Sánchez, A. C., Lobo, M., Lupo, L., Coelho, I., Castanheira, I. y Samman, N. (2014). A chemometric approach: characterization of quality and authenticity of artisanal honeys from Argentina. *Journal of Chemometric*.

Sánchez, A. C. (2013). Caracterización Botánica y Geográfica de las mieles de *Apis mellifera* L. en la Provincia de Jujuy. [Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta].

Singleton, V. L., Orthofer, R. y R. M. Lamuela-Raventos (1999). Analysis of total phenol and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent, *Methods in Enzymology*, 299, 152-178. Copyright 1999.

White Jr., J. (1978). Honey. *Advances in food research*, 24, 287-374.

## ALMACENAMIENTO DE CARBONO DE LA BIOMASA FORESTAL EN EL CHACO SEMIÁRIDO DE JUJUY, ARGENTINA.

Humano<sup>1</sup>, Cristian Ariel y Araujo<sup>2</sup> Publio.

(1) Servicio Forestal. Universidad Nacional de Jujuy. Alberdi 47. Jujuy. CP 4600.

(2) Forestal. Universidad Nacional de Santiago del Estero. (QEPD).

Email: cahumano@yahoo.com

### RESUMEN

El Bosque Chaqueño es un ecosistema forestal de poca extensión en la provincia de Jujuy, pero de un importante rol ecológico, por ello es vital estimar la biomasa forestal que posee con el fin para aplicar en inventarios de carbono y el entendimiento de proyectos de carbono neutral a nivel local y cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la ONU a nivel mundial. Para lograr este objetivo, se midieron parcelas permanentes durante un periodo de 15 años. Con los datos de las mediciones se obtuvo el incremento periódico medio anual de las especies trabajadas. Para el cálculo de la biomasa aérea se aplicaron ecuaciones alométrica de volumen por cada especie. Al volumen estimado se le aplicó el peso específico para obtener la biomasa actual (t/ha). Se estimó que una ha posee un volumen de 53 m<sup>3</sup> equivalente a una acumulación de carbono de 70 tC/ha, de acuerdo a la proyección del crecimiento en 10 años se posee un potencial de acumulación de 0,8 tC/ha/año. Este trabajo permite entender el aporte del bosque en la reducción y amortiguación del cambio climático.

**Palabras claves:** Bosque Chaqueño, stock de carbono, cambio climático.

### INTRODUCCIÓN

Los objetivos de desarrollo sostenible de la agenda 2030 propuesta por la ONU, manifiestan adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (ONU, 2015), entre ellas a nivel local y regional se analiza producciones con emisiones neutras de carbono donde la huella de carbono (**cantidad de CO<sub>2</sub> emitida a la atmósfera**) generada sea compensada por el retiro de esas emisiones a través de distintas vías (Granados Solís, 2013). Una de esas vías es la **acumulación de carbono a partir de la biomasa forestal de los ecosistemas boscosos nativos**. La biomasa representa la cantidad total de materia orgánica vegetal viva - almacenada en las porciones aéreas y subterráneas del ecosistema - por unidad de área en un momento dado, expresada en g/m<sup>2</sup> o t/ha (Clark et al., 2001, Manrique et al., 2009 ). Incluye follaje, ramas, troncos y raíces, pero excluye la hojarasca y la materia orgánica en descomposición (Haase y Haase, 1995).

La Provincia de Jujuy, consta de dos sistemas boscosos de importancia social, ecológica y económica, los cuales son la Selva de Yungas (Cabrera, 1976) y el Bosque Chaqueño

Semiárido (Morello et al., 2012) representando una superficie de aproximadamente 1.100.000 ha (SAyDSCh, 2005, POT, 2007). El principal problema a que son sometidos estos ecosistemas, es el continuo proceso de sobreaprovechamiento de los recursos forestales debido a su necesidad y demanda, asumiendo en algunos casos un proceso irreversible de degradación (Araujo, 2003; Romano, 2007); sus efectos tuvieron consecuencias socioeconómicas, ambientales y ecológicas de largo alcance (MSPM, 2003, Brown et al., 2012; Baldassini, 2018).

Quizás la mayor amenaza ambiental para la humanidad sea el inminente cambio climático y el calentamiento global. En este contexto, el bosque Chaqueño puede ser el arma más efectiva para enfrentar esta amenaza por medio de la fijación de carbono. Durante la fotosíntesis, las plantas capturan dióxido de carbono y liberan oxígeno al ambiente. El dióxido de carbono es almacenado como parte de la estructura de las plantas. Por lo tanto, los bosques maduros como el Chaco son capaces de secuestrar toneladas de dióxido de carbono cada año, contribuyendo al enfriamiento del planeta (Nuñez Regueiro, 2021). La creciente preocupación sobre el cambio climático y el esfuerzo de reducir en emisiones de gases invernaderos puede proporcionar nuevos incentivos económicos para

los propietarios de tierras para preservar las tierras forestales con un concepto conocido como "prevención de la deforestación" (Plaza et al., 2008).

Por ello el objetivo de este trabajo fue estimar las tasas de crecimiento diamétrico, basimétrica y volumétrico; y a partir de estos datos calcular el carbono acumulado por la biomasa aérea actual y potencial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El trabajo se realizó en un predio de aproximadamente 110 ha correspondiente del Campo Experimental "Dr. Emilio Navea" (24° 21' 8" S 65° 11' 28" O); perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Jujuy. Distante a 25 km de la ciudad de S. S. de Jujuy, a 900 msnm. El clima subtropical serrano, con estación seca, con una temperatura promedio anual de 18 °C y un régimen de precipitaciones orográficas de carácter monzónico con 650 mm anuales, con un déficit hídrico desde el mes de Abril hasta el mes de Noviembre (Buitrago, 2002). Condiciones que caracterizan al lugar con un clima semiárido (Braun Wilke, 2001).

El suelo es un Argiustol vértico con fuerte desarrollo, drenaje imperfecto; caracterizado por horizonte argílico B2t, fuertemente estructurado –hasta 50 cm –con textura arcillosa a arcillo limosa (50-60%); concreciones ferromagnésicas y calcáreas en subsuelo. CIC alta a mediana, Contenido de materia orgánica variable, al igual que N (de muy bajo a moderadamente alto). Contenido de P con valores elevados, valores altos de K (Nadir y Chafatinos, 1990).

El relieve son valles abiertos (depresión colmatada, en forma de abanico achatado), la zona pedemontana, dominada por un extenso abanico aluvial con pendientes entre 1 y 5%, es el escenario de los principales poblados y actividades humanas de la cuenca (Braun Wilke, 2000). La vegetación característica es el Bosque transicional, dominada por elementos xerofíticos (Braun Wilke, 2000), donde las especies arbóreas predominantes son *Aspidosperma quebracho blanco*, *Caesalpinia paraguayensis*, *Anadenanthera colubrina*, *Parapiptadenia excelsa* y *Schinopsis lorentzii* (Cabrera, 1976, Brown et al. 2002, Humano et al. 2012).

### Obtención de datos

En el año 2009 se instalaron 2 parcelas permanentes de una superficie de 3 ha c/u, de

forma rectangular (100 x 300 m) en las cuales se etiquetaron los individuos mayores a 10 cm de DAP. La primera medición fue en agosto de 2009 y las siguientes mediciones se hicieron en agosto de 2011, agosto de 2013 y agosto de 2015. El tamaño de la parcela se adecuó para lograr un Error de muestreo  $\leq 10\%$  con un nivel de confianza del 95% (Resol. 81, 2009).

En cada parcela se etiquetaron todos los individuos relevándose las siguientes variables:

.- Especie: Se identificó el nombre científico utilizándose bibliografía específica para la Provincia Fitogeográfica de Yungas y Bosque Chaqueño (Digilio y Legname, 1966; Dimitri et al., 2000).

.- DAP: Diámetro medido a 1,3 m de altura por encima del suelo con cinta dendrométrica. Las mediciones son registradas al milímetro.

.- Altura total (ht): Distancia desde el nivel del suelo hasta el ápice. Con un eclímetro con un error de  $\pm 2^\circ$  a  $0,01^\circ$ .

.- Altura de fuste (hf): Medida desde la base del tronco hasta el inicio de la copa. Con un eclímetro con un error de  $\pm 2^\circ$  a  $0,01^\circ$ .

.- Posición vertical: Clasificación de los individuos según la estructura vertical del vuelo (Lamprecht, 1990), categorizándose en Piso superior (PS) (altura  $>2/3$  de la altura superior del vuelo), Piso medio (PM) ( $<2/3 > 1/3$  de la altura superior del vuelo) y Piso inferior (PI) ( $<1/3$  de la altura superior del vuelo).

.- Cobertura de copa: Se mide por la proyección ortogonal de la copa en el terreno, medida en dos direcciones perpendiculares con las cuales se calculó su área transversal.

### Análisis de los datos

#### Estimación del crecimiento diamétrico

Para estimar el crecimiento de cada individuo en cada situación, se utilizó el DAP medido en cuatro oportunidades. Con la siguiente fórmula se calculó el Incremento periódico medio anual (IPMA) de cada individuo expresado en mm/año:

$$IPMA = \left( \frac{DAP_{2015} - DAP_{2009}}{n} \right)$$

Donde:

DAP2009: DAP del individuo en la primera medición.

DAP2015: DAP del mismo individuo en la última medición.

n: años del periodo.

Los individuos se agruparon en clases de frecuencia (Clases diamétricas) de un tamaño de 10 cm clasificándolas en clases diamétricas inferiores entre 10 a < 30 cm de DAP, clases intermedias entre 30 a < 50 cm de DAP y clases superiores con DAP > a 50 cm.

Los valores de IPMA, se agruparon por clases diamétricas para calcular el crecimiento con la siguiente fórmula (Araujo, 2003):

$$CPA_i = \frac{1}{k} \frac{D_{i,2015} - D_{i,2009}}{P}$$

Donde:

**CPA<sub>i</sub>** = Crecimiento periódico medio anual por árbol en la clase i;

**Di** = Diámetro del individuo de la clase i a 1,30 m;

**P** = Período de tiempo entre las mediciones;

**k** = N° de individuos de la clase.

### Estimación biomasa aérea total (BAT)

A partir de los datos de DAP y altura de fuste de cada individuo registrado en las parcelas, se obtuvo el volumen de fuste (VF) a partir de las tablas de volumen de Sévola (1975). En el caso de especies que no poseían ecuación de cubicación se optó por multiplicar su sección por su altura de fuste y coeficiente de forma de 0,65 (Resol 81, 2009). El volumen de fuste (VF-m<sup>3</sup>) calculado para cada individuo, se convirtió en biomasa de fuste (BF, en t), multiplicando los VF por los valores respectivos de densidad básica de su madera (DB en t/m<sup>3</sup>) de cada individuo. Los valores de densidad se obtuvieron de la base de datos de INTI- CITEMA (2007).

Posteriormente, se utilizó un factor de expansión de biomasa (FEB) para convertir la BF en Biomasa Aérea Total (BAT), que Brown y Lugo (1992) ajustaron en base a datos de bosques tropicales del mundo con un n = 56 (r = 0.76). Este FEB adopta diferentes valores en función de BF hallada por sitio: para BF ≥ 190 t/ha = 1,74 y para BF < 190 t/ha = FEB = (3.213 - 0.506 · ln BF). Cuanto menor es la BF mayor es el FEB, por lo cual adquieren mayor participación los otros compartimentos de la biomasa aérea como son ramas y hojas (Brown et al.; 1999). La BAT (t/ha) se calcula finalmente como el producto entre VF, DB y FEB.

### Estimación del stock de carbono

El carbono almacenado en cada compartimento se corresponde aproximadamente con el 50% de la biomasa existente (IPCC, 2007). Los valores obtenidos son expresados en tC/ha (toneladas de C por hectárea).

$$C = BAT * 0,5$$

Donde:

CB: Carbono en biomasa (tC/ha)

BAT: Biomasa aérea total (t/ha)

### Estimación acumulación potencial de carbono

Se estimó la cantidad de C capturado por el estrato arbóreo de un período de 10 años, a partir del incremento anual de biomasa por individuo; calculado aplicando los IPMA's obtenidos para cada individuo. Se obtuvo el nuevo valor del diámetro a partir del cual se obtuvo la BAT potencial (2007). Con la estimación del incremento individual anual de C almacenado, se obtuvo el valor de tasa anual de captura de C por hectárea para el bosque en estudio y se hizo referencia a la cantidad del CO<sub>2</sub> retenido por una hectárea.

Para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas en el stocks de biomasa del bosque estudiado entre el almacenamiento actual y potencial en 10 años, se aplicó la prueba estadística de T Student para medias apareadas considerando un α:0,05 (nivel de significancia) y un nivel de confianza de 95%. Se empleó software INFOSTAT (Di Renzo et al., 2010).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El valor obtenido de biomasa aérea total es de 169,84 t/ha (Cuadro 1), para este ecosistema, el cual es mayor a los propuesto para Chaco por Gasparri y Manghi (2004) de 49,5 t/ha, Manrique et al., (2009), de 104,8 t/ha y Ontiveros et al. (2015) de 75,6 t/ha. Al comparar con datos obtenidos para Yungas se observa una mayor paridad, 184,5 t/ha (Gasparri y Manghi, 2004), 145,6 t/ha (Manrique et al., 2009), 172, 3 t/ha (Ontiveros et al., 2015); esta última situación se debe a que en el área de estudio existe una elevada ocupación de especies arbóreas dominantes de Yungas como *Anadenanthera colubrina* y *Parapiptadenia excelsa* (Humano et al, 2012). Ledesma et al. (2021) estimaron para la provincia del Espinal una acumulación de 95 t/ha, valor menor correspondiente con la menor densidad de individuos de este ecosistema con respecto al Chaco.

El stock de carbono obtenido es de 70 tC/ha; Ontiveros (2022) estimó un stock de carbono de 65 tC/ha para Selva montana de Yungas, un ecosistema con menor diversidad y densidad arbórea con respecto a nuestra área de estudio.

Cuadro 1. Almacenamiento de carbono por la biomasa aérea total.

Clase diamétricas (cm)	Biomasa aérea (t/ha)	FEB	BAT (t/ha)	Stock C (tC/ha)
10-19,9	14,04	3,28	40,01	20,00
20-29,9	17,01	3,28	44,72	22,36
30-39,9	9,82	3,28	27,39	13,70
40-49,9	5,79	3,28	14,84	7,42
50 o mayor	5,12	3,28	13,53	6,76
<b>Total</b>	<b>51,78</b>	<b>3,28</b>	<b>140,48</b>	<b>70,24</b>

FEB: factor de expansión de biomasa, BAT. Biomasa aérea total.

De acuerdo al almacenamiento potencial en 10 años (Cuadro 2) se estima que existe un almacenamiento de 0,8 tC/ha/año, Ledesma et al. (2021) estimaron para El Espinal una tasa de 0,6 tC/ha/año; el mayor almacenamiento se debe a la mayor tasa de crecimiento de las especies y la mayor densidad arbórea el ecosistema en estudio.

Cuadro 2. Acumulación potencial de biomasa aérea total.

Clases Diamétricas (cm)	IPMA (cm/año)	BA	FE	BAT (t/año)	Stock C (tC/ha)
10-19,9	0,56	13,22	3,28	43,37	21,69
20-29,9	0,65	14,45	3,28	47,40	23,70
30-39,9	0,70	8,73	3,28	28,62	14,31
40-49,9	0,80	4,68	3,28	15,33	7,67
50 o mayor	0,95	4,27	3,28	13,99	7,00
<b>Total</b>				<b>148,73</b>	<b>74,37</b>

Al realizar la comparación de la acumulación actual y potencial del ecosistema se puede observar que existen diferencias significativas en el periodo de 10 años (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación del stock actual vs stock potencial.

Stock C (tC/ha)	Stock C (medias±D.E.)
Actual	13,5±4,2 a
Proyectado 10 años	14,8±3,1 b

**Medias:** valor de media aritmética ± la desviación estándar  
**p:** grado de significación estadística ( $p < 0,05$ ), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

## CONCLUSIONES

-El almacenamiento de C está directamente relacionado con la estructura del rodal y el crecimiento de sus individuos.

-Los ecosistemas más húmedos (Yungas, Transición yungas-Chaco) poseen la una mayor capacidad de almacenamiento de C por parte de la biomasa aérea con respecto a los ecosistemas más secos (Chaco y Espinal).

- La información obtenida en este trabajo es relevante en el marco de los ODS, en vista de la venta del almacenamiento supra y potencial de C.

## REFERENCIAS

- Araujo, P. A. (2003). Bases para la gestión sostenible de Bosques en Regeneración del Chaco Semiárido. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. España. 219 p.
- Baldassini, P. (2018). Provisión de Servicios Ecosistémicos en el Chaco Semiárido: efectos de los cambios en el uso del suelo y la variabilidad climática sobre la dinámica del carbono. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. 214 p.
- Braun Wilke, R. H. (2001). Carta de Aptitud ambiental de la Provincia de Jujuy. Colección: Arte y Ciencia. Red de Editoriales Universitarias Nacionales. Jujuy. Argentina. 120 p.
- Brown, A.D., Pacheco, S., & Cristóbal, L. (2012). Bitácora Los caminos del Chaco. Obras Viales y Paisajes de Conservación en la Región Chaqueña. Ed. del Subtrópico. Tucumán. 76 p.
- Brown, A. D., Grau, A., Lomáscolo, T., & Gasparri, N. I. (2002). Una estrategia de conservación para las Selvas subtropicales de montaña (Yungas) de Argentina. *Ecotrópicos* 15: 147-159.
- Brown, S. L., Schroeder, P., & Kern, J. S. (1999). Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. *Forest Ecology and Management* 123:81-90.
- Brown, S., & Lugo, A. E. (1992). Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17(1):8-27.
- Cabrera, A. L. (1976). Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería. Regiones fitogeográficas Argentinas. Fascículo 1. Editorial Acme. Bs. As, Argentina. 85 p.
- Clark, D. A., Brown, S., Kicklighter, D.W., Chambers, J.Q., Thomlinson, J.R., & Ni, J. (2001). Measuring Net Primary Production In Forests: Concepts And Field Methods. *Ecological Applications* 11 (2), pp. 356–370.
- Digilio, A.P., & Legname, P.R. (1966). Los árboles indígenas de la Provincia de Tucumán. *Opera Lilloana* 15. Tucumán, Argentina. 130 p.
- Dimitri, M. J., Leonardis, R. F. J., & Biloni, J. L. (2000). El nuevo libro del árbol". Tomos I y II. Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina. 124 p.
- Di Rienzo, J., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., Tablada, M., & Walter Robledo, C. (2010). Infostat: software para análisis estadístico.
- Gasparri, I., & Manghi, E. (2004). Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales argentinas. Informe Final.

- Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Ministerio de Salud y Ambiente. 26 p.
- Granados Solís, A. (2013). Carbono Neutralidad: Avances y desafíos de cara al año 2021. Decimonoveno Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible, San José. 28 p.
- Haase, R., & Haase, P. (1995). Above ground biomass estimates for invasive trees and shrubs in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Forest Ecology and Management* 73, 29-35.
- Humano, C., Giulianotti, C.G., Duran, A., & Gaspar, S. (2012). Composición, Estructura y Diversidad arbórea de un rodal disetáneo característico del ecotono Yungas-Bosque Chaqueño semiárido, de la provincia en Jujuy-Argentina. *Agraria VI* (13): 84-90.
- INTI-CITEMA. (2007). Listado de densidades secas de maderas. Buenos Aires (Argentina): INTI.  
[http://www.inti.gov.ar/citema/densidad\\_cientifico.pdf](http://www.inti.gov.ar/citema/densidad_cientifico.pdf).
- IPCC: 2007. Climate change. (2007). Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lamprecht, H. (1990). Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. GTZ. Alemania. 335 p.
- Ledesma, S. G., Sione, S. M. J., Ozsust, J. D., & Rosenberger, L. 2021. Estimación del contenido y captura potencial de carbono en la biomasa arbórea de bosques nativos del Espinal (Entre Ríos, Argentina). *Fave. Sección ciencias agrarias*, 20(1), 331-345.
- Manrique, S., Franco, J., Núñez, V., & Seghezzo, L. (2009). Estimación de Densidad de Biomasa Aérea en Ecosistemas Naturales de la Provincia de Salta. *AVERMA* 13 (6): 37-45. Argentina
- Morello, J., Mateucci, S. D., Rodriguez, A. F., & Silva, M. E. 2012. Ecorregiones y complejos Ecosistémicos de Argentina. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires. 719 p.
- Manejo sustentable de ecosistemas forestales de la cuenca Los Pericos – Manantiales. Informe diagnóstico (MSPM). (2003). Bosque Modelo Jujuy. Proyecto FAO - TCP/ARG/2902 (A). Jujuy-Argentina. 204 p.
- Nadir, A., & Chafatinos, T. (1990). Los suelos del NOA (Salta y Jujuy). Tomo 1. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina. 97 p.
- Núñez Regueiro, M. M. (2021). Ecología y Conservación en la ecorregión Chaqueña. *Conicet Digital N° 2*. 5 p.
- Ontiveros, S., Manrique, S., Franco J., Díaz R., & Barranco, N. 2015. Biomasa y stock de carbono en la Reserva de Campo Alegre, la caldera, provincia de Salta. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 19: 1-12.
- Organización de Naciones Unidas-ONU. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Fundación Carolina. 40 p
- Plan de Ordenamiento Predial Severino (POP). (2012). Campo Experimental “Dr. Emilio Navea” Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy. Secretaria de Gestión Ambiental. Jujuy. Inédito. 45 p.
- Plan de Ordenamiento Territorial Adaptativo-Para las áreas boscosas de la Provincia de Jujuy (POT). (2007). Convenio de trabajo Gobierno de Jujuy - Fundación ProYungas. Ediciones del Subtrópico. Jujuy, Argentina. 25 p.
- Plaza, G., Pasculli, M. N., & Pacheco Plaza, L. (2008). Gestión ambiental forestal en el marco del cambio climático en el bosque chaqueño de Salta. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 12.
- Resolución 081 (Resol. 81). (2009). Secretaría de Gestión Ambiental. Ministerio de Producción y Medio Ambiente. Jujuy. Argentina. 24 p.
- Romano, N. (2007). Diferencias entre composición y estructura forestal en dos sitios de Selva de montaña en Salta, Argentina. Tesina de grado. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina. 108 p.
- Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDSCh). (2005). Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informe Regional Parque Chaqueño. Proyecto bosques nativos y áreas protegidas. Préstamo BIRF 4085-AR. Argentina. 135 p.
- Sevola, Y. (1975). Cubicación de árboles en el inventario forestal del noroeste argentino. Documento de trabajo N°20. FAO:DP/ARG/70/536. Salta, Argentina.

## EVALUACIÓN DE LA TÉCNICA DE OSTEOMETRÍA DE FALANGES DE CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS CON UNA MUESTRA DE REFERENCIA A ESCALA REGIONAL DEL NOA

Castagniaro, Nahuel Andrés<sup>1,2</sup>; Moyano, Rocío S.<sup>1,3</sup>; Zaburlín, María A.<sup>1,4</sup>

- (1) Instituto de Datación y Arqueometría (CONICET-UNJu-UNT-CNEA-Gob. De Jujuy), Palpalá, Jujuy, Argentina.
- (2) Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy (UNJu), San Salvador de Jujuy, Argentina
- (3) Centro de Estudios Territoriales Ambientales y Sociales (CETAS), San Salvador de Jujuy, Argentina.
- (4) Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Jujuy (UNJu), San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina.

Email: ncastagniaro@indya.unju.edu.ar

### Resumen

En zooarqueología se aplican diversos métodos para identificar camélidos silvestres (*Lama guanicoe* y *Vicugna vicugna*) y domésticos (*L. glama* y *V. pacos*) en sitios arqueológicos andinos, siendo la técnica más empleada la osteometría de falanges proximales. Sin embargo, los tamaños de los huesos de las formas domésticas y silvestres suelen solaparse, dificultando la identificación taxonómica. La variabilidad osteomorfológica induce a la creación de muestras de referencia numerosas y de escalas regionales acotadas. En este trabajo se busca evaluar ésta técnica, comparando una muestra de camélidos actuales del NOA (vicuñas=18; guanacos=10; llamas=17) con dos muestras arqueofaunísticas del sitio Pueblo Viejo de Tucute (Casabindo, Jujuy): R-1 y M-1. Se tomaron cinco variables métricas en falanges proximales de ambos miembros con un calibre digital (0,01 mm) y se aplicaron Análisis de Componentes Principales (PCA) y Análisis Discriminantes (AD). En el PCA se alcanzó a explicar el 95,88% de la varianza en R-1 y el 95,76% en M-1 y se evidenció una alta variabilidad en tamaño y forma en las llamas, solapándose sobre la mayoría de los guanacos. El AD mostró altos porcentajes de confianza en las clasificaciones preestablecidas, con: 80% por especie, 84,44% por unidad anatómica y 73,33% con ambos criterios. Los dos análisis fueron congruentes en la distinción entre vicuñas y el género *Lama* y entre las falanges de ambos miembros en cada especie. En R-1 se hallaron falanges análogas a las tres formas actuales de los camélidos, mientras que en M-1 se identificaron falanges de vicuñas y guanacos. Se evidenciaron diferencias de tamaño y forma en las falanges de los contextos arqueológicos con funcionalidades disímiles. Si bien la problemática de la identificación de camélidos induce al uso de técnicas de estudio más avanzadas no se puede aún descartar el uso de la osteometría a escala regional.

**Palabras clave:** zooarqueología, osteometría, camélidos, falanges, Casabindo

## INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la zooarqueología sudamericana se aplican diversas herramientas para identificar y discutir la presencia de camélidos silvestres (*Lama guanicoe* y *Vicugna vicugna*) y domésticos (*L. glama* y *V. pacos*) a partir del análisis de los restos óseos asociados a los contextos arqueológicos.

En muchos casos, el análisis se realiza mediante el empleo de técnicas de morfometría lineal (Kent, 1982; Yacobacio, 2010) y geométrica (Hernández y L'Heureux, 2019), entre otras (Adaro y Benavente, 1990; Wheeler, 1995; Moyano *et al.*, 2022). Siendo así una de las técnicas más empleada la osteometría de huesos del autopodio, ya que son estos los elementos hallados con mayor frecuencia en los sitios arqueológicos. La técnica consiste en comparar las muestras arqueofaunísticas con muestras de referencia de individuos actuales. No obstante, en la mayoría de los casos esta técnica ha sido útil para diferenciar únicamente entre camélidos grandes (*L. glama* y *L. guanicoe*) y camélidos pequeños (*V. pacos* y *V. vicugna*) (Cartajena *et al.*, 2007). De manera que, dentro de cada grupo hay siempre una especie doméstica y otra silvestre cuyos tamaños se solapan, dificultando la identificación de las mismas.

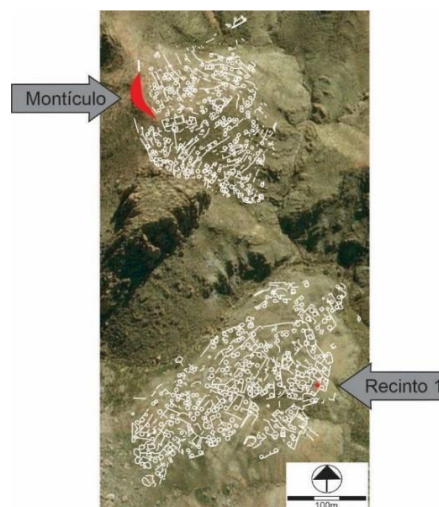
Para el caso particular del Noroeste Argentino (NOA) y de Chile, *V. pacos* no ha sido reportada entre los registros arqueofaunísticos prehispánicos (Wheeler, 1995; Elkin, 1996). Con lo cual, en estos países se puede presuponer que los huesos que pertenecen al grupo pequeño de camélidos serían de vicuñas.

Sin embargo, hasta el momento no se han realizado trabajos que estudien diferencias osteomorfológicas a una escala poblacional sobre ninguna de las especies de camélidos sudamericanos y que abarquen toda la región del NOA. El objetivo de este trabajo es evaluar, de manera preliminar, el potencial de la osteometría en la identificación de los camélidos de la región (*V. vicugna*, *L. guanicoe* y *L. glama*), utilizando una muestra de referencia que incluya, exclusivamente, individuos del NOA.

Para ello se aplicó la técnica comparando falanges primeras de camélidos actuales del NOA con falanges arqueofaunísticas de dos depósitos del Sitio de Pueblo Viejo de Tucute de Casabindo: Recinto-1 (R-1) y Montículo-1 (M-1) (Figura 1).

R-1 es un recinto habitacional de planta circular, ubicado en la loma baja del Sitio. Se registraron dos

niveles culturales, uno correspondiente al lapso de ocupación y otro al evento de abandono. Los restos de fauna provienen principalmente del lapso de ocupación. Los fechados radiocarbónicos datan entre los siglos XIII y XV. (Albeck *et al.*, 2018; Albeck y Zaburlín, 1996).



**Figura 1.** Planimetría de Pueblo Viejo de Tucute. En rojo destacada la ubicación de R-1 y M-1.

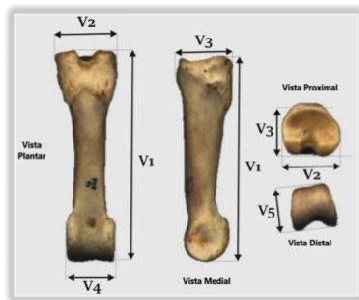
M-1 es un promontorio artificial de carácter ritual. Está conformado por depositaciones antrópicas en la cúspide de la loma alta y presenta tres niveles diferenciados. Los restos de fauna provienen de los dos niveles superiores. Las dataciones ubican a estos entre los siglos XIV y XV d.C. (Albeck *et al.*, 2018; Zaburlín *et al.*, 2024 [en prensa]).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron cinco medidas lineales sobre las falanges primeras de camélidos adultos del NOA, utilizando un calibre digital (0,01 mm), de acuerdo a lo estipulado por Kent (1982) (Figura 2).

Los conjuntos arqueológicos fueron comparados con la muestra de referencia de camélidos actuales, la cual se construyó a partir de ejemplares del NOA de la colección del Instituto de Biología de la Altura de la Universidad Nacional de Jujuy y de datos disponibles en la bibliografía (Izeta *et al.*, 2009; Mondini *et al.*, 2013; Mengoni Goñalons & Elkin, 2021). En todos los casos, siempre se consideraron a las falanges del miembro anterior y a las del miembro posterior por separado. Así, la muestra de referencia se compuso de 18 falanges de vicuñas (10 del miembro anterior y 8 del posterior), 10 falanges de guanacos (5 anteriores y 5 posteriores) y 17 de llamas (6 anteriores y 11 posteriores).

En el caso de los especímenes arqueológicos se midieron únicamente falanges con áreas articulares fusionadas considerando, de esta manera, que eran huesos que pertenecieron a animales adultos. La identificación taxonómica hasta el grado de familia (Camelidae) se realizó utilizando manuales de osteología (Pacheco Torres *et al.*, 1979; Sierpe Gonzalez, 2015) y comparando con individuos de colección. Los huesos que presentaron un alto grado de erosión fueron excluidos.



**Figura 2.** Variables lineales de las falanges 1ª. V1: Largo total; V2: Ancho de la superficie articular proximal; V3: Alto de la superficie articular proximal; V4: Ancho de la superficie articular distal; V5: Alto máximo de la epifisis distal. Extraído y modificado de Izeta *et al.* (2009)

Para cada muestra arqueológica se aplicó un Análisis de Componentes Principales (PCA) de covarianza y un Análisis Discriminante (DA), con el software PAST (Versión 3.23). El DA se realizó secuencialmente clasificando a cada espécimen por su especie, por su unidad anatómica (miembro anterior o posterior) y por último por especie y

unidad anatómica en conjunto. Finalmente se generó un consenso a partir de las tres clasificaciones obtenidas.

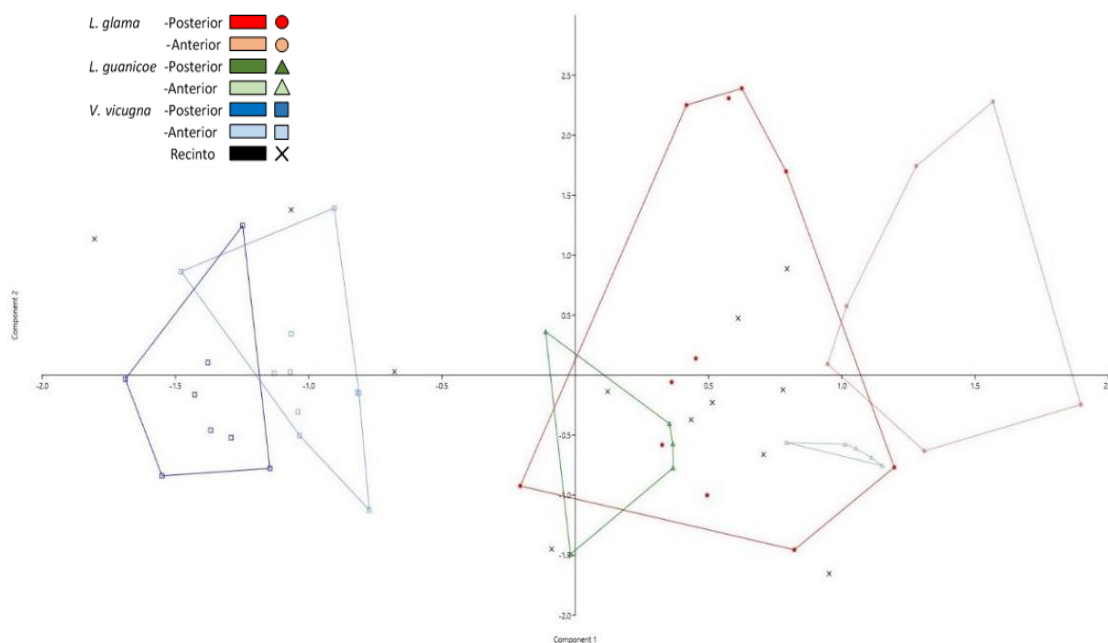
## RESULTADOS

Las dos primeras Componentes Principales (CP) del PCA explicaron el 95,88% de la varianza en R-1 y el 95,76% en M-1. La mayor parte de la información se concentró en la CP1 (R-1: CP1=91.707% y CP2=4.17%; M-1: CP1=91.074% y CP2=4.683%). Todas las variables se vincularon positivamente con la CP1 siendo V2 la variable con mayor correlación.

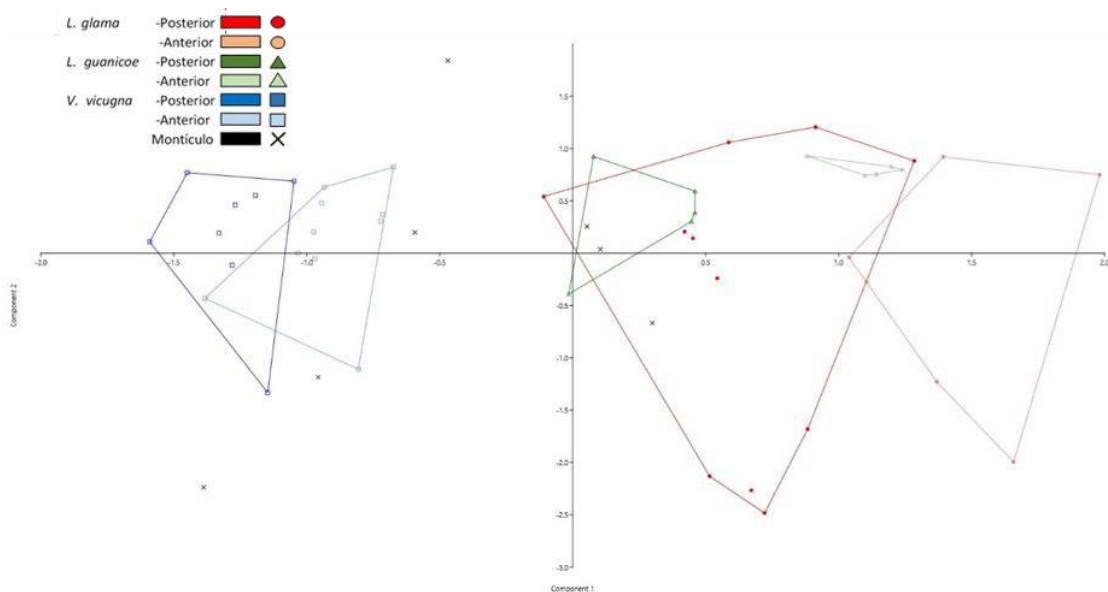
En la muestra de referencia *V. vicugna* se diferenció claramente de los camélidos grandes (Figuras 3 y 4) y dentro de cada especie las falanges posteriores mostraron un menor tamaño que las anteriores. Por otro lado, se evidenció una alta variabilidad en tamaño y forma en la especie *L. glama*, solapándose en gran medida sobre *L. guanicoe*.

Tres especímenes arqueológicos de R-1 se ubicaron cercanos a las vicuñas y el resto se asoció a los camélidos de gran porte (Figura 3). Un individuo se ubicó dentro de los polígonos de las falanges posteriores de guanaco y llama y otros dos por fuera de ambos polígonos. El resto de los especímenes (seis), se ubicaron dentro del polígono de las falanges posteriores de llamas.

En M-1 cuatro especímenes se ubicaron cercanos a las vicuñas y tres se ubicaron dentro del área cubierta por las falanges posteriores de guanacos y



**Figura 3.** Análisis de Componentes Principales de R-1. Los polígonos convexos representan el área mínima de dispersión de cada especie.



**Figura 4.** Análisis de Componentes Principales de M-1. Los polígonos convexos representan el área mínima de dispersión de cada especie

llamas (Figura 4). De estas últimas, dos se vincularon al polígono de los guanacos y uno se ubicó dentro del polígono de las llamas.

En el DA, la muestra de referencia arrojó porcentajes de aciertos igual a 80%, 84.44% y 73.33% en la clasificación por especie, unidad anatómica y ambos criterios a la vez, respectivamente.

En el consenso obtenido sobre R-1 el DA determinó a tres especímenes como falanges de vicuñas sin identificar el miembro; a otros tres como falanges posteriores de guanaco; uno como falange posterior de llama; otro como llama sin identificar el miembro; y a cuatro como falanges de *Lama* sp. que no alcanzaron el grado específico (Tabla 1).

**Tabla 1.** Clasificación consensuada de los especímenes arqueofaunístico según el Análisis Discriminante.

	Recinto-1	Montículo-1
<i>V. vicugna</i> anterior	-	1
<i>V. vicugna</i> posterior	-	2
<i>V. vicugna</i> no ident.	3	1
<i>L. guanicoe</i> anterior	-	-
<i>L. guanicoe</i> posterior	3	2
<i>L. guanicoe</i> no ident.	-	-
<i>L. glama</i> anterior	-	-
<i>L. glama</i> posterior	1	-
<i>L. glama</i> no ident.	1	-
<i>Lama</i> sp.	4	1

En el consenso obtenido sobre la muestra de M-1 cuatro especímenes se identificaron como vicuñas, siendo uno del miembro anterior, dos del posterior y uno sin identificar; dos especímenes se identificaron como falanges posteriores de guanaco; y otro como falange de *Lama* sp. (Tabla 1).

## DISCUSIÓN

Tal y como se esperaba, en la muestra de referencia de camélidos del NOA se obtuvo una clara distinción entre *V. vicugna* y los camélidos del género *Lama* (Cartajena et al., 2007). Sin embargo, en el PCA ningún espécimen arqueofaunístico se ubicó dentro de los polígonos de las vicuñas, siendo probable que los resultados estén reflejando diferencias entre las poblaciones actuales y del pasado. En este sentido, Le Neün *et al.* (2023) plantean la existencia de una “brecha” fenotípica entre las formas modernas y las arqueológicas que estaría generada por la pérdida de la diversidad de las poblaciones del pasado, sumado a la hibridación entre las formas actuales. De manera que utilizar a los camélidos actuales como referencia para las muestras arqueofaunísticas podría ser en vano. No obstante, los trabajos que refuerzan esta idea se basan en estudios del genoma mitocondrial (Díaz-Maroto *et al.*, 2021; Wheeler 2012) y respecto a esto vale considerar también que la variabilidad en el tamaño y la forma de los individuos (fenotipo) no siempre es un reflejo directo de los fenómenos detectados en la variabilidad genética (algo que también fue sugerido por Mondini & Muñoz, 2017).

En este sentido, hasta el momento se reconoce que la variabilidad osteomorfológica de los camélidos, tanto en el presente como en el pasado, podría verse afectada por: variables ambientales (L’Heureux & Hernandez, 2019), la hibridación (Wheeler, 2012; Varas *et al.*, 2020), deriva génica (Norambuena & Paredes, 2003), constricciones fisiológicas que afectan a los artiodáctilos en general (Cassini *et al.*,

2016), patologías (Izeta & Cortés, 2006) y variables de origen antrópico (reproducción selectiva, modos de producción, castración, etcétera) (Balcarcel *et al.*, 2021).

Por otro lado, *L. glama* mostró una alta variabilidad dificultando la identificación taxonómica entre los camélidos grandes. De manera que el DA asignó a cinco especímenes como individuos del género *Lama*. A su vez, el análisis se ve obstaculizado por el bajo número de individuos de *L. guanicoe*. En este sentido, una dificultad que atraviesa la técnica tiene que ver con la disminución de las poblaciones de guanacos en el NOA (Carmanchahi *et al.*, 2019), condición que restringe la colecta de nuevas carcasas de individuos de esta especie con los cuales robustecer la muestra de referencia.

Finalmente, cabe destacar que las muestras de los distintos contextos (R-1 y M-1) se comportaron de manera diferente frente a la misma muestra de referencia. Ambas contienen individuos de *V. vicugna* y algunas de las formas de *Lama* sp. Sin embargo, en R-1 se presentaron morfotipos asociados a las tres especies actuales estudiadas y en M-1 no se constató la presencia de falanges similares a las de las llamas actuales. Si bien en el PCA de M-1 un individuo se encuentra dentro del polígono de las llamas no es oportuno asegurar que el espécimen sea de esta especie considerando el peso de la CPI en la explicación de la información suministrada por la gráfica y lo obtenido en el DA.

## CONCLUSIONES

Aunque la problemática de la identificación de camélidos domésticos y silvestres induce al uso de técnicas de estudio más avanzadas (Hernández y L'Heureux, 2019; Le Neün *et al.*, 2023), tanto éstas como la osteometría en los contextos del NOA se encuentran obstaculizadas por la disminución poblacional de *L. guanicoe* en la región (Carmanchahi *et al.*, 2019).

Con lo cual, no se puede aún descartar el uso de la osteometría a escala regional en tanto no se obtenga una muestra de referencia numerosa, que permita estudiar los parámetros métricos a un nivel poblacional, dentro de cada especie.

Por último, si bien no es prudente asignar fehacientemente una identificación específica sobre cada resto óseo arqueológico, se evidenciaron diferencias de tamaño y forma en las falanges de los contextos arqueológicos con funcionalidades disímiles. En proporción, en el recinto habitacional se hallaron falanges de mayor tamaño que las encontradas en el montículo ritual, todas

pertenecientes a individuos de *Lama* sp. Los avances en estudios morfométricos podrían ayudar a comprender, por ejemplo, si esta diferencia se debe al uso selectivo de distintas especies en los diferentes contextos o no, entre otras preguntas.

## REFERENCIAS

Adaro, A. L. y Benavente, A. M. (1990). Identificación de patrones óseos de camélidos sudamericanos. *Avances en Medicina Veterinaria*, Vol. 5(2).

Albeck M. E., Basso, D.M., Tolaba J.L. y Zaburlín, M.A. (2018). Aportes a la Historia Ocupacional de Pueblo Viejo de Tucute, Puna de Jujuy. *Revista Estudios Sociales del NOA* No 21. Pp 85-112.

Albeck, M. E., & Zaburlín, M. A. (1996). Análisis Faunístico de la Vivienda R-1 de Pueblo Viejo de Tucute. En D. G. Elkin, C. M. Madero, G. L. Mengoni Goñalons, D. E. Olivera, M. Reigadas, & H. D. Yacobaccio, *Zooarqueología de Camélidos 2* (págs. 9-31). Buenos Aires: GZC (Grupo Zooarqueología de Camélidos).

Balcarcel, A. M., Sánchez-Villagra, M. R., Segura, V., & Evin, A. (2021). Singular patterns of skull shape and brain size change in the domestication of South American camelids. *Journal of Mammalogy*, 102(1):220-235

Carmanchahi, P. D., Panebianco, A., Leggieri, L., *et al.* (2019). *Lama guanicoe*. En: SAYDS-SAREM (eds.) Categorización 2019 de los mamíferos de Argentina según su riesgo de extinción. Lista Roja de los mamíferos de Argentina.

Cartajena, I., Núñez, L. & Grosjean, M. (2007). Camelid domestication on the western slope of the Puna de Atacama, northern Chile. *Anthropozoologica*, 42 (2): 155-173.

Cassini, G. H., Muñoz, N. A., & Merino, M. L. (2016). Evolutionary History of South American Artiodatyla. 6. 311-322.

Díaz-Maroto, P., Rey-Iglesia, A., Cartajena, I., Núñez, L., Westbury, M. V., Varas, V., Moraga, M., Campos, P. F., Orozco-terWengel, P., Marín, J. C., Hansen, A. J. (2021). Ancient DNA reveals the lost domestication history of South American camelids in Northern Chile and Across the Andes. *eLife*, 10: e63390. doi: 10.1101/2020.10.16.337428.

Elkin, D. 1996 Arqueozoología de Quebrada Seca 3: Indicadores de Subsistencia Temprana en la Puna Meridional Argentina. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Filosofía y Letras, Departamento de

- Ciencias Antropológicas, Universidad de Buenos Aires.
- Hernández, A., y L'Heureux, G. L. (2019). Lineamientos metodológicos para la aplicación de técnicas de morfometría geométrica en el estudio de los camélidos sudamericanos. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano - Series Especiales*, 7 (2): 126-134.
- Izeta, A. D., & Cortés, L. I. (2006). South American camelid palaeopathologies: examples from Loma Alta (Catamarca, Argentina). *International Journal of Osteoarchaeology*, 16(3), 269–275.
- Izeta, A. D., Otaola, C. y Gasco, A. (2009). Osteometría de falanges proximales de camélidos sudamericanos modernos. Variabilidad, estándares métricos y su importancia como conjunto comparativo para la interpretación de restos hallados en contextos arqueológicos. *Revista del Museo de Antropología*, 2(1): 169-180.
- Kent, J. D. (1982). The domestication and exploitation of the South American camelids: methods of analysis and their application to circum-lacustrine archaeological sites in Bolivia and Perú. Tesis Doctoral inédita. Washington University, St. Louis.
- L'Heureux, G. L., y Hernández, A. (2019). Variación morfológica latitudinal y altitudinal de *Lama glama*. Su aporte al estudio de las arqueofaunas. *Anales de Arqueología y Etnología* 74, N°2, 147-167. Mendoza.
- Le Neün, M., Dufour, E., Goepfert, N., Neaux, D., Wheeler, J. C., Yacobaccio, H., Mengoni Goñalons, G. L., Elkin, D., Gasco, A., & Cucchi, T. (2023). Can first phalanx multivariate morphometrics help document past taxonomic diversity in South American camelids?. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2023, 47, pp.103708.
- Mengoni Goñalons, G. L y D. C Elkin. 2021. Guanaco (*Lama guanicoe*) osteometric data from an individual from Northwest Argentina. Open Context. <http://opencontext.org/projects/01860ee9-6fb6-4e71-8958-113fb852c850>. <https://doi.org/10.6078/M7D21VQX>
- Mondini, M., L'Heureux, G. L., Belotti López de Medina, C. R. & Kansa, S. W. (2013) "Osteometric Database of South American Camelids". Released: 2013-10-16. Open Context. <https://opencontext.org/projects/0404c6dc-a467-421e-47b8-d68f7090fbcc>. DOI: [https://doi.org/10.6078/M74J0C7T\\_Mondini](https://doi.org/10.6078/M74J0C7T_Mondini), M. & Muñoz, A. S. 2017. Osteometrics of South-Central Andean Wild Camelids: New Standards. *Zooarchaeology in the Neotropics*, 11: 177-188.
- Moyano S.R., Sardina Aragón P.N., Álvarez A., Ercoli M.D., López Geronazzo L.N., & González Fossatif J.L. (2022). "Comparative anatomy of the skull of South American camelids. A contribution to their taxonomical identification". *Zoologischer Anzeiger* (299), 82-95.
- Norambuena, M. C. & Paredes, M. 2003. Variabilidad y estructura genética en dos poblaciones de *V. vicugna* (Camelidae) del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76: 99- 104.
- Pacheco Torres, V. R., Altamirano Enciso, A., & Guerra Porras, E. (1979). *Guía Osteológica de Camélidos Sudamericanos*. Lima: Serie Investigaciones 4, Departamento Académico de Ciencias Histórico-Sociales, Universidad Nacional de Mayor de San Marcos.
- Sierpe Gonzalez, V. (2015). *Atlas Osteológico del Guanaco (Lama guanicoe)*. Punta Arenas, Chile: Universidad de Magallanes.
- Varas, V., Vásquez, J. P., Rivera, R., Longo, A., Valdecantos, P. A., Wheeler, J. C., Johnson, W. E., & Marín, J. C. (2020). Interbreeding among South American camelids threatens species integrity. *Journal of Arid Environment*. Volumen 181, 2020, 104249. ISSN 0140-1963.
- Wheeler, J. C. (1995). Evolution and present situation of the South American Camelids. *Biological Journal of the Linnean Society*, 54: 271- 295.
- Wheeler, J. C. (2012). South American camelids – past, present and future. *Journal of Camelid Science*. 2012, 5: 1-24.
- Yacobaccio, H. D. (2010). Osteometría de llamas (*Lama glama* L.) y sus consecuencias arqueológicas. En M. Gutiérrez, M. De Nigris, P. Fernández, M. Giardina, A. Gil, A. Izeta, y otros, *Zooarqueología a principios del siglo XXI. Aportes teóricos, metodológicos y casos de estudio* (págs. 65-75). Buenos Aires: Ediciones Del Espinillo.
- Zaburlín, M. A, Basso, D. M., Tejerina, M. A. y Lizárraga, N. N. (2024). Montículo Ritual de Pueblo Viejo de Tucute (Puna de Jujuy, Argentina). Análisis de la Secuencia Estratigráfica. *Andes, Antropología e Historia*. Salta, Argentina. EN PRENSA (ISSN electrónico: 1668-8090).

# USO DE UN BIOINDICADOR ANALIZADO MEDIANTE UNA TÉCNICA NUCLEAR PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA DE UN SISTEMA AFECTADO POR ACTIVIDAD MINERA: EXPERIENCIA DE PASANTÍA EN EL CENTRO ATÓMICO BARILOCHE

Zamar, María A.<sup>1</sup>; De Paul, Marcela A.<sup>1</sup>; Juncos, Romina<sup>2</sup>; Ribeiro Guevara, Sergio<sup>2</sup>; Gleiser, Raquel M.<sup>3</sup>

- (1) Centro de Estudios Interdisciplinarios de Calidad de Agua de Ambientes de Altura, Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu. AlberdÍ 47. San Salvador de Jujuy. 4600. Jujuy.
- (2) Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica (LAAN), Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica, Av. Bustillo 9500. 8400. Bariloche.
- (3) Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 299 & CREAN-IMBIV (UNC-CONICET). Avda. Valparaíso s/n. Córdoba Capital. 5000. Córdoba.  
Email: m.agustinazamar@gmail.com

## Resumen

Los humedales altoandinos son *hotspots* ecológicos en zonas ambientalmente extremas, sin embargo, su baja resiliencia los hace peligrosamente susceptibles a intervenciones antrópicas, como la minería. Con el objetivo de favorecer su conservación y uso sostenible, surge la necesidad de innovar en las técnicas de análisis de calidad de agua. Este trabajo busca dar a conocer una experiencia de pasantía en el Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica del Centro Atómico Bariloche, donde se buscó complementar los análisis fisicoquímicos y biológicos con el estudio de un bioindicador analizado con una técnica nuclear para evaluar el impacto de la actividad minera en la Cuenca de Pozuelos. Se estudiaron concentraciones de metales pesados en muestras de macroinvertebrados bentónicos complementadas con el análisis de sedimentos. El objetivo es detectar el efecto del pasivo ambiental minero Mina Pan de Azúcar en los cursos superficiales que drenan en la Laguna de los Pozuelos (Monumento Natural Nacional, Sitio Ramsar, Reserva de Biósfera UNESCO, entre otras distinciones). La pasantía es parte de una tesis doctoral más abarcativa que investiga dichos efectos a través del estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos. El Análisis por Activación Neutrónica Instrumental es una herramienta valiosa para que el estudio sea completo y preciso, y además dejó en evidencia la relevancia del trabajo científico interdisciplinario.

**Palabras clave:** análisis por activación neutrónica, calidad de agua, metales pesados, macroinvertebrados bentónicos, humedales altoandinos.

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para todo tipo de vida. Su calidad determina la riqueza y diversidad de los ecosistemas y, por consiguiente, las contribuciones que estos pueden brindar a las personas, de lo cual depende el desarrollo de las sociedades. La provisión de agua de calidad está respaldada por múltiples convenios internacionales y leyes nacionales y provinciales. Por ejemplo, la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) busca, en su sexto objetivo, garantizar el acceso y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Aunque la mayoría de los países

miembros ratificaron este convenio, recientemente el gobierno argentino ha manifestado una postura crítica y de rechazo. Por otra parte, Argentina forma parte de la Convención Ramsar, que protege humedales como reguladores de agua y hábitat de biodiversidad. En el ámbito nacional, destacan la Ley General del Ambiente (Ley N° 25675) y el Régimen de Gestión Ambiental de Aguas (Ley N° 25688), que regula específicamente el uso y conservación de los recursos hídricos. La provincia de Jujuy establece el régimen de aguas en el Art. 95 de su Constitución, mientras que en el Código de Aguas (Ley 161/50) regula los derechos de uso, las sanciones por infracciones,

y establece medidas para evitar la contaminación y la sobreexplotación.

La necesidad de contar con ecosistemas acuáticos saludables impulsó una evolución en las técnicas de análisis de calidad de agua. Inicialmente, se realizaban únicamente análisis fisicoquímicos de parámetros tales como temperatura, turbidez, pH, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto y fosfatos. Si bien estas mediciones son necesarias y sumamente precisas, se demostró que sólo brindan resultados instantáneos del momento del muestreo, sin captar el dinamismo del sistema y sin detectar contaminaciones en pulsos que se den fuera de ese instante (Domínguez y Giorgi, 2020). Para sortear este obstáculo, las mediciones fisicoquímicas se empezaron a combinar con mediciones biológicas que constituían un registro acumulativo temporal. La ventaja de esta incorporación es una ampliación de los rangos temporales de contaminación que se pueden evaluar, ya que los organismos permanecen en el agua y tienden a adaptar sus comunidades tanto estructural como funcionalmente para responder a la contaminación o al estrés. De esta forma, es posible evidenciar los efectos de contaminantes, aunque no se registren en las muestras de agua colectadas (Domínguez y Giorgi, 2020). Los macroinvertebrados bentónicos se destacan como los indicadores más utilizados para evaluar la calidad del agua (De Paul et al., 2021; De Paul et al., 2024), y a través de años de trabajo en este rumbo y con estos organismos, se han desarrollado múltiples índices para diferentes ambientes. Recientemente, existe una tendencia a incorporar atributos de diversidad funcional, dividiendo grupos funcionales de alimentación y de hábitat. En esta evolución de los análisis de calidad de agua surge un parámetro importante: la eventual bioacumulación de elementos contaminantes. Los organismos pueden incorporar algunos metales a una tasa mayor a su eliminación, provocando su bioacumulación aunque se encuentren a concentraciones bajas en el agua (Santoro et al., 2009; Schwantes et al., 2021). Como la bioacumulación posibilita la transferencia de metales hacia otros niveles tróficos (Manfrin et al., 2019), es importante detectarla en los organismos bentónicos que reciben la mayor proporción del material particulado que ingresa al sistema (Reis et al., 2022). Entonces, se deben comparar las concentraciones de metales en los organismos con las de los sedimentos y las del agua. Si los organismos tienen mayores concentraciones que el ambiente, entonces existe bioacumulación.

El Análisis por Activación Neutrónica Instrumental (AANI) es una técnica nuclear que se desarrolla en el Laboratorio de Análisis por

Activación Neutrónica (LAAN) del Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica (CAB-CNEA). Busca identificar la concentración de los elementos que componen la muestra. Partiendo de una muestra con elementos desconocidos, se la expone a un flujo de neutrones dentro del reactor nuclear. La exposición a neutrones de los núcleos de isótopos estables de la muestra resulta en la producción de isótopos radioactivos que, al decaer, liberan energía en forma de energía electromagnética, como los rayos gamma, y partículas nucleares. Los rayos gamma emitidos son característicos de cada elemento y permiten su identificación por la técnica de AANI. Esta técnica cuenta con ventajas que lo hacen apto para estudios ambientales, entre ellas, es multielemental, permite analizar masas muy pequeñas con alta sensibilidad, y es una técnica no destructiva. Entre las aplicaciones del AANI en el LAAN se destaca la medición de concentraciones de metales pesados en sedimentos (tanto en testigos sedimentarios que posibilitan una evaluación histórica de los aportes de una cuenca, como en sedimentos suspendidos), en plancton, en macroinvertebrados bentónicos y en peces, incluyendo estudios de trofodinamia (Rizzo et al., 2010).

La calidad del agua de la región altoandina es una temática de suma relevancia en el contexto actual de cambio climático, demanda mundial de minerales, explotación de recursos naturales y efectos de históricas políticas ambientales deficientes (Bradley et al., 2006; Watari et al., 2020). Los humedales altoandinos son *hotspots* ecológicos que dan hábitat a especies raras y amenazadas en un contexto hostil de aridez, temperatura y altura sobre el nivel del mar. Al mismo tiempo, son ecosistemas delicados y de baja resiliencia, que dependen en gran medida de la calidad, cantidad y funcionalidad de sus aguas (González Achem & Seeligmann, 2014; Valdivielso et al., 2024). La zona es testigo de una larga cronología minera que, como consecuencia de históricos vacíos legales, provoca daños ambientales hasta la fecha, como la generación de Drenaje Ácido Minero (DAM) (Zamar et al., 2023). El DAM ocurre cuando el agua natural atraviesa áreas mineras, generando aguas con muy bajo pH y altas concentraciones de metales pesados y sulfatos, que resultan altamente corrosivas y químicamente inestables (Plaza-Cazón et al., 2021; Jiao et al., 2023), causando serios impactos ambientales y socioeconómicos al contaminar cuerpos de agua, suelos y dañar organismos, incluyendo la salud humana (Dold, 2014; Murray et al., 2021). A pesar de esto, para la región altoandina se

registran escasas investigaciones de bioacumulación en macroinvertebrados (Smolders et al., 2003; Van Damme et al., 2008).

El objetivo del siguiente trabajo es dar a conocer una experiencia de pasantía en el LAAN-CAB-CNEA que buscó aplicar el AANI en muestras de macroinvertebrados bentónicos y sedimentos de la zona de influencia del pasivo ambiental minero Pan de Azúcar (Rinconada, Jujuy, Argentina), con el fin de detectar presencia de metales y otros elementos potencialmente tóxicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La Mina Pan de Azúcar, en la región puneña, departamento de Rinconada, Jujuy (22°37' S; 66°03' W), a 3700 m.s.n.m., fue explotada desde la época jesuítica para obtener plomo, plata y zinc, hasta 1986 (Plaza-Cazón et al., 2013), cuando se abandonó y se constituyó en un pasivo ambiental minero, generando DAM que fluye hacia los ríos circundantes. La problemática se agrava cuando se siguen sus trayectorias: el río Peñas Blancas se une al río Cincel, uno de los principales tributarios de la Laguna de los Pozuelos, que por su importancia como humedal altoandino, cuenta con designaciones como Monumento Natural Nacional, Reserva de la Biósfera por la UNESCO (en toda su cuenca) y Sitio Ramsar, entre otras. Plaza-Cazón et al. (2013, 2021) advierten que, aunque el DAM de la Mina Pan de Azúcar alcance el río Cincel en concentraciones muy bajas, pequeños cambios en su composición pueden desencadenar efectos dramáticos en la Laguna.

La técnica del AANI requiere un tratamiento cuidadoso de las muestras y todo el material a utilizar ya que, al estudiar concentraciones a nivel de traza, situaciones de contaminación de las muestras o errores de manipulación pueden derivar en resultados erróneos. Se utilizaron, durante todo el procedimiento, recipientes descontaminados con lavados simples y con ácido nítrico, siguiendo protocolos específicos, así como instrumental de plástico para evitar eventuales contaminaciones con metales. A la hora de tomar muestras, se procuró su representatividad, puesto que la técnica estudia masas pequeñas, en el rango de 1 a 200 mg. Para evaluar la concentración de metales en macroinvertebrados usados como bioindicadores, se seleccionó la especie *Ectemnostega (Ectemnostegella) montana* (Hemiptera: Corixidae) como potencial bioacumuladora, en base a su ubicuidad y su alta tolerancia. Las muestras de macroinvertebrados se colectaron en frascos con agua del lugar, y las de sedimentos se almacenaron en bolsas

herméticas; ambas se trasladaron en frío hasta el laboratorio. Los macroinvertebrados se separaron en microscopio estereoscópico y se lavaron individualmente con agua Milli-Q. Luego, tanto macroinvertebrados como sedimentos se secaron al aire en un ambiente libre de contaminación y con temperatura controlada. Una vez secos, los hemípteros se almacenaron en frascos de vidrio y los sedimentos en bolsas herméticas. Ambos se mantuvieron congelados hasta su transporte al LAAN.

En el LAAN, la pasantía se centró en el proceso de acondicionamiento de las muestras para su análisis por AANI, y en la formación teórica sobre la técnica nuclear y sus aplicaciones. El primer paso fue liofilizar todas las muestras, para garantizar la ausencia de humedad. Los macroinvertebrados se mantuvieron en sus recipientes de vidrio originales, reemplazando la tapa por papel film con orificios para que pueda liberarse la humedad, y se liofilizaron durante el lapso de 5 días. Luego de liofilizados, en una campana de flujo laminar, cada muestra de macroinvertebrados se dispuso en ampollas de cuarzo previamente pesadas con la ayuda de una pinza de titanio. En las ampollas -o en otro recipiente si el número de individuos era elevado- se pulverizaron los individuos hasta obtener una mezcla uniforme. Luego, se volvió a pesar la ampolla con la muestra para obtener el peso de esta última. Las ampollas se sellaron en su punta para que no hubiese pérdidas de elementos por volatilización durante la irradiación. Por su parte, los sedimentos se dispusieron en hojas blancas y se separaron en cuatro, seleccionando dos cuartos opuestos para almacenarlos en frascos limpios previamente pesados. Al igual que en el caso anterior, se cubrieron con papel film perforado. La liofilización de los sedimentos se realizó en otro equipo por el lapso de 4 horas. Concluido este tiempo, las muestras se pesaron nuevamente para comprobar la pérdida de humedad. Luego, los sedimentos se tamizaron a través de una malla de 63  $\mu\text{m}$  y se reservaron las porciones obtenidas en recipientes de poliestireno termosellados para su irradiación.

Luego de la pasantía, el personal del LAAN se encargó de ingresar las muestras al reactor nuclear. Las muestras de macroinvertebrados se irradiaron durante 22 horas. Este tiempo y las posiciones de las muestras dentro del reactor se determinan a partir de la evaluación de la producción de los diferentes isótopos inestables. El conocimiento de los especialistas posibilita la medición de distintos elementos según sus tiempos de decaimiento. Una vez concluido el

tiempo de irradiación, las muestras se extraen del reactor y, luego de un tiempo de decaimiento de tres días, comienza la medición de una serie de espectros a un detector de germanio ultra puro, que detecta las radiaciones gamma emitidas por los distintos elementos al decaer y las expresa en picos de una energía identificable según el elemento. Para evaluar el flujo neutrónico a que fueron sometidas las muestras, se utilizan monitores de Au diluido en Al al 0.1 %, y Zn. Este dato, junto a los parámetros nucleares de cada elemento y la eficiencia del sistema de medición, permite determinar la concentración de cada elemento detectado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La principal reflexión que resulta de la experiencia de pasantía es la importancia del trabajo interdisciplinario entre distintos laboratorios especializados. La comunicación entre ingenieros nucleares, geólogos y biólogos posibilitó la aplicación de una técnica nuclear en la determinación de la calidad del agua, buscando investigar una problemática local de humedales altoandinos con implicancias ambientales y socioeconómicas.

Si bien las muestras de macroinvertebrados y de sedimentos se encuentran en procesamiento en el LAAN, los resultados son prometedores, ya que permitirían definir si el pasivo minero Pan de Azúcar produce un drenaje que moviliza metales en la zona, y aún más, si organismos base de la cadena trófica están acumulando estos metales.

En estudios anteriores se determinó la concentración de metales en agua y el pH. Ninguno de estos parámetros evidenció una influencia directa del pasivo. Las concentraciones de metales no tuvieron un patrón específico, porque si bien fueron mayores en los drenajes de los diques de colas, cuando estos alcanzan el río no se mantienen elevadas; por su parte, el pH fue alcalino en todos los ríos, lo que indicaría ausencia de acidez. El AANI permitirá comprender la real influencia de la mina, ya que todos los humedales de la puna se caracterizan por su alcalinidad (Villamarín et al., 2014; Rodríguez Garay & Paggi, 2015) pero esto no evidencia ausencia de DAM. El DAM puede alcanzar los ríos transportando metales pesados y otros elementos potencialmente tóxicos, pero por la alcalinidad de los cuerpos de agua, estos elementos pueden precipitarse rápidamente y acumularse en los sedimentos o incluso en los tejidos de organismos que viven en estrecha asociación a los sedimentos, incorporándose en la cadena trófica. En este punto, un antecedente importante es el estudio de Plaza-Cazón y

colaboradores (2013), que detectaron presencia de metales en muestras de suelos y plantas a distintas distancias de la mina.

Los elementos que se detectan a través del AANI son “elementos traza potencialmente tóxicos”, e incluyen esenciales (Se, Cr, Zn) y no esenciales (As, Hg, Ag), muchos de ellos comúnmente denominados “metales pesados”. La peligrosidad de estos elementos está dada por su persistencia, su potencial toxicidad, su posibilidad de acumularse en tejidos, y la eventual transferencia en la cadena trófica. Cabe mencionar que la detección de un elemento, en muchos casos, no puede asociarse directamente con su toxicidad, ya que la técnica mide la concentración total pero no identifica las especies químicas en las que se encuentran.

## CONCLUSIONES

Las cuencas altoandinas, debido a su relevancia para la biodiversidad y las comunidades locales, así como por su baja resiliencia y su ubicación en zonas estratégicas para la explotación minera, demandan especial compromiso en su gestión y en su estudio científico. Establecer conexiones entre estos ecosistemas y técnicas analíticas específicas es un paso significativo en vista a su conservación y desarrollo sostenible. El AANI aplicado a un bioindicador de contaminación complementará los análisis fisicoquímicos y biológicos para comprender la verdadera influencia del pasivo minero.

## REFERENCIAS

- Bradley, R. S., Vuille, M., Diaz, H. F., & Vergara, W. (2006). Threats to water supplies in the tropical Andes. *Science*, 312(5781), 1755-1756.
- De Paul, M. A., Gleiser, R. M., & Villafañe, J. P. (2024). Macroinvertebrate assemblage variations among aquatic habitat types across the arid Central Andes (Northwest Argentina). *J. Arid Environ.*, 225, 105266.
- De Paul, M., Villafañe, J., Jurado Flores Varela, L., & Castellón, M. (2021). Estructura de la comunidad y ensamble de macroinvertebrados en un arroyo de yungas contaminado por la actividad petrolera. *Rev. Cienc. FCA-UNJu*, 14(2), 28-44.
- Dold, B. (2014). Evolution of Acid Mine Drainage Formation in Sulphidic Mine Tailings. *Minerals*, 4, 621-641.
- Domínguez, E., & Giorgi, A. (2020). Los indicadores biológicos como herramientas de

- gestión de la calidad del agua. En E. Domínguez, A. Giorgi, & N. Gómez (Eds.), *La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina: bases para el análisis de la integridad ecológica* (1a ed.). CABA: Eudeba.
- González Achem, A. L., Seeligmann, C., & Alderete, M. (2014). Variaciones espacio-temporales de la flora diatomológica en Laguna de Los Pozuelos (Jujuy, Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.*, 49(2), 177-193.
- Jiao, Y., Zhang, C., Su, P., Tang, Y., Huang, Z., & Ma, T. (2023). A review of acid mine drainage: Formation mechanism, treatment technology, typical engineering cases and resource utilization. *Process Saf. Environ. Prot.*, 170, 1240-1260.
- Manfrin, J., Schwantes, D., Celso Gonçalves Jr, A., da Paz Schiller, A., Zimmermann, J., & de Oliveira, V. (2019). Evaluation of benthic macroinvertebrates as indicators of metal pollution in Brazilian rivers. *Int. J. River Basin Manag.*, 19(2).
- Murray, J., Nordstrom, D., Dold, B., & Kirschbaum, A. (2021). Seasonal fluctuations and geochemical modeling of acid mine drainage in the semi-arid Puna region: The Pan de Azúcar Pb-Ag-Zn mine, Argentina. *J. South Am. Earth Sci.*, 109.
- Plaza-Cazón, J., Benítez, L., Murray, J., Kirschbaum, A., Kirschbaum, P., & Donati, E. (2013). Environmental impact on soil, water, and plants from the abandoned Pan de Azúcar Mine. *Adv. Mater. Res.*, 825, 88-91.
- Plaza-Cazón, J., Benítez, L., Murray, J., Kirschbaum, P., & Donati, E. (2021). Influence of extremophiles on the generation of acid mine drainage at the abandoned Pan de Azúcar Mine (Argentina). *Microorganisms*, 9, 281.
- Reis, G., Olayeri, A., Saba, A., Falebita, T., Alonge, F., Abdulkareem, T., Giwa, T., Mudashiru, A., & Jibrin-yekini, U. (2022). Heavy metals and their effects on macroinvertebrates present in the Ojo River, Lagos, Nigeria. *Asian J. Environ. Ecol.*, 22-29.
- Rizzo, A., Daga, R., Arcagni, M., Pérez Catán, S., Bubach, D., Sánchez, R., Ribeiro Guevara, S., & Arribére, M. (2010). Concentraciones de metales pesados en distintos compartimentos de lagos andinos de Patagonia Norte. *Ecol. Austral*, 20, 155-171.
- Rodríguez Garay, G. & Paggi, A. (2015). Chironomidae (Diptera) en cursos de agua de Puna y Chaco Serrano de Catamarca (Argentina): primeros registros y distribución de géneros y especies. *Rev. Soc. Entomol. Argent.*, 74(1-2), 89-99.
- Santoro, A., Blo, G., Mastrolitti, S., & Fagioli, F. (2009). Bioaccumulation of heavy metals by aquatic macroinvertebrates along the Basento River in the south of Italy. *Water Air Soil Pollut.*, 201(1-4), 19-31.
- Schwantes, D., Gonçalves Junior, A., Manfrin, J., Campagnolo, M., Zimmermann, J., Conradi Junior, E., & Bertoldo, D. (2021). Distribution of heavy metals in sediments and their bioaccumulation on benthic macroinvertebrates in a tropical Brazilian watershed. *Ecol. Eng.*, 163, 106194.
- Smolders, A. J. P., Lock, R. A. C., Van der Velde, G., Medina Hoyos, R. I., & Roelofs, J. G. M. (2003). Effects of mining activities on heavy metal concentrations in water, sediment, and macroinvertebrates in different reaches of the Pilcomayo River, South America. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 44, 314-323.
- Valdivielso, S., Murray, J., Custodio, E., Hassanzadeh, A., Martínez, D. E., & Vázquez-Suñé, E. (2024). Seasonal and isotopic precipitation patterns in the semi-arid and high mountain areas. *Sci. Total Environ.*, 925, 171750.
- Van Damme, P. A., Hamel, C., Ayala, A., & Bervoets, L. (2008). Macroinvertebrate community response to acid mine drainage in rivers of the High Andes (Bolivia). *Environ. Pollut.*, 156(3), 1061-1068.
- Villamarín, C., Prat, N., & Rieradevall, M. (2014). Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 42(5), 1072-1086.
- Watari, T., Nansai, K., & Nakajima, K. (2020). Review of critical metal dynamics to 2050 for 48 elements. *Resour. Conserv. Recycl.*, 155, 104669.
- Zamar, M. A., De Paul, M., & Gleiser, R. (2023). Pasivos ambientales mineros en cuencas de la Puna Argentina: Cómo estudiar los efectos actuales de la histórica ausencia de regulación (Mina Pan de Azúcar, río Cincel, Laguna de los Pozuelos). En C. J. O. Palacios et al. (Eds.), *Confluencias: Primer encuentro de posgrado UNJu*. Universidad Nacional de Jujuy.

# TRANSFORMANDO LA EDUCACIÓN EN GENÉTICA: CREACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE BOTS E INTERFACES CON IA EN LA FCA-UNJU

GONZÁLEZ POMA, Emanuel C. <sup>1,2</sup>; BORSETTI, Hugo M. <sup>1,2</sup>

(1) Cátedra de Genética, Facultad de Ciencias Agrarias-UNJu. Alberdi 47. S. S. de Jujuy.

(2) Instituto de Estudios Celulares, Genéticos y Moleculares (ICeGeM-UNJu). Av. Bolivia 1269. S. S. de Jujuy.

E-mail: emanuelgonzalez@fca.unju.edu.ar , emanuelgonzalezpoma@icegem.unju.edu.ar

## Resumen

En la actualidad, la educación universitaria demanda la incorporación de tecnologías educativas que respondan a las necesidades de un contexto en constante cambio. Este estudio analiza el impacto de estas tecnologías en la FCA-UNJu, centrándose en la adaptación curricular y la accesibilidad al conocimiento. A partir de los avances tecnológicos aplicados a la Genética, el trabajo examina cómo la integración de herramientas digitales y metodologías interactivas fortalece la formación académica y promueve la inclusión. La investigación se sustenta en la implementación de tecnologías educativas que incrementan la participación estudiantil y mejoran el aprendizaje, además de encuestar a estudiantes de la UNJu sobre el uso de estas herramientas. Para ello, se desarrolló un asistente virtual personalizado, disponible en <https://hf.co/chat/assistant/6723957caf4a6449cb092d8b> (Nombre: Genética, FCA-UNJu) con el modelo Meta-Llama-3.1-70B-Instruct, configurado con una temperatura de 0.3, penalización de repetición 1.0, Top P 1 y Top K 50, y desarrollado con un prompt de Open AI. Además, se diseñó un Bot complementario en <https://poe.com/Genetica-FCA-UNJu> (Nombre: Genetica-FCA-UNJu) basado en Claude-3-Haiku, utilizando como fuente material especializado en Genética de la Cátedra y con una temperatura de 0.3. Los resultados evidencian la necesidad de adaptar los programas de aprendizaje a las demandas de plataformas digitales y de capacitar tanto a docentes como a estudiantes en competencias tecnológicas. Las experiencias incluyen la creación de un entorno digital adaptativo, la inversión en recursos tecnológicos y el impulso de una cultura de innovación en los planes de estudio. Este trabajo aporta al ODS 4, Educación de Calidad, y al ODS 10, Reducción de las Desigualdades, mediante estrategias que promueven una educación inclusiva, accesible y de alta calidad, optimizando su eficacia y eficiencia.

**Palabras clave:** genética, tecnologías educativas, FCA-UNJu.

## INTRODUCCIÓN

La evolución tecnológica ha transformado múltiples aspectos de la vida cotidiana y, en particular, la educación superior (Cabero-Almenara, 2020). La irrupción de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha redefinido los paradigmas educativos, demandando una constante adaptación de las instituciones académicas a un entorno cada vez más digitalizado. En este contexto, la adopción de tecnologías educativas se erige como un imperativo para responder a las nuevas demandas

de los estudiantes, caracterizados por ser nativos digitales y demandar experiencias de aprendizaje más dinámicas, interactivas y personalizadas.

La Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy (FCA-UNJu), al igual que otras instituciones de educación superior, se encuentra inmersa en este proceso de transformación digital. Sin embargo, la enseñanza de disciplinas como la Genética, habitualmente vinculada a metodologías más tradicionales, enfrenta desafíos particulares en términos de adaptación curricular y accesibilidad. La complejidad de los conceptos

genéticos, sumada a la necesidad de visualizar procesos moleculares y biológicos en general, exige la implementación de herramientas tecnológicas que faciliten la comprensión y el aprendizaje significativo.

Ante esta necesidad, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el impacto de tecnologías educativas específicas, aplicadas a la asignatura de Genética, sobre el proceso de aprendizaje, la participación estudiantil y la inclusión. Se busca determinar si la integración de herramientas digitales como simuladores, plataformas virtuales de aprendizaje, realidad aumentada y herramientas de inteligencia artificial puede mejorar la comprensión de los conceptos genéticos, fomentar la participación activa de los estudiantes y facilitar el acceso a la información de calidad.

Específicamente, este trabajo se propone:

Evaluar el impacto de las herramientas digitales en la mejora del aprendizaje de la Genética: Se analizará el efecto de estas herramientas en el rendimiento académico de los estudiantes, medido a través de pruebas y evaluaciones. Asimismo, se explorará cómo estas tecnologías influyen en la motivación, el interés y la persistencia de los estudiantes en el estudio de la Genética.

Analizar la percepción de los estudiantes sobre la efectividad de estas herramientas en la FCA-UNJu: A través de encuestas y grupos focales, se indagará en la opinión de los estudiantes sobre la utilidad, facilidad de uso y relevancia de las herramientas digitales implementadas. Se buscará identificar sus fortalezas y debilidades, así como las expectativas y sugerencias para futuras implementaciones.

Determinar cómo la implementación de tecnologías educativas contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, específicamente el ODS 4 (Educación de Calidad) y ODS 10 (Reducción de las Desigualdades): Se analizará en qué medida la integración de estas herramientas promueve una educación de calidad, inclusiva y equitativa, ampliando el acceso al conocimiento y reduciendo las desigualdades educativas.

La relevancia de este estudio radica en la necesidad de contar con evidencia empírica sobre el impacto de las tecnologías educativas en la enseñanza de la Genética. Los resultados obtenidos permitirán identificar las mejores prácticas y diseñar estrategias pedagógicas más

efectivas, contribuyendo a mejorar la calidad de la educación superior y a formar profesionales más competentes y preparados para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y Desarrollo de Herramientas Digitales:

Asistente Virtual Personalizado

Para el desarrollo del asistente virtual se seleccionó el modelo de lenguaje Meta-Llama-3.1-70B-Instruct debido a su capacidad para generar texto coherente y contextualizado, así como su adaptabilidad a tareas de diálogo. La configuración de los hiperparámetros (temperatura, penalización de repetición, Top P y Top K) fue realizada mediante un proceso de ajuste fino, buscando obtener respuestas precisas y concisas, evitando respuestas repetitivas o fuera de tema. El prompt de ingeniería de prompts utilizado fue diseñado cuidadosamente para guiar al modelo hacia la generación de respuestas informativas y pedagógicamente adecuadas, basadas en los contenidos de la asignatura de Genética.

Bot Educativo Complementario

El bot educativo se desarrolló utilizando el modelo Claude-3-Haiku, conocido por su capacidad para mantener conversaciones coherentes y naturales. La elección de este modelo se basó en su capacidad para procesar y comprender lenguaje natural, lo que permite al bot responder a preguntas complejas y proporcionar explicaciones detalladas. La base de conocimiento del bot fue alimentada con una amplia variedad (30 archivos digitales, que es el límite que establece la plataforma) de contenidos especializados en Genética, incluyendo libros de texto (referencias como W. Klug, A. Griffiths, W. Stanfield y otros), artículos científicos y materiales didácticos elaborados por la cátedra (libros de compilación, Guías de Estudios, Guías de Trabajos Prácticos y otros).

Recolección de Datos

Instrumento explorativo

Para evaluar la percepción de los estudiantes sobre las herramientas digitales, se encuestaron a los estudiantes usuarios de las plataformas. Las preguntas fueron cerradas y abiertas. Las preguntas cerradas permitieron cuantificar aspectos como la frecuencia de uso, la satisfacción y la utilidad percibida de las herramientas. Las preguntas abiertas, por su parte, permitieron a los estudiantes expresar sus opiniones y sugerencias de manera más libre y

detallada. La misma se encuentra disponible en: <https://docs.google.com/document/d/1TRbfjT55vp6urPkurm8YonHMLAPpo-t/edit?usp=sharing&oid=105679600426559743164&rtpof=true&sd=true>

### Muestra

Se ofertó responder la encuesta a estudiantes de la FCA-UNJu, de manera presencial. Se instó a los estudiantes que conformaron el curso regular de la asignatura 2024 (85 estudiantes de las carreras Licenciatura en Ciencias Biológicas e Ingeniería Agronómica –sedes San Salvador de Jujuy y San Pedro de Jujuy-) a responder las encuestas. De esta muestra, se obtuvo una tasa de respuesta relativamente baja, pero, no obstante, se considera un porcentaje aceptable para garantizar la representatividad de los resultados.

### Procedimiento de Recolección

La recolección de datos se realizó mediante intercambio con estudiantes a través de distintas instancias presenciales. Se les proporcionaron opciones cerradas y abiertas de respuesta para completar las consultas de forma anónima. Para incentivar la participación, se les informó sobre los objetivos de la investigación y se les aseguró que sus respuestas serían tratadas de manera confidencial.

### Análisis de Datos

#### Datos Cuantitativos

Los datos cuantitativos obtenidos a través del cuestionario fueron analizados utilizando el software estadístico InfoStat. Se realizaron análisis descriptivos para calcular frecuencias, porcentajes y medidas de tendencia central (media, mediana, moda). Además, se realizaron pruebas estadísticas (ANAVA-Test Tukey, Test Fischer) para comparar grupos y evaluar la significancia de las diferencias encontradas.

#### Datos Cualitativos

Las respuestas abiertas de los cuestionarios fueron consideradas con objeto de evaluar e identificar los temas emergentes y se construyeron categorías temáticas para organizar y analizar los datos. A través de este análisis, se buscó comprender en profundidad las percepciones y experiencias de los estudiantes en relación con las herramientas digitales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Diseño y Desarrollo de Herramientas Digitales

Se desarrollaron dos herramientas digitales orientadas a la enseñanza de la Genética:

### Asistente Virtual Personalizado

Este asistente, accesible en <https://hf.co/chat/assistant/6723957caf4a6449cb092d8b> (nombre: Genética, FCA-UNJu), fue diseñado utilizando el modelo Meta-Llama-3.1-70B-Instruct. Este modelo fue configurado con parámetros específicos: temperatura de 0.3, penalización de repetición de 1.0, Top P de 1 y Top K de 50, optimizados para generar respuestas precisas y contextualizadas en el área de Genética. El asistente fue programado mediante un prompt especializado en Open AI, con contenido diseñado para responder a las inquietudes frecuentes de los estudiantes.



Imagen 1. Asistente diseñado para facilitar el aprendizaje de la Genética en el contexto de las carreras de Licenciatura en Ciencias Biológicas e Ingeniería Agronómica de la FCA-UNJu.

### Bot Educativo Complementario

Para complementar el asistente virtual, se desarrolló un bot educativo disponible en <https://poe.com/Genetica-FCA-UNJu>, llamado Genetica-FCA-UNJu. Este bot se basa en el modelo Claude-3-Haiku, configurado con una temperatura de 0.3 y alimentado con contenidos especializados en Genética proporcionados por la cátedra. Su objetivo es reforzar conceptos y fomentar el autoaprendizaje mediante respuestas rápidas y accesibles en un entorno digital.

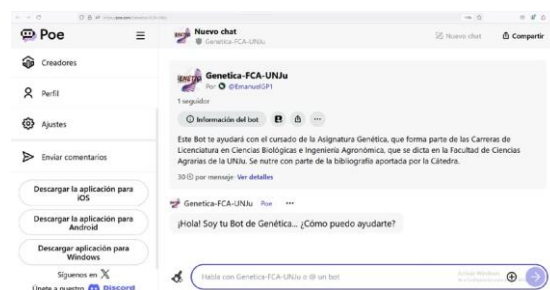


Imagen 2. Bot diseñado para facilitar el aprendizaje de la Genética en el contexto de las carreras de Licenciatura en Ciencias Biológicas e Ingeniería Agronómica de la FCA-UNJu.

### Datos de encuestas

Los resultados de la encuesta reflejan una aceptación generalizada de las herramientas digitales entre los estudiantes. La mayoría de los encuestados indicó que el asistente virtual mejoró significativamente su comprensión de los conceptos de Genética. Los estudiantes destacaron la capacidad del asistente para responder a preguntas específicas de manera clara y concisa, lo cual facilitó el aprendizaje autónomo y les permitió profundizar en aquellos temas que resultaban más complejos. Esta percepción positiva se alinea con los resultados esperados, que sugieren que los asistentes virtuales pueden actuar como tutores personalizados, adaptando las explicaciones al ritmo y estilo de aprendizaje de cada estudiante.

Por otro lado, el bot educativo fue percibido como una herramienta complementaria eficaz, con una afirmación casi absoluta de los encuestados, señalando que su accesibilidad y rapidez en las respuestas favorecieron su uso regular. Los estudiantes valoraron la posibilidad de consultar dudas en cualquier momento y lugar, lo que contribuyó a reforzar los conocimientos adquiridos en clase. Sin embargo, algunos estudiantes expresaron la necesidad de contar con capacitación inicial para optimizar el uso de estas herramientas, lo cual evidencia una posible brecha en las competencias digitales, tal como señalan estudios previos (Cabero & Barroso, 2016; UNESCO, 2021). Esta necesidad de capacitación es fundamental para garantizar que los estudiantes puedan aprovechar al máximo el potencial de estas herramientas y evitar la exclusión digital.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio evidencian el potencial de las tecnologías educativas para transformar la enseñanza de la Genética en la FCA-UNJu. Sin embargo, es fundamental continuar trabajando en el desarrollo de estrategias para garantizar la integración efectiva de estas herramientas en los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como en la capacitación de docentes y estudiantes en el uso de las mismas.

Asimismo, los resultados sugieren que la implementación de tecnologías educativas no solo facilita el aprendizaje, sino que también promueve la equidad al proporcionar recursos accesibles fuera del aula. Esto es especialmente relevante en el contexto de la FCA-UNJu, donde muchos estudiantes enfrentan limitaciones de acceso a bibliografía actualizada o apoyo académico adicional (en particular en las sedes

del interior). Al ofrecer un acceso equitativo a información de calidad y a herramientas de aprendizaje personalizadas, las tecnologías educativas pueden contribuir a reducir las desigualdades educativas y a garantizar que todos los estudiantes tengan las mismas oportunidades de éxito. De este modo, la adopción de herramientas digitales se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular con el ODS 4, que promueve una educación inclusiva, equitativa y de calidad (United Nations, 2015).

Este estudio muestra que la incorporación de tecnologías educativas en la enseñanza de la Genética en la FCA-UNJu resulta beneficiosa para el aprendizaje y la inclusión de los estudiantes. Las herramientas digitales no solo facilitan la comprensión de conceptos complejos, sino que también fortalecen el proceso de aprendizaje autónomo, contribuyendo a una educación de calidad y accesible. No obstante, es fundamental que tanto docentes como estudiantes reciban capacitación adecuada en el uso de estas tecnologías para maximizar su efectividad.

Se recomienda continuar evaluando y mejorando estas herramientas, así como implementar programas de capacitación en competencias digitales, con el fin de consolidar una cultura de innovación y aprendizaje adaptativo en la FCA-UNJu. La adopción de estas estrategias educativas contribuye al cumplimiento de los ODS 4 y 10, al garantizar una educación inclusiva, accesible y de calidad para todos.

## REFERENCIAS

- Anderson, T., & Dron, J. (2011). Three generations of distance education pedagogy. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 12(3), 80-97. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v12i3.890>
- Area-Moreira, M., & Pessoa, T. (2012). From solid to liquid: New literacies to the cultural changes of Web 2.0. *Comunicar*, 20(38), 13-20. <https://doi.org/10.3916/C38-2012-02-01>
- Bates, A. W. (2015). *Teaching in a digital age: Guidelines for designing teaching and learning*. Tony Bates Associates Ltd. Retrieved from <https://opentextbc.ca/teachinginadigitalage/>
- Cabero-Almenara, J., & Barroso-Osuna, J. (2016). La tecnología educativa como instrumento para la innovación educativa en la

- educación superior. *Revista de Educación a Distancia*, 50(3), 1-25.  
<https://doi.org/10.6018/red/50/3>
- Cabero-Almenara, J. (2020). Las tecnologías educativas en la sociedad digital: Innovación y desafíos en la educación superior. *Revista Iberoamericana de Educación*, 12(2), 21-34.
- Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro: Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI*. UNESCO.  
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590>
- García-Valcárcel, A., & Tejedor, F. J. (2017). Uso de las TIC en los estudiantes universitarios y su relación con variables personales y académicas. *Revista Complutense de Educación*, 28(3), 1007-1023.  
[https://doi.org/10.5209/rev\\_RCED.2017.v28.n3.50286](https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2017.v28.n3.50286)
- Gros, B., & Lara, P. (2009). Evolución de las tecnologías de la información y la comunicación en el ámbito educativo: Hacia la personalización del aprendizaje. *Revista de Educación a Distancia*, 32(9), 1-24.
- Gutiérrez-Esteban, P., & Morales-Camacho, E. (2019). Competencia digital de los estudiantes universitarios en entornos virtuales de aprendizaje. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(1), 143-161.  
<https://doi.org/10.5944/ried.22.1.21475>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw Hill.
- Laurillard, D. (2013). *Rethinking university teaching: A conversational framework for the effective use of learning technologies* (2nd ed.). Routledge.
- Marín-Díaz, V., Reche-Urbano, E., & Romero-Rodríguez, J. M. (2019). Tecnologías emergentes en la educación superior: Nuevos retos y oportunidades para la enseñanza y el aprendizaje en entornos virtuales. *Revista Educación a Distancia*, 60(4), 1-15.  
<https://doi.org/10.6018/red/60/4>
- Mayor, G. (2017). Estrategias de enseñanza en la educación superior a través de tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Educación y Ciencia*, 6(2), 35-42.  
<https://doi.org/10.24832/educacion-y-ciencia.v6i2.544>
- McLoughlin, C., & Lee, M. J. W. (2010). Personalized and self-regulated learning in the Web 2.0 era: International exemplars of innovative pedagogy using social software. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(1), 28-43.
- Moreno, J. A., & Delgado, R. (2021). Innovación tecnológica y competencias digitales en el ámbito educativo: Un análisis de las tendencias y desafíos actuales. *Revista de Tecnología Educativa*, 9(2), 56-74.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2021). *Informe mundial sobre el futuro de la educación: Reimaginar juntos nuestros futuros*. UNESCO.  
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377070>
- Piaget, J. (1972). *La epistemología genética y la psicología de la función*. Siglo XXI.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 1-6.
- Rangel, E., & Peñalosa, I. (2019). La incorporación de TIC en educación superior: Evaluación de experiencias en aulas de México y Argentina. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 18(2), 123-134.  
<https://doi.org/10.17398/1695-288X.18.2.123>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- Salinas, J., De Benito, B., & Lizana, A. (2018). Formación en competencias digitales y uso de recursos tecnológicos en la educación universitaria. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 65, 50-65.  
<https://doi.org/10.21556/edutec.2018.65.1092>
- Tünnermann, C. (2006). *La universidad latinoamericana ante los retos de la globalización: Una perspectiva histórica y futura*. UNESCO-IESALC.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations.  
<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>

Van Dijk, J. A. G. M. (2012). The evolution of the digital divide: The digital divide turns to inequality of skills and usage. *Digital Enlightenment Yearbook 2012*, 57-75. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-057-4-57>

Vázquez-Cano, E., & Martín-Monje, E. (2016). Mobile-assisted language learning (MALL) en educación superior: Factores de impacto y oportunidades de innovación educativa. *Revista*

*de Investigación Educativa*, 34(2), 369-385. <https://doi.org/10.6018/rie.34.2.226231>

Zheng, R., & Smaldino, S. E. (2009). Key instructional design elements for distance education. *Quarterly Review of Distance Education*, 10(2), 195-205.

# APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS EN LA ENSEÑANZA DE BIOESTADÍSTICA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Humacata, Ivone C.<sup>1</sup> & Guzmán, Vilma R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Cátedra de Bioestadística y Diseño Experimental, Facultad de Ciencias Agrarias.

<sup>2</sup>Cátedra de Teoría y Práctica de la Enseñanza en Educación para la Salud, Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales.

Universidad Nacional de Jujuy

Alberdi N°47, San Salvador de Jujuy, CP 4600, Jujuy, Argentina.

E-mail: ivonehumacata@fca.unju.edu.ar

## Resumen

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es una estrategia didáctica innovadora en la enseñanza de Bioestadística y Diseño experimental. Por otro lado, la Bioestadística es una disciplina que ha ganado relevancia en los últimos años, constituyéndose como uno de los pilares de la investigación científica. El presente trabajo se llevó a cabo con dos grupos de estudiantes, el grupo uno cursó con la metodología tradicional de enseñanza de la materia (n=18), mientras que el grupo dos fue asignado a la modalidad ABP (n=10). Se utilizaron cuestionarios, registros de observación, análisis de documentos y entrevistas semiestructuradas para identificar los alcances, limitaciones y percepciones sobre esta metodología por parte de los estudiantes y grupo docente. Los hallazgos indican que, aunque el ABP promueve un aprendizaje activo y significativo, enfrenta desafíos como la resistencia inicial a la propuesta, la necesidad de mayor tiempo para completar tareas, y dificultades en el aprendizaje del software estadístico R. A pesar de estos obstáculos, los estudiantes expresaron una alta satisfacción con la posibilidad de aplicar conocimientos en contextos reales. La experiencia del ABP les permitió desarrollar habilidades prácticas, mejorar su comprensión de conceptos estadísticos y fomentar el trabajo colaborativo. Para mejorar la aplicación de esta estrategia, se propone: optimizar la gestión del tiempo, conformar grupos reducidos de estudiantes, complementar la propuesta con otras estrategias educativas, ofrecer cursos complementarios, crear comunidades de discusión de aprendizaje y considerar al ABP como una metodología complementaria al método tradicional de la enseñanza de la materia.

**Palabras clave:** ABP, agronomía, estrategias didácticas, Wilcoxon, problem-based learning.

## INTRODUCCIÓN

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) surge como una estrategia didáctica, que permite a los estudiantes aplicar sus conocimientos previos, desarrollar competencias específicas y contextualizar su aprendizaje (Fernández y Duarte, 2013). En línea con Vargas y otros, “el ABP es una experiencia de aprendizaje que involucra al estudiante en un proyecto complejo y significativo, el cual permite el desarrollo integral de sus capacidades, habilidades, actitudes y valores” (2020, p. 170). Esta metodología se centra en la resolución de casos reales, lo que facilita la comprensión de

conceptos teóricos, fomenta habilidades como el pensamiento crítico, la colaboración y la aplicación práctica del conocimiento (Hmelo Silver y Barrows, 2006; Savin-Baden y Wilkie, 2004).

La Bioestadística y el Diseño experimental son disciplinas que han ganado relevancia en los últimos años, constituyéndose como uno de los pilares de la investigación científica. Proporcionan las herramientas para el análisis de datos y la validación de hipótesis. Sin embargo, debido a la naturaleza abstracta y conceptual de los conceptos estadísticos, la enseñanza tradicional de estas disciplinas en el nivel

superior es compleja. Algunas de las dificultades identificadas en el aprendizaje de estas disciplinas son la tendencia a memorizar fórmulas y procedimientos sin comprender su significado y aplicabilidad, la falta de motivación y la dificultad para aplicar conceptos teóricos a situaciones prácticas (González y Álvarez, 2018; Batanero, 2001). En este contexto, el ABP se presenta como una alternativa pedagógica que transforma la experiencia educativa al involucrar a los estudiantes en un proceso activo de aprendizaje y en una oportunidad para repensar las prácticas docentes y los objetivos de aprendizaje (Vargas et al., 2020).

Este trabajo tiene como objetivo explorar los beneficios y retos en la implementación del ABP; y proponer estrategias de enseñanza en la asignatura Bioestadística y Diseño experimental.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño de investigación

Este estudio se enmarca dentro de una investigación cualitativa de corte transversal, realizada en el período académico 2023. La investigación cualitativa permite capturar la realidad social desde la perspectiva de los sujetos involucrados, lo que facilita una mayor comprensión de sus experiencias y contextos (Bonilla y Rodríguez, 1995). La exploración se llevó a cabo mediante un proceso dialéctico que buscó integrar diversas perspectivas y experiencias individuales de los participantes en un contexto compartido (Cifuentes Gil, 2011).

Los instrumentos de recolección de información seleccionados se conformaron como: entrevistas semiestructuradas, registro de observación, análisis de documentos y cuestionarios de cierre.

La población objeto de estudio estuvo compuesta por los docentes responsables del dictado de la asignatura y estudiantes que cursaron y promocionaron la asignatura Bioestadística y Diseño experimental (B.Y.D.E.) de la carrera de Ingeniería Agronómica, en la sede San Salvador de Jujuy. De este grupo, la muestra incluyó a dos docentes responsables del dictado de la asignatura y a 28 estudiantes que cursaron y aprobaron la materia con promoción durante el período académico mencionado.

### Unidades de análisis

Las unidades de análisis fueron los docentes encargados del dictado de B.Y.D.E. y los estudiantes que cumplieron con los criterios de inclusión. Se establecieron dos grupos de estudiantes: uno que experimentó el ABP y otro

que cursó bajo la modalidad tradicional. Los criterios de inclusión abarcaron docentes pertenecientes a la cátedra y estudiantes que participaron voluntariamente en entrevistas cualitativas.

### Técnicas de recolección de datos

Entrevistas semiestructuradas: se realizaron encuentros cara a cara entre el investigador y los informantes, permitiendo explorar sus perspectivas sobre las prácticas educativas. Estas entrevistas se dirigieron a docentes y estudiantes, siguiendo un guión flexible que permitió profundizar en temas relevantes según las respuestas obtenidas (Taylor y Bogdan, 1987).

Cuestionarios: Se aplicaron cuestionarios al finalizar el curso para obtener información generalizada sobre las percepciones de los estudiantes respecto al enfoque pedagógico utilizado.

Registro de observación: a lo largo de la cursada cuatrimestral, como parte del acompañamiento docente en el desarrollo de las prácticas educativas e instancias de evaluación.

Análisis documental: se revisaron las planificaciones de cátedra y documentos relacionados con el curso, utilizando metodologías como el análisis de contenido para extraer información relevante sobre las prácticas docentes (Díaz y Vega-Valdés, 2003).

### Proceso de recolección y análisis de datos

La recolección de datos se realizó en dos etapas. En la primera etapa, se llevaron a cabo entrevistas con los docentes responsables, documentadas mediante transcripciones escritas revisadas por los entrevistados para asegurar su conformidad. En la segunda etapa, se realizaron entrevistas semiestructuradas con docentes y estudiantes, grabadas con autorización previa y transcritas textualmente para su posterior análisis.

El análisis se realizó mediante triangulación, combinando datos provenientes de entrevistas, observación, cuestionarios y documentos analizados. Esta técnica permite validar los hallazgos al contrastar diferentes fuentes y métodos (Taylor y Bogdan, 1987). El proceso implicó categorizar los descubrimientos según los objetivos planteados y confrontar estos hallazgos con el marco conceptual establecido.

Los resultados de la implementación del ABP en la enseñanza de Bioestadística y Diseño experimental se analizaron desde una perspectiva estadística, con un enfoque en la comparación de

los resultados académicos entre los grupos que utilizaron el ABP y aquellos que continuaron con el método tradicional. Ambos grupos respondieron a un cuestionario de opción múltiple compuesto por diez preguntas aleatorias relacionadas con conceptos básicos de Bioestadística y Diseño experimental. La calificación del cuestionario fue automática, utilizando una escala numérica del 1 al 10. Este cuestionario fue validado por juicio de expertos (n=6), asegurando su relevancia y adecuación (Garrote et al., 2015).

Para comparar las calificaciones obtenidas entre ambos grupos, se empleó el test U de Mann-Whitney para muestras independientes y la prueba de Wilcoxon para muestras pareadas (Gómez-Gómez et al., 2003), ambas con un nivel de significancia de 0,05. Los cálculos se realizaron utilizando el software estadístico R v.4.3.2.

#### Consideraciones éticas

Se garantizó la confidencialidad y el consentimiento informado de todos los participantes antes de su inclusión en el estudio. Los participantes fueron informados sobre los objetivos del estudio y su derecho a retirarse en cualquier momento.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la implementación ABP en la enseñanza de Bioestadística y Diseño experimental se presentan organizados en torno a las experiencias y percepciones de docentes y estudiantes, así como a los beneficios y obstáculos identificados durante el proceso.

#### Caracterización de la muestra

Se realizó una caracterización estadística del perfil estudiantil que alcanzó la promoción al final de la cursada, incluyendo a 28 estudiantes que completaron un cuestionario evaluativo. La edad promedio osciló entre 19 y 31 años. De estos, 10 fueron instruidos mediante el método ABP y 18 fueron asignados al grupo que utilizó el método tradicional (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución de edad por sexo y método.

Método	Mujeres	Hombres
Tradicional	23±3, n=11	24±3, n=7
ABP	21±2, n=7	28±2, n=3

### Experiencias de implementación del ABP

Los docentes mencionaron que el ABP permitió a los estudiantes enfrentarse a situaciones reales de investigación, lo que les ayudó a comprender el contexto detrás de los datos analizados. Una docente destacó que los estudiantes no solo trabajaron con tablas de datos, sino que también pudieron apreciar el proceso detrás de su obtención, lo que enriqueció su aprendizaje:

“Y yo lo que veo más fortaleza es el tema de que son bases de datos que han sido registradas por un investigador y que ellos analizan” (ED3).

Otro docente enfatizó el desarrollo de habilidades prácticas en los estudiantes, afirmando que el ABP les permitió entender la estadística no sólo como un conjunto de valores numéricos, sino como una herramienta para encontrar soluciones prácticas:

“... me di cuenta de que a través de esa nueva metodología los chicos sabían más o menos a qué apuntábamos en estadística” (ED1).

#### Beneficios del ABP

Los beneficios del ABP fueron evidentes en la comprensión y aplicación de conceptos estadísticos. Un docente observó que los estudiantes lograron vincular mejor los conceptos estadísticos con los objetivos de sus proyectos de investigación, lo que les permitió entender la relevancia del trabajo realizado:

“Por parte de los estudiantes, uno de los que vi fue la exposición. La exposición de un trabajo que viene de un proyecto de investigación” (ED1).

Además, se encontró un aumento en el interés por participar en proyectos de investigación y en cátedras, lo cual fue corroborado por varios docentes:

“... se vio ahí una puerta abierta para que los alumnos se metan un poquito en lo que es la investigación” (ED1).

Morales Bueno (2020) refuerza esta idea al señalar que el ABP fomenta habilidades de pensamiento crítico y promueve una comprensión más profunda del contenido.

#### Reacciones estudiantiles frente al ABP

Los estudiantes destacaron que trabajar en grupo fomentó su aprendizaje; sin embargo, algunos también mencionaron experiencias negativas relacionadas con dinámicas grupales desiguales:

“Si bien me gustó el trabajo... una chica no hacía nada... eso sí fue la parte fea del trabajo” (E4).

Otros señalaron que desarrollaron habilidades investigativas importantes durante el proceso:

“Nosotros nos encargábamos... teníamos que organizarlo desde cero” (EE5).

### Evaluación del rendimiento académico

Los resultados académicos indicaron que no había diferencias significativas en las calificaciones obtenidas entre los grupos de estudiantes que cursaron con la metodología tradicional y el ABP antes de la implementación de su implementación ( $p\text{-value}>0,05$ ). Asimismo, tampoco se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las calificaciones después de aplicada la experiencia entre ambos grupos ( $p\text{-value}>0,05$ ). Esto contrasta con los hallazgos presentados por Espinoza Melo y Sánchez Soto (2014), quienes encontraron significancia estadística tras implementar el ABP.

A pesar de que el método ABP no demostró diferencias estadísticas en términos de calificaciones, es importante considerar otros factores como la opinión de los estudiantes, la motivación y la aplicación práctica posterior a la experiencia con ambos métodos de enseñanza.

### Obstáculos encontrados

Los desafíos identificados en la implementación del ABP en la enseñanza de Bioestadística y Diseño experimental, coinciden con los encontrados en la literatura revisada (González-Hernando y otros, 2016; Paredes-Curin, 2016):

- Requiere más tiempo por parte de los estudiantes, ya que asumen un rol activo y participativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Demanda más tiempo del docente en cuanto a tutorías para los grupos, ya que debe diseñar los problemas, preparar material, organizar los grupos y programar el trabajo, supervisarlos y evaluarlos.
- Al principio, los estudiantes pueden mostrar rechazo o resistencia a la forma de aprender, al estar acostumbrados a métodos tradicionales.
- Es necesaria una mayor coordinación de grupo, en cuanto a las tareas y en el horario para reunirse.
- El aprendizaje que propone el ABP puede resultar complejo para los estudiantes, al requerir nuevas habilidades.

- Algunos temas conceptuales de la asignatura cobran más relevancia que otros, dependiendo del problema planteado a resolver.
- Surgen problemas interpersonales en el grupo, debido a la falta de compromiso o participación en la realización de las actividades asignadas.
- Dificultades en el aprendizaje y aplicación del software estadístico R, especialmente en el uso de paquetes, librerías y funciones.

### Estrategias para facilitar el aprendizaje activo

A partir de los desafíos identificados en la implementación del ABP se proponen las siguientes estrategias para mejorar su aplicación:

- Optimizar la gestión del tiempo de clases, mediante la creación de videos tutoriales que permitan a los estudiantes acceder a material de apoyo de manera asincrónica.
- Ofrecer cursos curriculares complementarios para el uso de software estadístico R.
- Crear comunidades de aprendizaje docente que fomenten espacios de reflexión y discusión sobre las prácticas de enseñanza-aprendizaje basadas en el ABP.
- Conformar grupos de trabajo reducidos (hasta 3 integrantes) y permitir que los estudiantes elijan libremente a sus compañeros.
- Ofrecer cursos de formación docente para los docentes, con el fin de profundizar en la implementación de estrategias didácticas como el ABP en Bioestadística y diseño experimental.
- Considerar el ABP como una metodología docente complementaria al método tradicional.

### CONCLUSIONES

La implementación del ABP en la enseñanza de Bioestadística y Diseño experimental es una estrategia didáctica que permite a los estudiantes enfrentar situaciones reales de investigación, promoviendo un aprendizaje significativo y la aplicación práctica de conceptos estadísticos. Los docentes han observado que el ABP fomenta habilidades prácticas y una mejor comprensión del contexto detrás de los datos analizados, lo cual permite el desarrollo de competencias para los futuros profesionales.

Sin embargo, la experiencia también ha revelado desafíos como la resistencia inicial, las

limitaciones temporales para profundizar en ciertos contenidos y las dificultades en el uso del software estadístico R. A pesar de estos retos, los estudiantes que participaron en el ABP expresaron satisfacción con su experiencia, destacando el valor del trabajo colaborativo y la investigación activa.

Para optimizar la aplicación del ABP, se proponen estrategias como la mejora en la gestión del tiempo, la oferta de cursos complementarios sobre software estadístico, y la creación de comunidades de aprendizaje docente. Estas medidas pueden facilitar una implementación más efectiva del ABP, asegurando que los estudiantes no solo desarrollen habilidades prácticas, sino que también se sientan motivados y comprometidos con su aprendizaje.

## REFERENCIAS

Batanero, C. (2001). *Didáctica de la Estadística*. Departamento de Didáctica de la Matemática 12, Universidad de Granada.

Bonilla, E. y Rodríguez, P. (1995). Más allá del dilema de los métodos: la investigación en ciencias sociales. CEDE, Facultad de Economía, Universidad de los Andes.

Cifuentes Gil, R. (2011). *Diseño de proyectos de investigación cualitativa (1ra.ed.)*. Centro de Publicaciones Educativas y Material Didáctico. Buenos Aires.

Díaz, M. S. y Vega-Valdés, J. C. F. (2003). Algunos aspectos teórico-conceptuales sobre el análisis documental y el análisis de información. *Ciencias de la Información*, 49-60.

Fernández, F. H. y Duarte, J. E. (2013). El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el desarrollo de competencias específicas en estudiantes de ingeniería. *Formación universitaria*, 6(5), 29-38.

Garrote, P. R. y del Carmen Rojas, M. (2015). La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en Lingüística aplicada. *Revista Nebrija de lingüística aplicada a la enseñanza de lenguas*, (18), 124-139.

Gómez-Gómez, M., Danglot-Banck, C. y Vega-Franco, L. (2003). Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuando usarlas. *Revista mexicana de pediatría*, 70(2).

González, M. y Álvarez, J. (2018). Estrategias didácticas para la enseñanza de la bioestadística: Un enfoque basado en problemas. *Revista*

*Latinoamericana de Bioestadística*, 14(2), 45-62. <https://doi.org/10.1016/j.rbioest.2018.06.002>

González-Hernando, C., Martín-Villamor, P. G., Almeida, S. D., Martín-Duránte, N. y López-Portero, S. (2016). Ventajas e inconvenientes del aprendizaje basado en problemas percibidos por los estudiantes de Enfermería. *FEM: Revista de la Fundación Educación Médica*, 19(1), 47-53.

Hmelo-Silver, C. E. y Barrows, H. S. (2006). Goals and strategies of a problem-based learning facilitator. *Interdisciplinary journal of problem-based learning*, 1(1), 4.

Morales Bueno, P. M. (2020). Aprendizaje basado en problemas (ABP) como medio para la enseñanza del pensamiento crítico. *Poiésis-Revista Do Programa de Pós-Graduação Em Educação*, 14(26), 308-324.

Paredes-Curín, C. R. (2016). Aprendizaje basado en problemas (ABP): Una estrategia de enseñanza de la educación ambiental, en estudiantes de un liceo municipal de Cañete. *Revista electrónica educare*, 20(1), 119-144.

Savin-Baden, M. y Wilkie, K. (2004). *Challenging Models of Problem-Based Learning*. McGraw-Hill Taylor, S. y Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados*. Paidós. Buenos Aires. Education

Vargas, N. A. V., Vega, J. A. N. y Morales, F. H. F. (2020). Aprendizaje basado en proyectos mediados por tic para superar dificultades en el aprendizaje de operaciones básicas matemáticas. *Boletín redipe*, 9(3), 167-180.

# ENTORNOS HÍBRIDOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE COMO PROPUESTA PEDAGÓGICA EN LA CÁTEDRA INFORMÁTICA DE LA CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, SEDE SAN PEDRO (UNJU)

Molina, Mauricio Rodrigo Ezequiel<sup>1</sup> & Guzmán, Vilma Roxana<sup>2</sup>

- (1) Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy. Alberdi N° 47. San Salvador de Jujuy. 4600. Jujuy.
- (2) Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy. Otero N° 262. San Salvador de Jujuy. 4600. Jujuy.

Email: emolina@fca.unju.edu.ar

## Resumen

El presente escrito se enmarca en los resultados de un proceso de indagación, reflexión y delimitación de un proyecto de innovación académica, en el marco de la Memoria Docente, requisito último para acceder al título de Especialista, del posgrado interfacultades Especialización en Educación Superior. A través del mismo, identificamos como objetivos de trabajo el conocer la incidencia de la implementación de una propuesta formativa basada en entornos híbridos de enseñanza y aprendizaje, para contribuir así a la revisión del modelo pedagógico de la cátedra de Informática en la carrera de Ingeniería Agronómica, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la UNJu, Sede San Pedro de Jujuy.

El marco metodológico para este estudio respondió al de investigación social cualitativa. Se hizo foco, como contexto de investigación, en el ámbito de educación superior, orientando por ello la mirada en un abordaje investigativo hacia la producción de conocimiento en educación. La perspectiva seleccionada para este trabajo fue la perspectiva interpretativa.

El desarrollo de este trabajo se estructura así sobre tres ejes: La tecnología educativa en la Educación Superior, el proceso de virtualización en la UNJu y el caso de la FCA, un segundo eje que se aboca a reflexionar sobre la experiencia en la implementación de un modelo híbrido, los desafíos y oportunidades, las ventajas y desventajas del modelo y la valoración de la experiencias por parte de los estudiantes. Y, un tercer y último eje sobre el esbozo de una propuesta de innovación pedagógica en el ámbito de los entornos educativos híbridos. En tal sentido, analizamos la programación académica de la materia, en relación a las posibilidades de adoptar y adaptar entornos híbridos, evaluando tanto los alcances como las limitaciones de la propuesta pedagógica mixta, teniendo en cuenta la perspectiva de los estudiantes.

**Palabras clave: educación, híbrido, enseñanza, aprendizaje, informática.**

## INTRODUCCIÓN:

En el mes de marzo del 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declara oficialmente al Coronavirus (COVID-19) como una pandemia. En materia educativa, para julio del mismo año y a nivel mundial, el 60.9% de estudiantes se vio afectado debido a la suspensión de clases, con 107 países que mantenían cerrados los centros escolares y universidades (UNESCO, 2020).

Argentina ingresa al “Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio” (ASPO) el 20 de

marzo del mismo año, en pleno inicio de clases (Méndez, 2021). En este plano, se acentúan distintos tipos de desigualdades: en lo social, económico, laboral y familiar. Mientras que, en torno a lo educativo, visto desde la posibilidad de implementar los entornos virtuales: la brecha en cuanto a conocimientos informáticos, la posibilidad de acceso a dispositivos, la calidad de conectividad.

Ante este panorama de incertidumbre sanitaria y social, el sistema educativo universitario busca reinventarse. Se evidencia entonces un panorama diferente en el que, gradualmente, se deja de

concebir una dicotomía entre la presencialidad y la distancia, sino que el transcurrir fluye entre estos distintos espacios como lo hacemos en nuestra vida cotidiana (Bondarczuk, et al., 2023). Toman importancia los escenarios combinados que algunos autores denominan de hibridación (Dziuban y Moskal, 2001), mixto (Bonk y Graham, 2012), de aulas extendidas (Cantora y Reyes-Gasperini, 2015).

Durante el año 2022 la sede San Pedro de Jujuy de la UNJu realizó un regreso parcial a la presencialidad debido a que se encontraba (y aún continúa) en proceso de construcción del edificio que la alberga, con el desarrollo de actividades académicas en el espacio de un edificio provisorio de capacidad limitada. En respuesta a esta y otras situaciones que ocurren en las sedes del interior y que pueden afectar la presencia de parte de los alumnos, la FCA propone la citada estrategia de “alternancia”, lo que implica la posibilidad de llevar adelante el 50% de clases presenciales y el 50% en modalidad virtual sincrónica.

En 2023, algunas materias, entre ellas Informática, retornaron a la presencialidad completa, pero no regularizada en forma definitiva, por distintos motivos organizativos, económicos y geográficos. Desde la cátedra, nos desafiamos a mixturar la materia en diferentes aspectos metodológicos. Estos cuestionamientos nos llevaron a observar componentes como la planificación de cátedra, los contenidos, los métodos, la didáctica, los instrumentos, los agentes y audiencias, el carácter de las evaluaciones, la pluralidad de enfoques. Esta indagación orientó en concreto, una pregunta central en el presente trabajo ¿Qué incidencia tendría en el proceso de enseñanza y aprendizaje, un modelo pedagógico híbrido aplicado en la cátedra de Informática de la Facultad de Ciencias Agrarias?

En el marco del trabajo de campo realizado para la elaboración de la Memoria Docente, la sistematización de la experiencia, la identificación de dimensiones y categorías de análisis, se buscó realizar un aporte a la redefinición del modelo pedagógico en el ámbito de la informática y la ingeniería agronómica, promoviendo una enseñanza más adecuada a las necesidades actuales.

Resulta importante nombrar algunos antecedentes en cuanto a la implementación de tecnología educativa en la UNJu y en particular en la Facultad de Ciencias Agrarias. Los primeros esfuerzos conscientes y direccionados

masivamente a implementar tecnología y generar competencias en comunicación educativa mediada por TIC en la UNJu datan del año 2011, momento en que se pone en línea la plataforma educativa UNJu Digital.

Entre los años 2014 y 2015 se fortalece el trabajo en torno de la educación a distancia, por medio de la creación de la Comisión Asesora en Educación a Distancia y Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje de la UNJu (CEDEVEA) por Res. R. N° 1960/14 y la reactivación de la Comisión de Informática de la UNJu (CIUNJU) creada en el año 1993 (Informe institucional: La educación a distancia en la Universidad Nacional de Jujuy, Plataforma “UNJu Virtual”, 2018).

A partir de marzo de 2020, con la declaración de la pandemia, la educación remota a través de las aulas virtuales cobró mayor fuerza, tornándose en la alternativa más viable para sostener la enseñanza y el aprendizaje. Por lo expuesto, el panorama a nivel mundial y nacional se ve replicado en la Universidad Nacional de Jujuy (UNJu). En primera instancia mediante Res. Rec. 348/2020, la UNJu resuelve suspender las actividades áulicas, la que se proroga mediante resoluciones que llevan a los ciclos lectivos 2020 y 2021 hacia una modalidad virtual.

Ante esta situación, la UNJu toma una serie de medidas y comienza a reglamentar los procesos educativos en los que transcurre la pandemia. En mayo de 2020, mediante Res. Rec. 471/2020, establece principios generales para el dictado en forma virtual, instancias de evaluación y acreditación y, encomienda a las unidades académicas, el dictado de clases en forma virtual.

En abril de 2021, se aprueba el Reglamento para exámenes en el marco de la educación a distancia (Res. C.S. 088/2021) y la creación del Sistema Institucional de Educación a Distancia – SIED UNJu (Res. C.S. 086/2021). En agosto del mismo año, el Consejo Superior de la UNJu, se reúne para tratar el regreso a las aulas y mediante Res. C.S. 160/2021 aprueba los lineamientos generales para el retorno a la presencialidad, encomendando a cada unidad académica el establecimiento de pautas particulares. Resulta importante destacar el incremento producido en el uso de la plataforma UNJu Virtual durante el período de pandemia, de acuerdo a la resolución de aprobación del SIED, consta en los antecedentes un incremento del 45% de aulas y 127% de usuarios, mientras que el 62% de docentes de la planta, realiza actividades en la opción pedagógica a distancia de la UNJu.

En línea con lo expuesto por el Ministerio, la UNJu mediante Res. C.S. 005/2023 aprueba el Marco Regulatorio para la aplicación de la modalidad Presencial Contextual Asistida (PCA) en diferentes carreras de la Universidad. La PCA consiste en una modalidad híbrida que fusiona la presencialidad contextualizada con la educación a distancia a fin de garantizar la igualdad de oportunidades de acceso, permanencia y egreso a los estudios universitarios de los/las jóvenes y adultos/as con residencias alejadas o de difícil acceso a las sedes regionales de la Universidad Nacional de Jujuy. Como unidad académica dependiente de la Universidad Nacional de Jujuy, la FCA acompañó los procesos y políticas tendientes a fomentar experiencias de enseñanza y aprendizaje mediados por TIC, como es el caso del uso de la plataforma de educación a distancia UNJu Digital en un principio y la posterior migración hacia UNJu Virtual, como complemento al dictado presencial de materias y las capacitaciones producidas en torno a esta tecnología.

En el año 2015, la FCA es elegida para comenzar las primeras tareas de migración de UNJu Digital a la, por entonces, nueva plataforma UNJu Virtual. Estas tareas pusieron sobre la mesa la realidad del uso de las aulas virtuales, donde quedó al descubierto el desconocimiento que aún existía sobre las TIC como herramientas pedagógicas, notando que los docentes no encontraban utilidad en las aulas virtuales, más allá de un repositorio de documentos.

La llegada de la pandemia, provoca en un principio la suspensión de actividades, es así que Facultad de Ciencias Agrarias, adhiere a través de Res. FCA 099/20 al cese propuesto desde Rectorado. Pero al mismo tiempo, los docentes de esta casa de estudios acceden a capacitaciones que les permiten un incremento en el uso y la apropiación sistemática e intensiva de sus competencias digitales (Astorga, et. al., 2023).

Durante el segundo cuatrimestre del año 2021 la FCA se incorpora a un programa de movilidad virtual, en conjunto con otras unidades académicas del país nucleadas en la Asociación Universitaria de Educación Agropecuaria Superior (AUDEAS), destinado a estudiantes de Ingeniería Agronómica.

En febrero de 2022, la facultad aprueba mediante Res. FCA 034/2022 el protocolo dinámico para la prevención de Covid-19 y las disposiciones generales para el retorno gestionado a las actividades académicas y administrativas. También en el mismo año, se incorpora al Consejo Asesor Permanente sobre Educación a

Distancia, designando para ello dos referentes: uno de perfil técnico y uno de perfil pedagógico (Res. FCA 038/2022). En noviembre del mismo año, se inauguran dos Aulas Híbridas, una fija y otra móvil

## **MATERIALES Y MÉTODOS:**

El marco metodológico para este trabajo respondió al de la investigación social cualitativa. A partir de esta definición, se orientó al estudio de la realidad de los sujetos en su contexto natural, buscando el sentido de los fenómenos, de acuerdo con los significados que tienen para las personas implicadas (Gómez, et al., 1996; Castro, 2004, Ander-Egg, 2011).

Se hizo foco, como contexto de investigación, en el ámbito de educación superior, orientando por ello la mirada en un abordaje investigativo hacia la producción de conocimiento en educación (Sirvent y Rigal, 2023). La perspectiva seleccionada para este trabajo fué la perspectiva interpretativa (Forni, et. al., 1993; Sandoval Casilimas, 1996; Torres Carrillo, 1996; Vain, 2012).

En este sentido, se analizan en el escrito dimensiones orientadas a las expectativas de cursada, desafíos y oportunidades del modelo híbrido, caracterización de las prácticas de enseñanza, recursos didácticos significativas para los estudiantes durante el tramo de la cursada, análisis sobre la propuesta evaluativa general de la asignatura, experiencias previas con modalidades vinculadas de trabajo, ventajas y desventajas de implementación de modelos híbridos, los sentidos atribuidos a ello, reflexiones sobre el rol docente sugerencias para futuras ediciones de la materia.

Por ello las unidades de análisis fueron conformada por todos los cursantes que resultaron promocionados en el espacio curricular Informática de la carrera Ingeniería Agronómica, extensión académica San Pedro, durante la cursada del periodo académico 2023.

Se seleccionaron como instrumentos de recolección de información la entrevista en profundidad (Sirvent y Rigal, 2023; Taylor y Bogdan, 1987) y la recopilación de documentos normativos nacionales y provinciales en relación al tema de investigación.

Para la propuesta de innovación pedagógica, se buscó que la misma esté enfocada en la planificación didáctica, curricular y estratégica que los docentes llevan a cabo, siempre en constante reflexión con el nuevo entorno de enseñanza. Esta planificación debía responder a

los objetivos pedagógicos y curriculares, adaptándose a las características del entorno virtual, y no al revés. Es decir, las herramientas tecnológicas que se elijan deben ser vistas como un medio para cumplir con los objetivos establecidos, no como un fin en sí mismo. Por este motivo se utilizó el modelo ADDIE, por tratarse de uno de los más utilizados en el diseño de propuestas tecno-pedagógicas, su popularidad se debe a su enfoque sistemático y estructurado, que permite a los diseñadores de programas educativos crear experiencias de aprendizaje de manera eficiente y efectiva. El modelo es especialmente útil en el diseño de propuestas híbridas debido a características que lo hacen adecuado para entornos que combinan enseñanza presencial y virtual.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

La hibridación permite recuperar las ventajas de modalidades como la presencial, a partir de la interacción física, el establecimiento de vínculos, la realización de actividades más complejas y, lo virtual a partir de aprovechar la reducción de costos y tiempo debido al desplazamiento físico y logística, flexibilidad horaria, entre otros (Noriega, 2015).

El debate acerca de la hibridación resurge a partir del 2020 en el contexto de pandemia debido al COVID-19, tanto desde las definiciones políticas, institucionales, investigativas, como en el plano de las prácticas (Lion, 2023), la post-pandemia acelera su instauración y surgen numerosas propuestas pedagógicas y tecnológicas (Bondarczuk, 2023).

Atendiendo al bagaje tecnológico y a las innovaciones pedagógicas en las que se avanzó en los años previos, la FCA dispuso mediante un acto resolutivo (Res. CAFCA 081/2022) la creación de franjas horarias que faciliten el acceso presencial a las clases de la sede central y la estrategia de “alternancia” para las sedes del interior, que implica el 50% de carga horaria presencial y el 50% en modalidad virtual.

Esta primera experiencia, permitió que en el año 2023 y aun cuando la materia se dictó en forma totalmente presencial, se avance en una formalización de la hibridación de actividades.

A través de las entrevistas mencionadas, se pudo advertir sobre los desafíos y oportunidades en la implementación de modelo híbrido, se identifica un interés generalizado en el campo de la informática que los estudiantes indican mediante expresiones como “divertido”, “me gusta”, “no tenía preocupaciones”, “fácil de llevar”, “dinámico”, “lindo”. Como expectativas de

cursado se registran expresiones como “sabía que iba a ser divertido”, “a mí me gusta un poco”, “que iban a ser temas generales... fácil de llevar”, “pensaba que iba a ser algo dinámico, lindo”, “digo, capaz que esté linda, y si estuvo buena”. En relación a la ventajas de la implementación de un modelo híbrido en la cursada se enunciaron aspectos orientados a a) económico: sobre la posibilidad de cursada a distancia y evitar la erogación de gastos de traslado; b) acceso a información: de material de lectura, apuntes de clase, consignas de trabajo, o en palabras de un estudiante “está todo en el aula (virtual) colgado”; c) las propuestas evaluativas mediadas por lo digital propician dinámicas interactivas y creativas que los estudiantes destacan como algo sumamente positivo.

Del mismo modo, sobre las desventajas del desarrollo de un modelo híbrido a) falencias de conectividad y costos de un sistema de conectividad como wifi/datos; b) dificultades de acceso a espacios prácticos continuos presenciales para el trabajo con el Hardware (descripción, explicación); c) elementos y situaciones distractoras que se eleven en la virtualidad, vinculados a lo doméstico, cuidado familiar, simultaneidad de ocupaciones laborales y cursada de la asignatura, como algunos de los ejemplos más reiterados de entre los entrevistados; d) en algunos relatos se prioriza lo presencial como espacio privilegiado para promover más aprendizajes académicos debido al valor que le dan al acompañamiento docente presencial, como indica un estudiante “en lo presencial, nosotros aprendemos más y estamos enfocados en la materia”; e) dificultades de adaptación inicial a la modalidad de trabajo híbrido. En algunos casos se refiere a experiencias pasadas en contexto de pandemia, cuando aún se encontraban cursando el nivel secundario, como experiencias de índole negativo; f) en el transcurso de las entrevistas y su posterior análisis se lograron identificar una serie de aportes de los estudiantes, lo que posibilita resignificar la propuesta académica. Algunas contribuciones en este sentido se orientan de modo generalizado, a que los contenidos definidos en la programación son considerados relevantes. Sobre ello los estudiantes sugieren que los contenidos más asociados a lo conceptual sean trabajados en espacios virtuales y el desarrollo de actividades que requieran observar o palpar insumos como el Hardware de una computadora, de manera presencial. Dado que la cursada es cuatrimestral, sugieren articular con otros espacios de la carrera para vincular contenidos y aprovechar aún más el tiempo disponible, para aquellos contenidos no

abordados en otras cátedras. Así mismo, sugieren continuar con el posicionamiento del equipo docente, que según los estudiantes son considerados: sujetos con formación específica, "amables", "claros". Por último, realzan la importancia de desarrollar temas actuales como la Inteligencia Artificial, y ampliar la mirada por sobre contenidos como Planillas de Excel.

Finalmente, y teniendo en cuenta el análisis de las entrevistas como así también la programación de la materia, se elabora una nueva propuesta pedagógica en la que como premisa inicial se prioriza la presencialidad para actividades prácticas y el recurso de aula invertida para los aspectos más teóricos. Además, la totalidad del material estará siempre a disposición y se deberá brindar la posibilidad de repasar clases teóricas a través de la puesta a disposición de grabaciones.

El uso de tecnologías en el modelo propuesto, debe potenciar la motivación y el aprendizaje activo a través de experiencias dinámicas e interactivas. Asimismo, y tras la valoración positiva que se pudo observar acerca de la gamificación puesta al servicio del aprendizaje, se debe ahondar en el uso de este tipo de herramientas que de acuerdo a lo planteado por los entrevistados, les permite reforzar conocimientos de manera interactiva y dinámica, fomentando la participación activa y la competencia saludable.

Esta propuesta sigue los pasos del modelo ADDIE: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación. Como resultado se obtiene toda la arquitectura de la Propuesta Pedagógica Híbrida donde se detalla el contexto, las necesidades identificadas, objetivos de aprendizaje, estrategias pedagógicas e incluso la programación detallada que incluye temas a dictar, Modalidad, Recursos, Actividades, Evaluaciones, Fechas, etc.

### **CONCLUSIONES:**

En el año 2023, el equipo de cátedra de la asignatura Informática de la carrera Ingeniería Agronómica (FCA-UNJu), vió la necesidad de mixturar contenidos y estrategias de enseñanza presenciales con otros virtuales. Luego de las experiencias transitadas en los últimos años y el conocimiento que se ha logrado construir a partir del trabajo de campo realizado, se propone un nuevo modelo pedagógico donde el formato híbrido es la nueva normalidad con contextos que se mezclan y solapan de forma natural y que permiten ampliar las fronteras del aula para propiciar un autoaprendizaje fuera de ella, cuya

puesta en marcha será propiciada para el segundo cuatrimestre del 2025.

A nivel de políticas educativas, el presente trabajo sirve como experiencia en la aplicación de opciones pedagógicas que combinen entornos presenciales con virtuales, presentando una orientación para diseñar nuevas propuestas pedagógicas, basándose en experiencias previas, en el análisis de las perspectivas de los actores involucrados y en la puesta en marcha de un modelo o marco de trabajo (ADDIE en este caso) que permite formalizar el diseño de una propuesta propiamente dicha.

Basarse en esta línea de ideas, permite a la cátedra de Informática y porque no a la institución, avanzar en innovaciones educativas, accesibilidad e incluso en la diversificación de su oferta académica, la mejora de la calidad educativa y la adaptación ante panoramas económicos y sociales adversos.

Por último, el trabajo puede servir como orientación a otras iniciativas similares de colegas, brindando recomendaciones que permitan reducir los esfuerzos en la puesta en marcha de proyectos educativos de características similares, aportando hacia la mejora continua de la educación superior y esencialmente hacia una educación de calidad concordante con un mundo globalizado.

### **REFERENCIAS:**

- Ander-Egg, E. (2011) Aprender a investigar. Nociones básicas para la investigación social. Córdoba: Brujas.
- Astorga, D.F., Chiecer, A.C., Arch, K. G. (2023). Estudiantes en educación remota de emergencia. Factores incidentes en las trayectorias académicas. En I. Bondarczuk, I., Gorjup, T. (Coord. y Comp.). Experiencias y reflexiones sobre las prácticas docentes en escenarios inéditos (pp. 208-220). Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Bondarczuk, I., Fernández, E. M., y Grinsztajn, F. (2023). De la hibridación a la multimodalidad trenzada. En Pósito R. M. (Comp.). Resignificar las prácticas de enseñanza para los diversos escenarios educativos actuales (pp 29 - 38). Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Bonk, C. J., y Graham, C. R. (2012). The handbook of blended learning: Global perspectives, local designs. Wiley+ ORM.
- Cantora, R., y Reyes-Gasperini, D. (2015). Socioepistemología y matemáticas: del aula extendida a la sociedad del conocimiento." Todo

lo que siempre quisiste saber y nunca te animaste a preguntar".

Castro, A. S. (2004). La investigación cualitativa en educación y la relación con el campo pedagógico. *Respuestas*, 9(2), 41-48.

Dziuban, C., y Moskal, P. (2001). Evaluating Distributed Learning In Metropolitan Universities.

Forni, F., Gallart, M. A., y Vasilachis de Gialdino, I. (1993). Métodos cualitativos II. La práctica de la investigación. Centro Editor de América Latina, Buenos Aires.

Gómez, G. R., Flores, J. G., y Jiménez, E. G. (1996). Metodología de la investigación cualitativa.

Informe institucional: La Educación a Distancia en la Universidad Nacional de Jujuy. Plataforma "UNJu Virtual" (2018). Coordinación General de Informática - Coordinación UNJu Virtual. Universidad Nacional de Jujuy.

Lion, C. (2023). Repensar la educación híbrida después de la pandemia. UNESCO

Maggio, M. (2020). Las prácticas de la enseñanza universitaria en la pandemia: de la conmoción a la mutación. *Campus Virtuales*, 9(2), 113-122.

Méndez, L. A. O. (2021). Efectos sociales, económicos, emocionales y de la salud ocasionados por la pandemia del COVID19. G. C. P. Cerda, y J. C. N. Guzmán (Eds.). P y V, Plaza y Valdés Editores.

Noriega, N. N. (2015). La transición: de entornos presenciales al blended learning. (Trabajo final integrador). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/172>

Sandoval Casilimas, C. (1996). Módulo 4. Investigación Cualitativa. ICFES, Programa de especialización en Teoría, Métodos y Técnicas de Investigación Social. Bogotá: ICFES.

Sirvent, M. T., y Rigal, L. (2023). La investigación social en educación: Diferentes caminos epistemológicos, lógicos y metodológicos de producción de conocimiento. Miño y Dávila.

Taylor, S. J., y Bogdan, R. (1987). Introducción a los métodos cualitativos de investigación (Vol. 1, p. 348). Barcelona: Paidós.

Torres Carrillo, A. (1996). La sistematización como investigación interpretativa crítica: entre la teoría y la práctica. Seminario internacional

sobre sistematización y producción de conocimiento para la acción.

Unesco (2020). Impacto de la COVID-19 en la educación. Seguimiento mundial de los cierres de escuelas causados por el COVID-19. <https://es.unesco.org/covid19/educationresponse>

Vain, P. D. (2012). El enfoque interpretativo en investigación educativa: algunas consideraciones teórico-metodológicas. *Revista de educación*, 4(4), 37-45.

## **PRÁCTICAS DE GESTIÓN PEDAGÓGICA Y SU RELACIÓN CON LAS POLÍTICAS DE EDUCACIÓN INCLUSIVA**

Arancibia, Griselda del Valle<sup>1</sup> & Guzmán, Vilma Roxana<sup>2</sup>

(1) Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy.  
Otero N° 262. San Salvador de Jujuy. 4600. Jujuy.

(2) Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy.  
Otero N° 262. San Salvador de Jujuy. 4600. Jujuy.

Email: eajujuy@gmail.com

### **Resumen**

El presente escrito toma como referencia el Trabajo final de la Especialización en Educación Inclusiva desarrollada en el ámbito de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Jujuy (FHyCS-UNJu). El mismo tuvo como finalidad el comprender a partir del conocimiento de los discursos del equipo directivo y docentes de la institución educativa de referencia, la relación entre las prácticas de gestión pedagógica con las políticas educativas para el regreso a la presencialidad durante el año 2021, posterior a la emergencia sanitaria por el COVID-19, desde la mirada de la educación inclusiva.

El proceso de indagación y análisis se fundamentó en una metodología de base cualitativa puesto que se actúa sobre contextos “reales”, y el investigador procura acceder a las estructuras de significados propias del contexto abordado además de los fenómenos sociales. En cuanto al contexto de la investigación, este trabajo se realizó en una institución de Educación Primaria correspondiente a la Región Educativa III de la provincia de Jujuy, ubicada en el casco céntrico de San Salvador de Jujuy, ciudad cabecera del departamento Dr. Manuel Belgrano.

Se tomó como unidad de análisis al equipo directivo y docentes que participaron de las prácticas pedagógicas propuestas por estos, durante el regreso a la presencialidad. Las técnicas de investigación implementadas en el desarrollo del trabajo de campo fueron: Entrevista a informantes claves, Observación, Análisis de Documentación y otras fuentes como son el blog de la institución y noticias digitales. Se utilizó el método de análisis en progreso para el tratamiento de los datos.

**Palabras clave:** Educación, Educación inclusiva, Gestión Pedagógica, Políticas Educativas, Pandem

## INTRODUCCIÓN

Cada año, al inicio del ciclo lectivo los equipos directivos, docentes y personal no docente se reencuentran en sus escuelas para planificar el año escolar. En 2021 el inicio fue distinto a los anteriores. Las conversaciones en los pasillos y las redes sociales giraron alrededor de las características que tendría este ciclo lectivo atravesado por las consecuencias de una pandemia que aún no llegaba a su fin. Entre distintos interrogantes, parecía solo existir una certeza: la presencialidad sería el criterio ordenador del regreso a clases para todos y todas.

El Consejo Federal de Educación (CFE) aprobó en febrero de ese año las resoluciones N°386 y N°387 que definen la política educativa con sus pautas y lineamientos generales para el regreso presencial en las escuelas en el ciclo escolar 2021. Dentro de ese marco, el gobierno de la provincia de Jujuy avanzó en la definición de las características que asumiría la escolaridad en la jurisdicción. En tal sentido los equipos directivos se enfrentaron al desafío de implementar las políticas educativas desde la gestión escolar para el desarrollo de propuestas educativas institucionales desde un enfoque bimodal que combinaba el diseño de estrategias de aprendizajes y la continuidad educativa de las trayectorias escolares de todos/as los/las alumnos/as, para un regreso inmediato a las escuelas y la planificación de un abordaje inclusivo a largo plazo.

Según la Circular N°1-SGE-2021 el retornar a las escuelas desde la presencialidad implicaba un proceso de acciones compartidas entre los equipos de supervisores, directivos y docentes como las prevenciones sanitarias básicas y la reorganización institucional contextualizada. Atendiendo así al contexto de cada institución escolar y comunidad educativa en sus diversos aspectos sociales, organizativos y de infraestructura que requiere del desempeño del rol y las funciones de los equipos directivos.

El Ministerio de Educación de la provincia de Jujuy, en este contexto impulsó una serie de resoluciones que influyeron de alguna manera en el trabajo de los equipos directivos en las escuelas, presentándose la gestión escolar de la educación inclusiva como tema de interés para el análisis político-pedagógico de los sentidos en disputa, a observar como las reinterpretaciones y materialización de la política educativa y disposiciones normativas en sus prácticas de gestión pedagógica en general. En particular, motivó a profundizar sobre la relación entre las prácticas de gestión pedagógica del equipo directivo con las políticas educativas para el regreso presencial en una Escuela Primaria de San

Salvador de Jujuy.

El abordaje del tema se justificó, en la importancia que se le otorga a la función del directivo, donde a partir del viraje de época y de políticas educativas la centralidad se ubica en torno de los directores de escuelas como conductores y gestores pedagógicos de las instituciones, haciendo hincapié en la responsabilidad ética y política de éstos. Lo que supone enfatizar la enseñanza como tarea principal de la escuela que conlleva la función directiva” (Sverdlick y otros, 2018). Desde este planteo, en la última década se recuperó el aspecto político pedagógico de la gestión escolar y se revalorizó la tarea del directivo como aquel que imprime intencionalidad y decisión política para la generación de condiciones de realización para los proyectos. En este marco político, la escuela es definida como portadora de la delegación estatal de garantizar el derecho a la educación (Sverdlick y otros, 2018). En tal sentido los documentos ministeriales señalaban la cuestión ética como inseparable de la gestión como gobierno, en tanto responsabilidad de docentes y directivos que asumen como agentes del Estado para llevar a cabo la tarea que se delega a la escuela.

En aquél año, hacia el interior de las escuelas se presentaban a los directivos nuevos desafíos matizados por las fuerzas del contexto histórico, político y sanitario por el COVID-19 que provocó, que muchas de las acciones planificadas para la agenda escolar diaria sufran cambios o se postergue, mientras que otras, imprevistas, emergían como necesarias y urgentes. En este escenario excepcional de Pandemia se puso en juego los saberes que directores y directoras han construido a través de sus prácticas de gestión escolar a lo largo de su desarrollo profesional y de formación individual. En este punto se sostuvo una crítica a la pretensión de que las políticas educativas se transfieran de manera lineal entre las propuestas ministeriales y las prácticas de gestión escolar pedagógicas de los equipos directivos de escuelas primarias en contexto de pandemia.

Por todos los aspectos señalados con anterioridad, es que se abordó en este trabajo la comprensión de la relación entre las prácticas de gestión pedagógica del equipo directivo con las políticas educativas para el regreso a la presencialidad, en una escuela primaria de Jujuy, desde el enfoque de educación inclusiva.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se inscribió dentro de una modalidad cualitativa a partir de una perspectiva interpretativa, relacionando permanentemente la información cualitativa obtenida en función de los objetivos planteados para la investigación exploratoria,

respaldados y fundamentados en los referentes conceptuales.

Partió del supuesto de que, la realidad además de compleja, histórica, dinámica e interactiva, está dimensionada por aspectos morales, éticos y políticos propicios para planteamientos interpretativos. Desde "...este enfoque, que orienta la mirada hacia la praxis de las personas o grupos, sin descuidar el contexto, las condiciones, y la estructura, que es lo que permite una explicación del fenómeno social (Guido, 2015, p. 102). Al respecto, Vasilachis (1992) profundiza este concepto afirmando que la orientación cualitativa aporta datos muy ricos a la investigación dado que conserva el lenguaje original de los actores sociales e indaga en las definiciones de las situaciones, tal como la comprenden los involucrados.

Se seleccionaron como instrumentos de recolección de datos la entrevista y la observación participante. La entrevista como estrategia metodológica "es una comunicación personal suscitada con una finalidad de información. Las entrevistas cualitativas han sido descriptas como no directivas, no estructuradas, no estandarizadas y abiertas" (Morín, 1994, citado en Achilli, 2005, p. 70). Dentro de los tipos de entrevistas las cualitativas en profundidad fueron las elegidas como técnica a utilizar ya que son flexibles y dinámicas (Taylor y Bogdan, 1987). Para el caso de la observación se escogió técnica de observación participante (Schutz, 1994). Estas estrategias de investigación posibilitan el abordaje del sentido de la educación inclusiva que subyacen en los textos, anécdotas y voces de los miembros del equipo directivo y docentes de la comunidad educativa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación a los objetivos planteados, se logró describir las prácticas de gestión pedagógica del equipo directivo en el regreso a la presencialidad y problematizar las relaciones de estas con las políticas educativas para el regreso a la presencialidad propuestas por el Ministerio de Educación de Jujuy. Y esto, a través de la interpelación de la información relevada durante el trabajo de campo del que se construyeron dimensiones de análisis que se presentan a continuación, acompañadas de los hallazgos realizados:

Primera: "Interpretación de la normativa: la interpretación de la normativa para el regreso a la presencialidad en la organización escolar". En tal sentido se evidencia en el análisis realizado que las políticas educativas para el regreso a la presencialidad posibilitaron la implementación de diferentes estrategias de revinculación que involucraron diferentes acciones pedagógicas para el acompañamiento y asistencia a las trayectorias educativas de los estudiantes con mayor vulnerabilidad en sus recorridos en el Nivel

Primario. Para la presencialidad cuidada y plena fue necesaria la visita al domicilio de los/as 24 estudiantes con discapacidad que por su seguridad desarrollaron trayectorias intermitentes, de baja intensidad, con la excepción de dos casos que estuvieron desvinculados, por el múltiple deceso de miembros de la familia. Esta estrategia de revinculación posibilitó el desarrollo de la educación inclusiva a través del acompañamiento y respeto a la diversidad de las trayectorias educativas que los/as estudiantes pueden desarrollar.

La política educativa para el regreso a la presencialidad influyó plenamente en las prácticas pedagógicas del equipo directivo que implementó todo el proceso propuesto a través de la normativa nacional y jurisdiccional, junto a los/las docentes de la institución a través de la reorganización institucional, contemplando los tiempos, espacios, agrupamientos de estudiantes y docentes; con la finalidad de optimizar y activar de forma permanente los protocolos de bioseguridad a fin de hacer posible una educación con equidad para todos/as los/as estudiantes del Nivel Educativo Primario en tres etapas identificadas y caracterizadas desde las voces de docentes y directivos de la institución:

La primera etapa del regreso a las aulas a través de la Presencialidad, se desarrolló durante el primer semestre del período lectivo 2021, la misma se centró en la recuperación de la actividad escolar de manera continua y efectiva, generando nuevas formas para volver a la actividad escolar de manera paulatina, gradual y cuidada. A partir de agosto se instaló la segunda etapa del regreso a las aulas, a través de la Presencialidad Cuidada y Administrada. Se inició una planificación colaborativa, con mesas de trabajo para la construcción de fichas que daban cuenta de la organización y gestión de la institución escolar desde el inicio del Periodo lectivo 2021 hasta el 6 de agosto, la sistematización de esta información fue utilizada para la planificación de la tercera etapa del regreso a la presencialidad. Desde septiembre se instala la tercera etapa de la educación en San Salvador de Jujuy, mediante disposiciones normativas que orientan a los equipos de gestión en la reorganización institucional para la Presencialidad Total y Cuidada.

Segunda: "Prácticas de gestión pedagógica: Las prácticas de gestión pedagógica del equipo directivo. ¿favorecen u obstaculizan la educación inclusiva?". Las prácticas pedagógicas del equipo directivo desarrolladas evidenciaron una incidencia positiva en la planificación de la organización institucional, el asesoramiento pedagógico didáctico, en la mejora de las práctica de enseñanza y aprendizaje de los/as estudiantes, así también en la formación interna de los docentes, a partir de las

cuales surgen los siguientes hallazgos: a)-la implementación de las mediaciones tecnológicas posibilitaron la enseñanza y el aprendizaje a los/as estudiantes en las diferentes etapas de la presencialidad ampliando la accesibilidad al saber escolarizado, b)- Así también el sosteniendo del vínculo pedagógico didáctico y la revinculación socioemocional de los/as estudiantes entre pares y con los docentes que se fortaleció en el encuentro presencial en las aulas, c) El recreo escalonado, posibilitó disminuir los comportamientos violentos entre los/as estudiantes en el sector de los baños, los accidentes en el patio y ampliar la creatividad de los niños/as para modificar los juegos respetando las normativas de distanciamiento, d) En cuanto a la planificación para el desarrollo de la comprensión lectora posibilitó respetar la diversidad de tiempos de aprendizaje, ampliar la accesibilidad y la elección de los materiales didácticos por los estudiantes, e iniciar el trabajo entre docentes por ciclo a través de la enseñanza por proyectos específicos de enseñanza desde primero a séptimo grado a través de ejes temáticos propuestos desde el equipo directivo; e) los/as docentes involucraron a los padres en la enseñanza desde la planificación de la clase, ampliando los tiempos de lectura en familia, invitando al desarrollo de la conversación dialógica junto a los padres y construyendo espacios para la socialización de sus reflexiones y conclusiones en la escuela.

Tercera: “Sentido de la educación inclusiva: El sentido de la educación inclusiva desde la gestión escolar del equipo directivo”. Los sentidos otorgados por el equipo directivo, docentes y personal de maestranza que conforman la comunidad educativa se develaron desde la práctica cotidiana vivida por los actores sociales en los contextos de escuelas durante el regreso a la presencialidad: a) El equipo directivo asocia el término “educación inclusiva” con educación especial para los estudiantes con discapacidad identificados como la matrícula incluida en la escuela, es decir, que se asocia la inclusión educativa con las “necesidades educativas especiales”, de un determinado grupo de estudiantes dejando de lado a los alumnos que viven otras situaciones de desigualdad (por género o procedencia étnica). Es decir que el problema no está en la diversidad, en la existencia de gente diferente, más bien todo lo contrario: la diversidad enriquece. El problema está en la valoración desigual que se hace de la diferencia, lo cual convierte la diferencia en desigualdad. b) La educación inclusiva es visibilizada como un nuevo escenario, el cual demanda cambios en las prácticas pedagógicas del equipo directivo, de los/as docentes y en especial en la cultura escolar, esto requiere una nueva forma de relacionarse entre los adultos y estudiantes, un pacto social que articule los esfuerzos hacia un fin compartido consensuado y sentido por toda la institución

educativa.

Como lo plantean Ainscow y Miles (2008) se puede afirmar que, para que se dé una educación inclusiva es necesario desarrollar sistemas y comunidades que respondan a la diversidad y en donde se valoren a todas las personas, además se reconoce que en cada escuela se puede manifestar la inclusión de manera diferente, y por lo tanto, la cultura será particular en cada uno y se deberán incorporar los valores inclusivos que se vayan determinando por parte del colectivo. Los hallazgos muestran que, para el equipo directivo, la educación inclusiva está asociada a la gestión administrativa para integración de los estudiantes con discapacidad, con certificado único de discapacidad, a la articulación con la Escuela de Educación Especial que brinda el servicio de inclusión a la escolaridad a través de la maestra integradora, posicionándose desde un enfoque de integración escolar, concibiendo como apoyos especiales a los/as estudiantes con dificultades de aprendizaje.

Respecto a los procesos de educación inclusivas los directivos y docentes perciben de forma positiva la instalación de culturas, políticas y prácticas que respondan a la diversidad, sin embargo, al momento describir las prácticas pedagógicas desarrolladas desde la gestión directiva y de la clase se focalizan en las dificultades que atraviesan con los estudiantes con discapacidad identificados con los problemáticos, violentos para los que consideran, que no fueron preparados para la enseñanza a estudiantes con discapacidad. Respecto a las prácticas pedagógicas, persiste el trabajo individual influenciado por criterios clínicos y normativos, incipientemente aparecen prácticas reflexivas y colaborativas. Por último, ante el abordaje de los resultados del análisis, la educación en y para la diversidad se constituye en la oportunidad para gestionar la mejora educativa, para potenciar la innovación a través de la propuesta de intervención denominada “Comunidad profesional de aprendizaje por la educación inclusiva”.

## CONCLUSIONES

La irrupción de la educación inclusiva como tema y campo ha sido determinante en la política educativa y en la determinación de las prácticas pedagógicas. Ha sido tan contundente esta irrupción que la inclusión es hoy un aspecto fundamental en la educación, a un punto tal que parece ser inconcebible garantizar el derecho a la educación, sin concebir la superación de la exclusión y de la segregación como objetivo prioritario, como elemento central y transversal en la conformación de un sistema educativo democrático y público.

La Educación inclusiva se constituye en una estrategia para garantizar la igualdad de

oportunidades, en tanto que la educación es un derecho humano fundamental del que nadie puede ser excluido, porque va más allá del acceso a una educación obligatoria y gratuita, promoviendo el máximo desarrollo de las múltiples potencialidades de cada persona. Porque el derecho a la educación es el derecho a aprender durante toda la vida. Concebir la educación como derecho, implica que el Estado tiene la obligación de respetar, garantizar, proteger y promover este derecho porque su violación vulnera el ejercicio de otros derechos humanos.

En tal sentido la educación inclusiva, puede ser concebida como un proceso que permite abordar y responder a la diversidad de las necesidades de todos los educandos a través de una mayor participación en el aprendizaje, en las actividades culturales y comunitarias y reducir la exclusión dentro y fuera del sistema educativo. Lo que implica cambiar y modificar contenidos, enfoques, estructuras y estrategias basados en una visión común que abarca a todas los/las niños/as en edad escolar desde la convicción de que es responsabilidad del sistema educativo regular, educar a todas los/as niños y niñas.

La educación inclusiva como medio para garantizar a todos y todas, una escuela inclusiva que enfatiza el sentido de comunidad al acoger a estudiantes de diferentes contextos sociales, culturales, y con diferentes capacidades a través del desarrollo de políticas educativas, intersectoriales, que aborden de forma integral los factores externos a las instituciones educativas e internos al sistema educativo que generan la exclusión, discriminación y las desigualdades.

## REFERENCIAS

Anijovich y otros (2004) Una introducción a la enseñanza para la diversidad. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica. Anijovich, R. 2014. Gestionar una escuela con aulas heterogéneas. Buenos Aires: Paidós

Galán Peñalba, F. (2012) Tesis de doctorado "Diversidad y Educación: diagnóstico y propuesta de organización para la construcción de una escuela inclusiva. Un estudio de casos en la provincia de Jujuy-Argentina". Universidad de Barcelona-Facultad de Pedagogía

Harf, R. (2018) Educar con coraje: acerca de la gestión, la didáctica y el juego. 1ª ed- 5ª reimp. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CPEMD.

Ocampo González, A. (2015), "La gestión de la escuela inclusiva y su intervención institucional: tensiones entre la pertinencia de sus actuaciones y la necesidad de un nuevo paradigma epistémico", Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile. CELEI

Skliar, C. (2017). Pedagogías de las diferencias. Bs As: Noveduc, Cap. 3 y 7.

Sverdlick, I. Austral, R. Bloch, M. Sanchez, M. (2018) LA COMPLEJIDAD DE LA GESTIÓN ESCOLAR, Saberes y prácticas de los directores, los desafíos de la inclusión, Ed. Noveduc. Bs As.

Sverdlick, I. (2018). La complejidad de la gestión escolar, Saberes y prácticas de los directores. Los desafíos de la Inclusión. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Noveduc.

Taylor, S.J y Bogdan, L. (1998) Introducción a los métodos cualitativos de investigación La búsqueda de significados. Barcelona: Editorial Paidós.

Vasilachis, I. (1992) Métodos cualitativos: los problemas teóricos-epistemológicos. Buenos Aires: Centro Editorial de América Latina.

## **ENTRE EL DIAGNÓSTICO MÉDICO Y EL DIAGNÓSTICO PEDAGÓGICO: REFLEXIONES DESDE LAS AULAS DE NIVEL SECUNDARIO**

Fernández Miranda, Micaela S. & Mamani, Fani Mercedes.

Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy. Otero N° 262.

San Salvador de Jujuy. 4600. Jujuy.

Email: mfernandezmiranda@fhycs.unju.edu.ar

### **Resumen**

La educación de las personas con discapacidad desde el enfoque de educación inclusiva, es una cuestión central del siglo XXI, sustentada en la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (2006) y en la Ley de Educación Nacional Argentina (2006). Estas normativas garantizan el derecho a la educación, promueven la valoración de la diversidad humana, y exigen a las instituciones su transformación para eliminar barreras al aprendizaje y a la participación. En este contexto, la educación secundaria amplía su matrícula, se constituye como nivel obligatorio e incluye adolescentes con discapacidad para formarse a partir de prácticas pedagógicas y estrategias didácticas diversificadas sobre la base del currículum común. La presencia de estos estudiantes en las aulas, produce que el diagnóstico pedagógico y el diagnóstico médico confluyan y entren en tensión. Mientras uno pretende obtener información general para la planificación de saberes y estrategias de enseñanza, el otro informa acerca de condiciones de salud, enfermedades, trastornos y/o déficits individuales.

Aunque no pertenece al ámbito educativo, la influencia del diagnóstico médico en las prácticas escolares es evidente y, a veces, determinante. Frente a estudiantes que desafían la “normalidad”, los docentes recurren a él para responder preguntas como: ¿Qué tiene este estudiante? ¿Qué hago con él? Sin embargo, las respuestas obtenidas no siempre resultan útiles para guiar intervenciones pedagógicas efectivas y hasta limitan la promoción de aprendizajes significativos.

Este trabajo reflexiona sobre los riesgos del corrimiento del saber pedagógico frente al diagnóstico de discapacidad, analizando cómo la confluencia entre ambos sacude los sentidos de la escuela. La investigación, realizada en el ciclo básico de una escuela secundaria pública de San Salvador de Jujuy para obtener el título de Especialista en Educación Inclusiva, tuvo como objetivo analizar las prácticas pedagógicas y las configuraciones de apoyo implementadas en relación con estudiantes con discapacidad.

**Palabras clave:** Diagnósticos, educación secundaria, personas/estudiantes con discapacidad, educación inclusiva, prácticas pedagógicas.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo aborda la compleja interacción entre el diagnóstico médico y las prácticas pedagógicas en la educación secundaria Argentina, a partir de un estudio cualitativo realizado en el ciclo básico de un colegio público. En un contexto en el que la obligatoriedad y el mandato inclusivo transforman la escuela en un espacio de mayor diversidad, se analizan las tensiones entre el modelo médico-rehabilitador, históricamente dominante, y el modelo social de la discapacidad, consagrado por la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. Se exploran las prácticas y percepciones de docentes sobre el papel del diagnóstico médico, su impacto en la construcción de identidades escolares, y los desafíos que plantea para la inclusión. Los hallazgos invitan a reflexionar sobre las limitaciones del diagnóstico médico como herramienta central en la escolarización y abren el debate sobre la necesidad de enfoques pedagógicos que privilegien las relaciones contextuales y las estrategias inclusivas frente a las etiquetas clínicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La exploración socioeducativa llevada a cabo tuvo como propósito desarrollar un entendimiento situacional, enmarcado en un enfoque metodológico cualitativo con encuadre inductivo. De acuerdo con Vasilachis de Gialdino (1993), esta metodología permite construir una comprensión profunda de la realidad a partir del análisis de las interrelaciones que emergen en ella y de las voces de los sujetos involucrados. En este sentido, se emplearon técnicas flexibles y múltiples para la obtención de información, que fueron articuladas en el proceso de análisis interpretativo para favorecer la emergencia de teoría desde los propios datos y la generación de perspectivas teóricas situadas, sin pretensiones de generalización o extrapolación a otros contextos.

El estudio se desarrolló en San Salvador de Jujuy, en el ciclo básico de una institución urbana, de gestión pública con modalidad bachiller y orientaciones en Ciencias Biológicas y en Ciencias Sociales y Humanidades. La institución, cuyos inicios se remontan al año 1971, se encuentra en zona céntrica, rodeada de comercios y ferias de distintos rubros y cercana a la vieja terminal de ómnibus. En 1978, se incorporó al Régimen de Profesores designados por cargo (Plan 13), lo que permitió concentrar horas docentes en actividades extra clase, como planificación, apoyo a estudiantes, consejerías,

vinculación con las familias y la comunidad, recuperación de aprendizajes, salidas educativas y actividades extracurriculares. Esta particularidad, junto con la accesibilidad de los participantes y la relevancia de sus experiencias en relación con los objetivos de la investigación, definió los criterios de selección de la muestra, que fue intencional y no probabilística, siguiendo el criterio de conveniencia.

Para la recolección de información se realizaron observaciones no participantes de clases, entrevistas cara a cara en profundidad, cualitativas y no estructuradas a docentes curriculares y de apoyo y al equipo directivo de la institución; y se analizaron normativas, planificaciones, protocolos de evaluación y anotaciones de los docentes. El análisis de la información recogida se realizó mediante la categorización emergente y la triangulación de todas las fuentes mencionadas. Esto permitió no solo identificar patrones y tendencias en las prácticas pedagógicas y en las configuraciones de apoyo implementadas, sino también comprender cómo estas se desarrollan en el marco del contexto educativo específico de la institución.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde 1853, la función de la educación argentina fue construir un país civilizado. A partir de 1884, con la Ley 1420 de Educación Común, la educación primaria es obligatoria y gratuita y comienza a expandirse. Más adelante, las primeras escuelas secundarias del país se conformaron como readecuaciones y refundaciones de algunos colegios ya existentes. Los Colegios Nacionales se convirtieron en la forma hegemónica de la escuela media de la “alta cultura” (Dussel, 1997). Desde el siglo XIX, la expansión de la educación secundaria en los países de América Latina enfrentó el desafío de sostener su crecimiento, y en Argentina, la diversificación de la oferta institucional dio lugar a una dinámica de clasificación social en forma de segmentación. Esto se tradujo en la creación de recorridos educativos paralelos, separados por barreras institucionales y curriculares (Acosta, 2022).

Hacia fines del siglo XX, la escuela secundaria no pudo mantenerse al margen de las demandas de democratización y obligatoriedad, lo que llevó a una profunda revisión de sus orígenes elitistas y homogeneizantes. Este proceso se consolidó con la sanción de la Ley de Educación Nacional 26.206/06, que reconoció una nueva realidad social, cultural e institucional y exigió la transformación de la mirada sobre los procesos

de enseñanza, incluyendo el reconocimiento de los estudiantes con discapacidad (EcD) como sujetos plenos de aprendizaje con derecho a ingresar de manera irrestricta al nivel medio común.

Es importante detenerse aquí, en la consideración del término “discapacidad”, partiendo del modelo médico-rehabilitador. Desde una concepción reduccionista, entiende a la discapacidad como una cuestión de salud/enfermedad, y ha predominado históricamente con implicancias profundas en los ámbitos educativos (Palacios, 2008). Los EcD pueden ser integrados, pero vistos a través del prisma de un diagnóstico clínico, lo que condiciona las prácticas pedagógicas a la consideración de sus déficits o limitaciones.

Esta visión ha sido desafiada por el modelo social, que la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (Ley N° 26.378) consagra. Desde esta perspectiva, “discapacidad” es un término técnico que involucra por un lado a una persona con un estado negativo o problema de salud y, por otro lado, a la interacción de esa persona con un contexto. (Pantano, 2007). La discapacidad no (solo) es un problema de salud, sino una cuestión de derechos humanos y justicia social. Las barreras externas –y no las deficiencias individuales– son el principal obstáculo para la inclusión. Es así que el modelo social obliga a repensar el papel de la escuela: debe transformarse en un espacio inclusivo.

Sustentada en estas conceptualizaciones, la *inclusión*, hace referencia al modo en que la escuela debe dar respuesta a la diversidad humana (B. De La Puente, 2009); reconociéndola, valorándola y potenciándola como elemento enriquecedor de los procesos de enseñanza y de aprendizaje y favorecedor del desarrollo humano. (Melero 2006; Moriña 2004). Esto implicará la búsqueda constante de estrategias para lograr la presencia, la participación y el éxito de todos los estudiantes, entendiendo a los docentes responsables de las prácticas pedagógicas (Achilli, 1988) como los principales agentes involucrados en la creación e implementación de estas estrategias.

Hallazgos: Exceso de diagnósticos.

Tanto en las escuelas como en la práctica clínica, se realizan diagnósticos. En el ámbito educativo, el diagnóstico pedagógico tiene como propósito que el docente conozca a sus estudiantes y tome

decisiones para orientar los procesos de enseñanza y acompañar el aprendizaje (Castaño Garrido, 2013). Para ello, se exploran características, se identifican fortalezas y potencialidades, y se sistematiza la información con el fin de planificar prácticas pedagógicas pertinentes. Este diagnóstico conjuga tanto elementos particulares de cada estudiante como factores generales y contextuales del grupo, permitiendo una comprensión más amplia de la dinámica escolar. Por otro lado, el diagnóstico clínico es un procedimiento en el que un profesional de la salud analiza síntomas o dolencias para determinar la presencia de una enfermedad. A través de pruebas médicas o psicológicas, se busca desarrollar un plan de tratamiento o rehabilitación adecuado. A diferencia del diagnóstico pedagógico, el diagnóstico clínico se centra exclusivamente en el individuo, sin considerar el contexto grupal o institucional en el que se desenvuelve.

Aunque estos diagnósticos responden a contextos y finalidades diferentes, convergen en la escuela, donde sus límites de acción y propósitos tienden a desdibujarse. Esto da lugar a la superposición de categorías de saberes —el médico frente al pedagógico— y a la clasificación de los estudiantes en grupos diferenciados: los “*estudiantes del grueso*”<sup>1</sup>, los que “*tienen alguna condición*”<sup>2</sup>, “*los especiales*”,<sup>3</sup> “*los diferentes, los integrados*”<sup>4</sup>, en este caso, los estudiantes con discapacidad.

De la investigación realizada, se desprende que el diagnóstico clínico/médico/psiquiátrico, es un elemento decisivo para diseñar y concretar prácticas pedagógicas, y esto se debe a la persistencia del modelo médico-rehabilitador, que como ya se ha dicho, pone el foco en los “*déficits*” individuales. Si bien a lo largo de la historia de la educación de las personas con discapacidad, se han ido sucediendo numerosos cambios de enfoque y de marcos normativos para el abordaje de la diversidad, los impactos de estos en la práctica cotidiana dentro del aula, parecen no ser significativos. Fundacionalmente, la escuela secundaria argentina es un instrumento de selección y jerarquización social con una gramática clasificadora, excluyente, meritocrática y organizada en pares binarios tales como el par normal/anormal o común/especial (Melendez y Yuni (2017); y esta realidad parece ser muy difícil de modificar.

Una docente de apoyo a la inclusión (DAI) comenta: “*yo me formé en un modelo biomédico,*

<sup>1</sup> (Ent.3/4)

<sup>2</sup> (Ent.3/5)

<sup>3</sup> (Ent.2/8)

<sup>4</sup> (Ent. 2; 3; 5)

a lo cual cuando empecé a trabajar yo me di cuenta que tenía alumnos con el mismo diagnóstico y que funcionaban diferente, de acuerdo al contexto, a la estimulación que tenían y demás.”<sup>5</sup>. Aquí, la docente atribuye estas diferencias de “funcionamiento” al contexto, y a la estimulación que reciben los estudiantes, entre otros factores. Resalta la importancia del entorno del aula, y de las prácticas pedagógicas que allí se despliegan, junto con las barreras o apoyos que se presentan. Más adelante, amplía su opinión acerca de los diagnósticos médicos al decir “siempre renegaba yo del diagnóstico porque yo decía que te dan una imagen de un estudiante como que todos salieron de la misma fábrica y son todos iguales, y no, no son todos iguales”. Aquí se revela claramente una de las consecuencias de interpretar el hecho educativo desde el modelo médico: la tendencia a diagnosticar, medir, encasillar y etiquetar, lo que conlleva la asignación de una identidad específica a quienes reciben esas etiquetas. La representación médica de la que reniega la docente es fija, inmutable y tiene un efecto determinante, mientras que la definición de discapacidad desde el modelo social, ofrece una visión dinámica, según la cual las características o deficiencias de una persona no son, por sí solas, lo que define su trayectoria escolar, sino que esta estará profundamente condicionada por la manera en que la persona interactúe con su entorno.

Entonces, si bien es innegable que desde el momento en que imperaba el modelo médico hasta hoy, han sucedido cambios, algo que parece no cambiar es la necesidad de un diagnóstico médico en las escuelas. Así lo expresa un docente disciplinar: “si los chicos no están diagnosticados, no tienen seguimiento y no tienen una profesora que los acompañe”<sup>6</sup>. Este planteo resulta llamativo, ya que, siendo el docente responsable del curso, señala que los estudiantes sin diagnóstico carecen de una profesora que los acompañe, como si su tarea dependiera exclusivamente de la existencia de un diagnóstico formal.

Ahora bien, mientras algunos ingresan a la escuela con un diagnóstico establecido, otros son identificados como “casos sospechosos”, generando incertidumbre sobre cómo abordarlos pedagógicamente. Cuando esto sucede, la institución insiste en obtener el diagnóstico,

siendo la asesora pedagógica una de las encargadas de esta tarea. Sin embargo, a veces no llega nunca porque “según dicen, hay como una reticencia de los padres a hacerles el diagnóstico a los chicos”<sup>7</sup>. Al respecto, una docente expresa que, de todas maneras, “la norma dice, no necesitamos tener un diagnóstico”<sup>8</sup>.

Muchas reflexiones caben al respecto. ¿Por qué las familias se niegan a hacer diagnosticar a sus hijos/as/es? Y aparece la normativa como otro elemento que, junto con el diagnóstico, determinan la experiencia escolar de los EcD. Vale la pena detenerse entonces a examinar si la institución cumple en garantizar el derecho a la educación porque les “guste o no, (...) la norma está”<sup>9</sup>.

Cuando se le pregunta a un docente curricular, cómo hace en el caso de que un EcD desapruébe una instancia de evaluación, responde: “años anteriores nos dijeron que los chicos que están diagnosticados, no hay que desapruarlos.”<sup>10</sup>. Otro docente lo dice más claramente: “Por la norma, los chicos (con discapacidad) no se quedan de curso”<sup>11</sup>. Aparece el diagnóstico con la fuerza para decidir la aprobación o no de los estudiantes, incluso con más peso que aquello que en las aulas se presenta como evidente: “El año pasado había una chica diagnosticada y, cuando se enteraron los compañeros le hicieron un vacío y se enojaron con ella porque no era una discapacidad muy evidente (...) uno hablaba con ella y no parecía... Entonces, los compañeros se enojaron ‘¿Por qué aprueba si nunca participa, nunca...?’”<sup>12</sup>. En este caso, el estar diagnosticada, aunque “no se le note” la discapacidad, la eximía de ciertas responsabilidades, la habilitaba a aprobar sin participar en clases, y esto generaba malestar entre sus compañeros, en una etapa en la cual, la relación con los pares es fundamental. En este tipo de situaciones el riesgo es que la escuela se va quedando sin su mirada y sin su decir acerca de sus estudiantes, hipnotizada por la fuerza de los predicados de los saberes médicos, psiquiátricos. (Enright, 2018). A los fines del presente análisis, es pertinente preguntarse si es realmente el diagnóstico (médico) lo que precisa un docente frente a un grupo clase, o si existen o debieran existir otros dispositivos escolares para abordar la situación, ya que, de todos modos, el diagnóstico de la discapacidad a veces ni siquiera es suficiente. Una de las DAI comenta lo que

<sup>5</sup> (Ent.1/19)

<sup>6</sup> (Ent.3/3)

<sup>7</sup> (Ent. 3/3)

<sup>8</sup> (Ent.5/6).

<sup>9</sup> (Ent. 5/6)

<sup>10</sup> (Ent.3/3)

<sup>11</sup> (Ent.5/6)

<sup>12</sup> (Ent.3/5)

respondió ante la necesidad de una colega disciplinar de contar con la certificación diagnóstica de un estudiante: “*si el papel te dice, retraso mental o trastorno en las habilidades escolares, ¿qué te significa a vos?... ah no está bien, que no lo puedo tocar porque está protegido, que esto que lo otro. Le digo mire, la educación especial no es una vacuna, es tratar de trabajar con estrategias que favorezcan.*”<sup>13</sup> Por su parte, una docente curricular expresa: “*Sé que este es el tope... pero... lo mínimo, porque una vez me dijeron, este chico tiene un 4° grado más o menos, pero cuando yo empecé a trabajar, (...) tenía un 1° grado. Entonces ahí es donde el diagnóstico... por supuesto que son profesionales y saben en qué es lo que se enfocan ellos. Pero en matemática es donde salta inmediatamente las dificultades del razonamiento (...) hasta de sentirte cómodo en clase, porque si no te sentís cómodo en clase por más que hagas esfuerzo... entonces son miles de cosas que les pasa al chico.*”<sup>14</sup>. Aquí las docentes ponen de manifiesto lo que dice Benasayag respecto a que los rótulos-en este caso los dictámenes de los diagnósticos-generan la ilusión de que se sabe todo acerca de un sujeto (2010), cuando en realidad *son miles de cosas que les pasa al chico*, y entre esas cosas se encuentran justamente las relaciones dentro del aula, con la profesora, con sus compañeros, con el conocimiento matemático, etc. Parece ser entonces que, si llevar a cabo un diagnóstico pedagógico supone un proceso, y si la discapacidad es un concepto en constante evolución, el carácter definitivo de un diagnóstico médico termina siendo una limitación.

## CONCLUSIONES

¿Diagnóstico médico sí o no? ¿Hay posibilidades de encuentro y diálogo desde un enfoque pedagógico? En los primeros tiempos de la escolarización de personas con discapacidad, el modelo médico establecía múltiples clasificaciones. Del análisis realizado se desprende que, además de la distinción explícita entre estudiantes considerados "normales" o "comunes" y aquellos con discapacidad, existe otra clasificación dentro de este último grupo: los estudiantes diagnosticados y los que se encuentran bajo sospecha de tener alguna discapacidad. A partir de esto, se pueden resumir las siguientes cuestiones que dan conclusión a este escrito e introducción a otros temas para seguir discutiendo:

**Los límites entre el quehacer pedagógico y el diagnóstico médico:** En muchos casos, los docentes esperan o dependen del diagnóstico médico para definir intervenciones pedagógicas, que deberían basarse en principios educativos más amplios. Esto afecta las funciones y autonomía docentes, reduciendo el enfoque pedagógico a aplicaciones de indicaciones clínicas, sin considerar otras dimensiones del aprendizaje.

**Persistencia del enfoque médico centrado en el “déficit”:** A pesar de los avances, el enfoque médico sigue influyendo fuertemente en la manera en que las escuelas perciben y abordan la enseñanza para/con EcD. El diagnóstico médico, en lugar de ser un complemento para la planificación educativa, se convierte en un determinante. También condiciona la asignación de recursos y configuraciones de apoyo, que muchas veces se otorgan solo a partir de una clasificación médica.

**Categorización y jerarquización de los estudiantes según el diagnóstico:** La confluencia de diagnósticos en el contexto escolar perpetúa una categorización que clasifica y divide a los estudiantes en función de etiquetas médicas. Esta división no solo afecta la forma en que se asignan recursos, sino que también refuerza estigmas y desigualdades. Los estudiantes diagnosticados pueden ser percibidos como más necesitados de apoyo que aquellos sin un diagnóstico formal, lo que genera un ambiente de segregación. Esta jerarquización contribuye a una pedagogía diferenciada que no siempre favorece la inclusión, y en algunos casos, refuerza barreras estructurales dentro del aula. A menudo se etiqueta a algunos estudiantes como "bajo sospecha" de tener algún trastorno, lo que contribuye a una percepción distorsionada de la diversidad humana.

**La pedagogía frente al saber médico:** Si bien los saberes médicos, psicológicos y otros pueden ser valiosos dentro de un enfoque interdisciplinar, es crucial mantener el sentido y propósito del trabajo pedagógico. La práctica pedagógica debe centrarse en la creación de oportunidades de aprendizaje y en la valoración de la diversidad, más allá de las categorías médicas. Dar prioridad al diagnóstico clínico simplifica la realidad educativa, reduciéndola a un conjunto de adaptaciones para estudiantes “diagnosticados”, cuando en realidad la educación es un proceso multifacético que involucra contextos sociales, emocionales,

<sup>13</sup> (Ent. 1/26)

<sup>14</sup> (Ent.2/4)

culturales y cognitivos. El desafío radica en equilibrar los aportes médicos sin perder de vista la complejidad y riqueza de la tarea pedagógica, para la generación de entornos de aprendizaje accesibles.

**Limitaciones del diagnóstico médico para abordar la totalidad del proceso educativo:** Un diagnóstico médico podría proporcionar información valiosa sobre aspectos específicos de la vida de un estudiante, pero dentro del aula es insuficiente para comprender plenamente los procesos de aprendizaje. Los estudiantes son sujetos complejos, cuyas experiencias y trayectorias de aprendizaje están influenciadas por múltiples factores: sociales, familiares, emocionales, y contextuales. Limitar la intervención pedagógica a un diagnóstico médico supone una visión reduccionista de la educación, y puede invisibilizar las necesidades y potencialidades que no se reflejan en un diagnóstico clínico. Por lo tanto, se requiere una perspectiva integral que contemple el diagnóstico médico como una herramienta más, dentro de un enfoque más amplio y flexible para garantizar una verdadera inclusión educativa.

**Y ¿entonces?** Se evidencia que los docentes curriculares expresan sus dificultades en relación al trabajo con EcD, con cierta impotencia y en términos de deseos de saber cómo hacer. Entonces, en esa impotencia puede buscarse la potencia que permita que sus esfuerzos y los de las docentes de apoyo a la inclusión, se sinergien en pos de un objetivo común.

## REFERENCIAS

Acosta, F. (2022). Diversificación de la estructura de la escuela secundaria y segmentación educativa en América Latina.

- Achilli, E. (1988). La práctica docente: una interpretación desde los saberes del maestro. Cuadernos de Antropología social, (2)
- Barrio De La Puente, J. (2009). Hacia una educación inclusiva para todos. Revista complutense de educación.
- Benasayag, M. y otro (2010). Ética y etiqueta. Las pasiones tristes. Sufrimiento psíquico y crisis social, 77-97.
- Castaño Garrido, et al. (2013). Enseñar y aprender en entornos m-learning. Madrid.
- Dussel, I. (1997). Curriculum, humanismo y democracia en la enseñanza media. Buenos Aires.
- Enright, P. (2018). En tiempos de predicados sin Sujetos. Miradas hacia la educación inclusiva, 77.
- Melendez, C. E., & Yuni, J. A. (2017). La puesta en acto de las políticas socioeducativas de inclusión en escuelas secundarias de la Provincia de Catamarca, Argentina. Praxis educativa, 21(1), 55-63.
- Melero, M. L. (2006). La ética y la cultura de la diversidad en la escuela inclusiva. Sinéctica.
- Moriña-Díez, A., & Latas, M. A. P. (2004). Lo que todos nos preguntamos sobre la educación inclusiva. Revista Padres y Maestros.
- Palacios, A. (2008). El modelo social de discapacidad: orígenes, caracterización y plasmación en la CDPCD. Cermi
- Pantano, L. (2007). La palabra 'discapacidad' como término abarcativo. Observaciones y comentarios sobre su uso. Revista Cuestiones, 9(1), 105-126.
- Vasilachis, I. (1993). Métodos cualitativos II. La práctica de la investigación. Centro Editor de América Latina, Buenos Aires.
- Ley N° 26.206 de Educación Nacional
- Ley N° 26.378 Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad.

# APUNTES SOBRE LA VIOLENCIA EN EL CAPITALISMO Y SUS VÍNCULOS CON EL RACISMO PARA PENSAR AMÉRICA LATINA

Duran, Valeria <sup>(1), (2)</sup>

1. Doctorado en Estudios Sociales Agrarios (Centro de Estudios Avanzados). Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, CP. 5000. Córdoba.
2. UE-CISOR (Universidad Nacional de Jujuy-CONICET). San Salvador de Jujuy. CP. 4600. Jujuy.

Email: vduran@cisor.unju.edu.ar

## Resumen

El trabajo es un avance de mi tesis doctoral en Estudios Sociales Agrarios titulada “Neoindigenismo y neoextractivismo en Jujuy: el racismo estructural en la conflictividad territorial de la Puna argentina (2015-2023)”. En esta línea, indago antecedentes teóricos enfocados en el estudio de la violencia y el racismo presentes en el capitalismo, tomando como marco teórico los aportes de la ecología política, disciplina crítica del extractivismo. La metodología toma las contribuciones de la filosofía –mi disciplina de base–, en particular la tradición de la historia de las ideas latinoamericanas (Roig, 1981; Cerutti, 1996, 2006). En esta dirección, la investigación procedió a indagar el pensamiento de autores críticos del capitalismo que identificaran tipos de violencia capitalista, identificando modos de ejercerla y, si fuera el caso, vinculándola con formas de violencia racista. Finalmente, se analizan las ideas presentadas y se conceptualizan la violencia capitalista en general y la violencia racista en particular.

**Palabras clave:** violencia capitalista, violencia racista, antirracismo, poder indio, poder negro.

## INTRODUCCIÓN

El trabajo es un avance de mi tesis doctoral en Estudios Sociales Agrarios titulada “Neoindigenismo y neoextractivismo en Jujuy: el racismo estructural en la conflictividad territorial de la Puna argentina (2015-2023)”.

En esta línea, indago antecedentes teóricos enfocados en el estudio de la violencia y el racismo presentes en el capitalismo, tomando como marco teórico los aportes de la ecología política, disciplina crítica del extractivismo.

Uno de los tópicos de la ecología política versa en torno a los modos de dominación producidos y ejercidos por el orden capitalista y la consecuente afectación ambiental. Diferentes producciones de influencia marxista han analizado este problema en América Latina, exponiendo los procesos de apropiación y

despojo territorial, así como el impacto en el metabolismo social producido desde la Conquista.

Tomo como punto de partida dos ideas compartidas por Omar Arach (2019) quien caracteriza al extractivismo como un modelo de apropiación de recursos y territorios para los mercados globales, que requiere grandes inversiones y normaliza la explotación de la naturaleza. Su expansión se apoya en avances tecnológicos, la financierización de la economía y acuerdos políticos que lo legitiman.

El autor identifica dos tipos de violencia asociadas al megaextractivismo: una epistémica, que lo legitima mediante conocimientos científicos, y otra político-militar, empleada para despojar territorios. Sin embargo, el autor no se expresa sobre la violencia racista presente en el capitalismo. Fue la percepción de esta ausencia lo que motivó la presente investigación.

Para ampliar los aportes de Arach (2019) indago antecedentes sobre la violencia en el capitalismo y sus vínculos con el racismo. Rastreo estas ideas en Marx ((2009[1894])), Luxemburg (1913) y Bartra (2014). Luego presento un estudio sobre el problema del intercambio desigual, la división internacional del trabajo y el racismo en el capitalismo imperialista. Allí tomo como referencias las obras de Wallerstein (2005) y Meillassoux (1977). Finalmente, abordo discusiones en torno a la lucha de clases y el racismo presentadas desde perspectivas de pensamiento del poder indio y poder negro, producidas a partir de la segunda mitad de siglo XX en Bolivia y Estados Unidos respectivamente.

Defino como objetivo de investigación la construcción de herramientas conceptuales en torno a la violencia capitalista y el racismo, aplicable a la discusión teórica sobre el tema en contextos neoextractivistas y neoindigenistas contemporáneos en Jujuy.

## **METODOLOGIA**

La metodología que aquí se presenta toma los aportes de la filosofía –mi disciplina de base–, en particular la tradición de la historia de las ideas latinoamericanas (Roig, 1981; Cerutti, 1996, 2006). Las ideas son comprendidas en su historicidad como expresión del pensar, producidas por sujetos colectivos que responden a diversas ideologías. Por lo que se busca comprender el contexto de su emergencia, su dimensión política y su función social. El énfasis en lo latinoamericano afirma la posicionalidad geopolítica y epistémica desde la cual se produce la indagación filosófica.

En esta dirección, la investigación procedió a indagar el pensamiento de autores críticos del capitalismo que abordaran la violencia capitalista, identificando modos de ejercerla y, si fuera el caso, vinculándola con ideas o prácticas racistas. Finalmente, se analizan las ideas presentadas y se conceptualizan la violencia capitalista en general y la violencia racista en particular.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **1. Abordajes teóricos sobre tipos de violencia en el capitalismo**

Marx (2009[1894]) sostiene la idea de que la violencia capitalista se ejerce a partir de dos

medios de acrecentamiento del capital, uno basado en la explotación de la fuerza de trabajo y el otro fundado en la apropiación y explotación de las fuerzas naturales (tierras, aguas, minerales, etc). A uno se refiere como plusvalía y al otro como plusganancia.

Luxemburg (1913) contribuye a una distinción de los diferentes tipos de violencia que emplea el capitalismo para satisfacer sus necesidades: a) violencia política; b) presión tributaria; c) baratura de las mercancías y; d) violencia militar. Sobre la última considera que la violencia política del capitalismo en Europa se expresó en términos de revolución, mientras que en las colonias lo hizo en términos de guerra. La dominación colonial implementó formas mixtas de poder político y poder económico mediante el sistema tributario y la comercialización con las comunidades locales. En esta dirección, aborda la cuestión del “militarismo como campo de la acumulación del capital” (Luxemburg, 1913: 225).

Finalmente, Bartra (2014) aporta un criterio de distinción económico para analizar la violencia capitalista. Distingue dos modos de expropiación y, consecuentemente dos formas de violencia, presentes en el proceso de acumulación primitiva. En el momento del saqueo se produce una violencia extraeconómica que despoja a las personas de sus tierras, culturas y saberes. Mientras que con la superexplotación de la fuerza de trabajo de los obreros se ejerce una violencia específicamente económica, mediante la que se obtiene la plusvalía. En el primer momento poblaciones enteras son afectadas; en el segundo, son violentados específicamente los trabajadores.

### **2. Intercambio desigual, división internacional del trabajo y racismo en el capitalismo imperialista**

Wallerstein (2005) afirma que el éxito de la economía-mundo reside en su gestión de la división del trabajo, fundada en un intercambio desigual que consiste en diferenciar la producción mundial en productos centrales y productos periférico. Los primeros son controlados por mercados monopólicos mientras que los segundos pertenecen a productores en posiciones de desventaja en la relación oferta-demanda. En consecuencia, la producción central se apropia de la plusvalía producida por los productores de la periferia. Esta división axial del trabajo amplía los análisis en términos de economías nacionales, orientando la mirada a un proceso económico sistémico a escala mundial.

Claude Meillassoux (1977) cuestiona el imperialismo y analiza las causas del subdesarrollo en los países colonizados. Ellas son a) la superexplotación de la fuerza de trabajo; b) el intercambio desigual en el comercio internacional y; c) la incorporación de modos de producción doméstica para la reproducción del capitalismo.

La idea fuerza sostiene que el imperialismo actúa con una lógica de preservación/destrucción de los modos de producción no capitalistas, obteniendo de ellos plusvalía y plustrabajo. Esta es la principal causa del subdesarrollo y explica también el origen de las divisiones de la clase obrera internacional.

El doble mercado de trabajo comprende el salario directo y el salario indirecto. En el caso de los trabajadores migrantes o campesinos, ellos no perciben un salario directo que cubra el costo de su trabajo y su reproducción material, sino que ésta es solventada por las economías domésticas. Por lo tanto, el capital percibe una renta en trabajo por la transferencia de los costos de reproducción material de la existencia hacia las unidades domésticas.

El doble mercado de trabajo se sostiene mediante la reproducción de una ideología racista. Esta puede resumirse en: a) una política diferencial de salarios dirigida a los trabajadores migrantes; b) inestabilidad laboral y restricciones al trabajo migrante, reguladas y controladas; c) reproducción social de prejuicios racistas y xenófobos que naturalizan la inferioridad de los migrantes en el ámbito laboral.

Afirma que tanto la prensa como los partidos políticos fascistas refuerzan esta ideología racista. También contribuyen a su reproducción las patronales y los gobiernos pues, en última instancia, no accionan medidas que reviertan las condiciones de sobreexplotación de los trabajadores migrantes.

Los trabajadores inmigrantes no son considerados ciudadanos ni tampoco plenamente trabajadores. Esto produce una diferenciación de la clase obrera internacional.

Finalmente, el autor distingue tres facciones dentro del proletariado según su condición de explotación y su potencial de reivindicación de conciencia de clase y organización sindical: a)

proletariado integrado; b) proletariado campesino y; c) proletariado sin medios de reproducción en ningún sector (campesinos migrantes desterritorializados).

Sostiene que la lucha de clases debe albergar a todo el conjunto del proletariado y no debe limitarse a demandas económicas, sino que debe construir reivindicaciones políticas que enfrenten al capitalismo.

### **3. Crítica al imperialismo desde la perspectiva del Poder Negro y Poder Indio**

En “El Poder Negro” (1967a), Stokely Carmichael afirma que Estados Unidos es un país estructuralmente racista fundado en la explotación de los negros y sostenido de modo acríptico por la sociedad.

Carmichael resume el problema de la comunidad negra norteamericana en dos cuestiones: pobreza y negritud. Para enfrentar el racismo y la pobreza es fundamental la construcción de poder político entre los miembros de la comunidad negra. Este fue el objetivo de su organización SNCC<sup>15</sup>, que también puede traducirse en la lucha por el poder para el ejercicio de la autodeterminación negra.

El Poder negro aspira a convertirse en una fuerza política capaz de unificar y representar las necesidades de la comunidad negra. Y la SNCC se presenta como la organización que puede concretarlo. El Poder negro refiere a la capacidad de construcción política y empoderamiento de los negros racializados en Norteamérica. También propone un diálogo con otras naciones oprimidas como América Latina, Medio Oriente, sur de África y VietNam.

Para el Poder Negro, la lucha contra el racismo no se resuelve con una mejora salarial ni con el desplazamiento de la opresión económica a otros grupos sociales. Afirma que existe un racismo que diferencia jerárquicamente entre trabajadores blancos y trabajadores negros. Mientras los blancos son trabajadores integrados al capital, los negros son trabajadores diferenciados. Las huelgas y reclamos salariales de los trabajadores blancos no cuestionan el modelo de producción. Por eso, se profundiza y radicaliza la idea de una lucha contra el racismo y contra el sistema productivo que lo sostiene. Se propone una alianza con los pueblos del Tercer Mundo (Carmichael, 1967b).

---

<sup>15</sup> Comité Coordinador de Estudiantes contra la Violencia (SNCC, por sus siglas en inglés)

La lucha antirracista tiene como finalidad el cese de la violencia hacia los negros, pero ello no significa privarse de ejercer la autodefensa u organizarse contra aquélla. Esta decisión política se produjo en un contexto de fuerte represión y fatal ofensiva hacia la comunidad negra norteamericana por parte de la comunidad blanca.

Carmichael denuncia la imposición de un pensamiento racista sobre la comunidad negra que reproduce un sentimiento de inferioridad y un desconocimiento o negación de su propia historia y de su condición de sometimiento. Para confrontarlo promueve la idea de una “igualdad psicológica” que permita confiar en las propias capacidades. Destaca la importancia política de construir una “conciencia negra y rebelde”.

Tres críticas al “Poder negro” por parte de sectores de poder fueron; a) racismo invertido (los negros racializados ahora discriminarían e intimidarían al blanco); b) amenaza a la unidad nacional (promueve un “nacionalismo negro” de carácter secesionista y conspiracionista) y; c) esencialismo de la negritud (se idealizan o se fijan ciertos atributos como inamovibles).

Carmichael responde que a) desplaza la responsabilidad de los blancos racistas hacia los negros racializados que tienen derecho a defenderse. En cuanto a b) afirma que los negros buscan construir una nación no capitalista, sin racismo y sin pobreza, con los valores del amor por la humanidad y la solidaridad. Respecto a c) aclara que la identidad negra es una construcción política colectiva que expresa sus intereses y necesidades comunes. No basta con que un negro acceda a espacios de representación política; debe hacerlo desde una organización representativa de su comunidad.

Finalmente, Carmichael considera insuficientes las políticas estatales de carácter integracionista porque promueven el ascenso de clase para algunos negros, pero esto no aplica para todos ni involucra una crítica del racismo ejercido. Consecuentemente, ellas sólo contribuyen a continuar la reproducción de la hegemonía blanca. Por esto, el Poder Negro promueve que la comunidad negra pueda decidir por sí misma sobre los fondos de los programas de pobreza o educación.

En cuanto al pensamiento político indianista producido por Fausto Reinaga (2012 [1970]), éste devela y denuncia el racismo como problema estructural, es decir, como producto de relaciones de poder ejercidas por Occidente sobre las

naciones indias. El indio no es sólo una clase explotada sino ante todo una nación socialmente oprimida, usufructuada económicamente y desterritorializada en función de la estructura racista de la nación (en este caso, la Bolivia de mediados del siglo XX).

Occidente es una categoría de análisis que ordena los tópicos del pensamiento indianista de Reinaga; comprende una totalidad que incluye tanto a Estados Unidos como a Europa y la –por entonces- Unión Soviética. Es una civilización en crisis que emplea su riqueza económica, su desarrollo científico, su religión y su poderío militar para oprimir al resto del mundo, amenazando la vida de las demás naciones. Se trata de una civilización con pretensiones totalizantes, expresión del pensamiento blanco supremacista que, mediante una guerra racista, contribuyó a grandes genocidios en la historia, como el nazismo de Hitler y el genocidio judío, la segregación racial negra en EE. UU, el apartheid en Sud África y las colonias británicas, así como la dominación india en América.

Para su tratamiento del racismo, Reinaga toma como referencia la “Declaración sobre Raza y Racismo” de la UNESCO (1967). Ella estableció la inexistencia de pruebas científicas que demostraran la superioridad de una raza sobre otras. Es decir, que se afirmó la existencia de razas y la viabilidad de realizar estudios científicos sobre ellas desde una perspectiva biológica, pero se negó rotundamente la posibilidad de determinar científicamente la superioridad racial. El documento de la UNESCO reconoció el problema de la dominación racista como expresión de un conflicto que no podía debatirse en términos científicos sino políticos.

Existe una relación racializante-racializado, donde el primer término ejerce la dominación y el segundo la padece. Así, existen sujetos y prácticas racistas de dominación legitimadas por teorías racistas. A su vez, quienes se resisten a ellas y luchan por su libertad aplicarían doctrinas con implicaciones también racistas, aunque éstas tendrían origen en una situación de dominación previa.

En este contexto, las identidades racializadas enfrentan la opresión mediante diversas estrategias. La principal comprende procesos de afirmación de las propias identidades como valiosas. Hay una distinción entre teorías racistas (producidas por los grupos dominantes) y doctrinas racistas (producidas por las víctimas de estas prácticas). Pero en ambos casos, se

argumenta que ellas carecen de fundamentación científica. Por lo tanto, son expresiones que dan cuenta de un conflicto que se dirime en el campo de lo político.

La Declaración es clave para la argumentación de Reinaga sobre el racismo en términos de conflictividad política: si la opresión del indio es racial, entonces la lucha debe ser contra el racismo; por ello, es prioritaria la lucha antirracista respecto de la lucha de clases. Si bien la pobreza y la explotación hacia las naciones indias responden a una condición de dominación económica, éstas se fundan en una dominación racial.

Reinaga empleó el término “lucha de razas”, por lo que recibió críticas de racismo invertido. Sin embargo, esta idea no se comprende cabalmente sin su contextualización con el vocabulario de la época, tal como lo demuestra la “Declaración sobre Raza y Racismo”.

El racismo de Occidente se ejerció sobre diferentes naciones, no sólo en América Latina. El autor fundamenta su posición política en diálogo con los intelectuales contemporáneos del Poder Negro. Entre ellos menciona a Stokely Carmichael, Malcom X y Charles Hamilton. Le atribuye a Carmichael (1967b) y la distinción entre raza y clase.

Reinaga recoge con entusiasmo la experiencia de la lucha negra en Estados Unidos y enriquece su propia teorización sobre la lucha india y la construcción de un poder político propio. En 1970 emplea la expresión Poder indio para señalar el objeto último de su organización política: disputar el control del poder en Bolivia. La revolución india proyecta la toma del poder por parte del indio, pero para ello es imprescindible la unidad india. Su propósito no es sólo liberar al indio del racismo de occidente. Por ello, El Manifiesto del Partido Indio de Bolivia (2007 [1970]), considera al indianismo como instrumento ideológico y político de la Revolución India y de la Revolución del Tercer Mundo.

## CONCLUSIONES

La violencia capitalista comprende diferentes formas de coerción, presión, sometimiento y explotación que se ejercen sobre sujetos y territorios para la maximización de la renta. En términos históricos es posible distinguir dos momentos de la violencia capitalista: a) violencia extraeconómica, que refiere al momento de acumulación originaria y; b) violencia

económica, que remite al momento de la acumulación propiamente capitalista. En el momento del despojo originario se produce una violencia extraeconómica que expropia a las personas de sus tierras, culturas y saberes. Se define en términos extraeconómicos porque es un momento que antecede en términos históricos a la conformación del capitalismo. Mientras que con la superexplotación de la fuerza de trabajo de los obreros y el despojo estructural se ejerce una violencia específicamente capitalista. Esto permite afirmar que la violencia es inherente a la conformación del capitalismo y a la acumulación de ganancias.

Las distintas formas de violencia pueden pensarse en forma articulada. Por ejemplo, es posible afirmar que, tanto durante la colonia como en la actualidad, la violencia política y la violencia económica emplean la violencia militar para asegurar el control sobre los recursos y los territorios.

Los estudios sobre la violencia capitalista también pueden analizarse en su dimensión sistémica o desde la crítica antiimperialista. Aunque con consecuencias teóricas diferentes, estas posiciones permiten distinguir modos de la violencia económica tales como: i) la división internacional del trabajo; ii) el intercambio desigual entre las producciones centrales y periféricas; iii) la externalización de los costos de reproducción de los trabajadores hacia las economías domésticas y; iv) creación de un doble mercado de trabajo fundado en ideologías racistas. En todos los casos, la violencia se expresa en términos de desigualdad estructural.

La consolidación del doble mercado de trabajo recurre a dos principales tipos de violencia: a) violencia económica que regula el acceso al trabajo a campesinos o migrantes y que sólo concede salarios indirectos y; b) violencia racista que naturaliza y legitima la inferioridad racial con la colaboración de gobiernos, empresas y medios de comunicación. Esto tensiona a la clase trabajadora produciendo divisiones internas muy profundas.

Las propuestas del pensamiento negro y pensamiento indio profundizan en el problema del racismo ejercido hacia la comunidad negra en EE.UU y la nación india-indígena en Bolivia. Ambas reconocen al menos dos tipos de violencia: a) violencia económica que determina su pobreza estructural; b) violencia racista que naturaliza su inferioridad. La violencia racista se practica mediante i) violencia psicológica que interioriza la inferioridad y ii) violencia

epistémica que reproduce el olvido de la propia historia. Incluso, para el caso indio-indígena, puede aventurarse la presencia de c) una violencia político-militar que fragmenta y desterritorializa la nación india e impone sus propias fronteras estatales.

A partir de estas contribuciones, entiendo la violencia racista como un tipo de violencia producida por el capitalismo. Se basa en la naturalización de la inferioridad racial de ciertos grupos sociales, fundada en diferencias biológicas no respaldadas científicamente, pero legitimadas políticamente. La violencia racista opera en estrecha relación con la violencia económica y justifica la explotación diferenciada de los trabajadores. Esto puede considerarse uno de los mayores logros del capitalismo porque fragmenta las demandas de los trabajadores y obstaculiza la lucha contra el sistema capitalista que expropia su fuerza de trabajo. Por lo tanto, los sujetos racializados, como los indios-indígenas y los negros, advierten que su lucha antirracista trasciende la lucha de clases. Esto se debe a que las mejoras salariales y el ascenso social de clase de algunos trabajadores no garantizan el fin del racismo estructural. Queda por analizar en otro trabajo si la violencia racista es exclusiva del capitalismo.

Finalmente, dadas las críticas de racismo invertido argumentadas desde los sectores racistas es importante afirmar, siguiendo a la *Declaración sobre Raza y Racismo*, que la violencia racista es un problema político que asume la superioridad racial de ciertas poblaciones. A pesar de que esto sea indemostrable biológicamente, en el plano político se asume como evidente. Por ello, tanto el Poder Negro como el Poder Indio construyen su propuesta antirracista desde perspectivas políticas.

## REFERENCIAS

Arach, O. (2019). “Como un ejército en territorio enemigo. Acerca de la violencia epistémica en la expansión megaextractivista”. En Úrsula Oswald Spring y Serena Eréndira Serrano Oswald (Eds.), *Riesgos socio-ambientales para la paz y la seguridad en América Latina y el Caribe*. México: CRIM-UNAM.

Bartra, A. (2014). “Rosa Luxemburgo: violencia y despojo en los arrabales del capital”. En Germán Sánchez, Alejandro Álvarez y Silvana Figueroa (coord.), *Reproducción, crisis y resistencia: a cien años de La acumulación del*

capital de Rosa Luxemburgo. México: BUAP-CLACSO.

Carmichael, S. (1967a). “El poder negro”. En *Pensamiento crítico*, (4). La Habana.

Carmichael, S. (1967b). “El pueblo”. s/d.

Luxemburg, R. (s/d [1913]). *La acumulación del capital*. Ediciones Internacionales SEDOV.

Marx, K. (2009[1894]). *El Capital*. Tomo III. Vol 8. *El proceso global de producción capitalista*. México. Siglo XXI.

Meillassoux, C. (1977). *Mujeres, graneros y capitales*. México. Siglo XXI.

Reinaga, F. (2012 [1970]). *La Revolución India*. Perico: Qollasuyu Marka-Llankaj Maki-Orkopo-Amara-Ayllu Balderrama-El Malón Vive.

Wallerstein, I. (2005). *Análisis del Sistema Mundo. Una Introducción*. México. Siglo XXI.

# ANÁLISIS DE LA PARTICIPACIÓN JUVENIL EN LAS INSTANCIAS LEGISLATIVAS DEL PARLAMENTO DE LA JUVENTUD<sup>16</sup> (2016 A 2022) EN LA CIUDAD DE SAN SALVADOR DE JUJUY, DENTRO DEL CONTEXTO DE PRÁCTICAS ADULTOCÉNTRICAS

Cortez, Rubén Antonio<sup>(1),(2)</sup> & Ippolito O'Donnell, Gabriela<sup>(3)</sup>

(1) Escuela Superior de Ciencias Jurídicas y Políticas; Universidad Nacional de Jujuy

(2) Facultad de Ciencias de la Administración; Universidad de Ciencias Empresariales-  
Sede Jujuy

Costa Rica N° 885; B° Mariano Moreno. Ciudad: San Salvador de Jujuy. Código Postal: 4600.

Provincia: Jujuy

E-Mail: rubencortez28@yahoo.com.ar

## Resumen

Las contribuciones de los jóvenes a sus comunidades y naciones no están siendo comprendidas ni potenciadas. La juventud está realizando cambios como activistas, como líderes en el desarrollo de la comunidad y por sus niveles de participación en voluntariado. En muchas partes del mundo, pueden ser percibidos como apáticos o no comprometidos, pero esto es mayormente inexacto. En todo el mundo, la juventud está modificando las formas tradicionales de participación política (por ej.: el voto). Sin embargo, el movimiento global de la juventud es caracterizado por la fragmentación, dando por resultado acciones aisladas que no alcanzan su capacidad máxima, a menudo debido a una carencia de recursos, conocimiento, información y barreras institucionales.

Problematizando esta cuestión de la participación y llevado al contexto de la inserción juvenil y adolescente, surgen interrogantes en torno a prácticas deliberativas y de interacción entre los jóvenes que participan en determinados contextos políticos.

Los interrogantes planteados, nos llevan a comprender las causas que llevan a los jóvenes a participar políticamente. Es por ello que, el presente estudio de caso se orienta a indagar: ¿Cuáles son las causas que motivan a los y las jóvenes de la Provincia de Jujuy a participar y deliberar políticamente en las instancias legislativas del Parlamento Juvenil?

**Palabras claves:** jóvenes; participación; Parlamento Juvenil; política; adulto-centrismo

## JÓVENES Y PARTICIPACIÓN

*“Análisis de la participación juvenil en las instancias legislativas del Parlamento de la Juventud<sup>17</sup> (2016 a 2019) en la ciudad de San Salvador de Jujuy, dentro del contexto de prácticas adultocéntricas”*

*“Se dicen que las nuevas generaciones  
serán difíciles de gobernar,  
así lo espero.”*

*Émile-Auguste Chartier (Alain)<sup>18</sup>*

### INTRODUCCIÓN

#### Contextualización inicial

Las contribuciones de los jóvenes a sus comunidades y naciones no están siendo comprendidas ni potenciadas. La juventud está realizando cambios como activistas, como líderes en el desarrollo de la comunidad y por sus niveles de participación en voluntariado. En muchas partes del mundo, pueden ser percibidos como apáticos o no comprometidos, pero esto es mayormente inexacto. En todo el mundo, la juventud está modificando las formas tradicionales de participación política (por ej.: el voto). Sin embargo, el movimiento global de la juventud es caracterizado por la fragmentación, dando por resultado acciones aisladas que no alcanzan su capacidad máxima, a menudo debido a una carencia de recursos, conocimiento y/o información, y por barreras institucionales. (Juventud y ODMs; 2005).

En las décadas pasadas, un número significativo de países han iniciado el diseño y la puesta en práctica de políticas nacionales y de estrategias centradas en la juventud. Sin embargo, la mayoría de los países no tienen estructuras específicas para una participación eficaz de los jóvenes. Tampoco tuvieron un trabajo exitoso en torno a abordar las preocupaciones de la juventud, cuestiones

relacionadas con una variedad de áreas de la política tales como educación, salud o delincuencia juvenil. A pesar de que la juventud constituye más del 50% de la población en muchos países<sup>19</sup>, los gobiernos raramente consultan a los jóvenes acerca de temas que afectan sus vidas. Incluso esos gobiernos que han desarrollado legislación sobre cuestiones de la juventud carecen a menudo de acercamientos comprensivos y holísticos a los desafíos encarados por la generación joven (UNESCO; 2004).

En este sentido, es que la importancia radica en “formar y por lo tanto concientizar a ciudadanos y futuros ciudadanos de su rol y de su necesaria participación en el proceso de integración regional, se enmarcan en su mayoría en el ámbito educativo de las escuelas secundarias” (Espejo y Francescon, 2012: 56).

Es decir que, el parlamento busca “aportar a la formación de la ciudadanía regional y la conciencia de identidad supranacional” (Espejo y Francescon, 2012)

En Argentina, el parlamento se insertó en el plan estratégico como uno de los objetivos de Educación Básica a su institución en la Dirección Nacional de Políticas Socioeducativas y, en la provincia de Jujuy, es organizado por la Coordinación de Políticas Socioeducativas del Ministerio de Educación. A través de estos debates el Parlamento Juvenil pretendió habilitar espacios de participación que posibiliten que una multiplicidad de adolescentes con vivencias, experiencias, opiniones, ideas y expectativas muy diversas debatan e intercambien sobre temas acuciantes (P.J.M.; 2012).

#### Antecedentes:

De esta manera y a nivel local, surgen las iniciativas de la creación del Parlamento Juvenil Provincial<sup>20</sup> (P.J.P.) como una instancia de participación estudiantil en la que

<sup>17</sup> Parlamento de la Juventud Jujuy: (P.J.J.)  
<https://www.legislaturajujuy.gov.ar/#!/parlamento-juvenil>

<sup>18</sup>Filósofo, periodista y escritor francés (1868 – 1951)

<sup>19</sup> INFORME DE LAS NACIONES UNIDAS (Programa de Juventudes)

<sup>20</sup> El programa, denominado ‘Parlamento Juvenil Provincial’ fue creado en el año 2002 y se llevó a cabo en el recinto de la legislatura de la provincia de Jujuy ubicado en calle

Canónigo Gorriti de nuestra ciudad de San Salvador de Jujuy. Los objetivos del programa han estado basados en promover la participación de los y las adolescentes, ofreciendo a las escuelas de Enseñanza Media y/o Polimodal, herramientas pedagógicas que permitan a la comunidad educativa colaborar con la formación ciudadana de las y los estudiantes a través del afianzamiento de los principios de la democracia representativa y el respeto a los reglamentos de las instituciones.  
<https://www.legislaturajujuy.gov.ar/#!/parlamento-juvenil>

adolescentes de toda la provincia de Jujuy participan a través de sus colegios secundarios simulando ser diputados y diputadas provinciales; representando a sus instituciones educativas; creando, debatiendo y votando proyectos de ley. Así, durante el año 2017 se llevó a cabo la edición XV del Parlamento Juvenil convocando a veinticuatro colegios de todas las regiones educativas<sup>21</sup> de la provincia con la intención de que los estudiantes de distintos lugares, por más alejados que estén, puedan participar.

Problematizando esta cuestión de la participación y llevado al contexto de la inserción juvenil y adolescente, surgen interrogantes en torno a prácticas deliberativas y de interacción entre los jóvenes que participan en determinados ámbitos y contextos políticos.

Los interrogantes que nos planteamos, nos llevan a entender y comprender las causas que motivan a las y los jóvenes a participar políticamente. Es por ello que, el presente estudio de caso se orienta a indagar lo siguiente: *¿Cuáles son las causas que motivan a los y las jóvenes de la Provincia de Jujuy a participar y deliberar políticamente en las instancias legislativas del Parlamento Juvenil?*

Durante los últimos años, hubo una considerable afluencia de participación de los jóvenes, en efecto de “politización” de diversos sectores en estos asuntos. A diferencia de otros años donde el modelo político de apertura del mercado impedía que los grupos sociales se involucren en asuntos ciudadanos y participen, debido a que se evidenciaba una “despolitización” en la ciudadanía. (Balardini, S. 2000; Krieger, M. 2010; Natanson, J. 2013; Sidicaro, R. 1998; Vommaro, P. 2014).

En la producción académica nacional, estas reflexiones fueron fundantes del campo de estudios sociológicos y politológicos sobre juventudes, como lo atestigua el trabajo de Urresti y Margulis (1996), en el que sostienen que la configuración de las mismas es posible en relación con una serie de elementos vinculados con el género, la generación, la clase y la etnia,

entre otros aspectos a considerar (Vásquez M. 2015, 9).

## Objetivos

Resulta fundamental la necesidad de implicarse en esta cuestión juvenil, considerando la sensibilización social de ellos frente a ciertos asuntos que los interpelan, debido a que la influencia ejercida por los adultos en los asuntos juveniles, no permite que ellos puedan expresarse y participar de forma genuina, libres de ciertos condicionamientos y estereotipos adultocéntricos que los condicionan. Esto genera en los jóvenes, la decisión de participar y deliberar en las experiencias de las instancias legislativas que se propician en el recinto de la Legislatura de la Provincia de Jujuy. A partir de allí, hemos propuesto objetivos relevantes:

Explicar las causas que motivan a los jóvenes (16 a 18 años) a participar y deliberar en las instancias legislativas del Parlamento de la Juventud Jujuy<sup>22</sup> (P.J.J.) en los años 2016 a 2019.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se elaboró un diseño metodológico de carácter exploratorio-descriptivo, basado en un estudio de caso. A través de este diseño, se intentó establecer relaciones de asociación entre las diversas categorías y variables analizadas acorde al estudio elegido. (Marradi, Archenti y Piovani 2007, 242)

Se acudió a la utilización de técnicas cualitativas de investigación como la observación participante y la entrevista semi-estructurada con preguntas abiertas a informantes claves de este proceso, con el objeto de caracterizar las demandas de los jóvenes y su nivel de relación con la participación de actividades dentro del contexto Parlamento Juvenil en la ciudad de San Salvador de Jujuy.

Las entrevistas, fueron realizadas a las y los jóvenes entre 16 a 18 años que participaron de las instancias de realización del Parlamento Juvenil Provincial (P.J.P.). Para ello, se requirió del consentimiento y protección de los datos

<sup>21</sup> Las regiones educativas son una forma de organización del Ministerio de Educación de la provincia de Jujuy, con el objetivo de Generar sistemas de análisis geo-espacial a fin de servir a la Planificación Educativa.

<http://educacion.jujuy.gob.ar/area-mapa-geografico-educativo>;

<sup>22</sup> Parlamento Juvenil Jujuy (P.J.J.)

<https://www.legislaturajujuy.gov.ar/#!/parlamento-juvenil>

confidenciales de los jóvenes participantes<sup>23</sup>. Para obtenerlo, se debió recurrir a la elaboración de notas y solicitudes dirigidas a las autoridades de los colegios donde los estudiantes asisten, con el objeto de obtener el permiso de las instituciones intervinientes, y también de las familias de los estudiantes que iban a ser entrevistados.

De esta manera, se pudieron realizar las entrevistas a los estudiantes que intervinieron a través de sus proyectos en las instancias parlamentarias juveniles.

Además, se requirió de un análisis de estudio de caso colectivo (Stake, R. 1995), donde se pretendió comprender las dinámicas participativas, a través de un estudio para la recolección de evidencia cualitativa y cuantitativa relevante. Se seleccionaron casos que faciliten oportunidades para aprender y aquellos más factibles de abordar y donde se aguarda una mayor receptividad (Stake, R. 1995).

Respecto de la matriz de datos, para realizar la investigación, se tomó como objeto de estudio a individuos, constituyendo la unidad de análisis: los jóvenes y como unidad del caso, a los jóvenes de las escuelas de la provincia de Jujuy, de 16 a 18 años (debido a que es el rango etario propuesto) jóvenes y adolescentes que asisten a las escuelas de nivel medio de la provincia y que participan de las instancias participativas y deliberativas que ofrece el contexto de Parlamento Juvenil a desarrollarse en el recinto de la Legislatura de la Provincia de Jujuy.

El tipo de muestreo que se utilizó es no probabilístico, debido a que se realizó una indagación basada en un estudio cualitativo que tiene como propósito ahondar en la información suministrada (D' Ancona M. A. 2008, pp. 180)

Como modalidad de muestreo no probabilístico, se requirió de una muestra intencional por decisión razonada, debido a que las unidades de la muestra se elegirán en función de algunas de sus características de manera racional y no casual, ya que la selección de las unidades muestrales respondieron a criterios subjetivos, acordes con los objetivos de la

investigación (D' Ancona M. A. 2008, pp. 200). El tamaño de la muestra se determinó a partir del criterio de saturación teórica (Glasser y Strauss, 1967).

Los criterios que se utilizaron para seleccionar las unidades muestrales responden a que se entrevistó a los y las jóvenes que participaron del programa de Parlamento Juvenil. Se los seleccionó acorde a criterios relevantes como la heterogeneidad correspondiente al sexo y edad.

Antes de iniciar la fase de recolección y obtención de datos, se definió los mecanismos para lograr el acceso a instituciones (públicas y privadas), y los momentos en que se realizaron las entrevistas. Se solicitó informantes claves y los denominados "porteros de acceso al campo" (Taylor, S. J. y Bogdan, R. 2002), que posibilitaron el acceso al trabajo de campo, con el objeto de realizar las entrevistas a jóvenes, profesores coordinadores, legisladores provinciales y miembros que participaron del programa.

Resulta fundamental reconocer ciertas limitaciones, principalmente en el estudio de análisis de jóvenes en instancias parlamentarias juveniles en nuestra provincia, debido a que aún no se ha explorado y analizado el tema de la participación juvenil de forma exhaustiva, por lo que el presente análisis de caso, resulta una aproximación a los estudios juveniles en nuestra provincia; evidenciando ciertas limitaciones en el análisis de los datos, que serán mejoradas en futuros trabajos investigativos.

Recursos:

Se contó con recursos necesarios, y de acceso a fuentes de información para la realización del proyecto, considerando el cronograma tentativo de trabajo.

Se tomaron como informantes claves a referentes, directivos y profesores coordinadores de las escuelas de nivel medio que participan de las instancias del Parlamento Juvenil, implicados y comprometidos por su afinidad con los "jóvenes", como también a asesores y legisladores que integran la comisión de

---

23

[https://cie.org.ar/procedimientos/nuevo\\_codigo\\_civil.pdf](https://cie.org.ar/procedimientos/nuevo_codigo_civil.pdf);

Educación y Juventud de la Legislatura de la Provincia de Jujuy.

Además de los contactos e informantes claves y estratégicos mencionados, también, se recurrió de forma anexa a entrevistas con funcionarios públicos y legisladores que trabajan en la Legislatura Provincial, responsables de áreas e instituciones vinculados a la actividad parlamentaria con el propósito de obtener datos complementarios al respecto.

Los recursos materiales disponibles de acceso al campo son informáticos, de audio, vídeo, grabación, etc. con el objeto de documentar las entrevistas y los registros recolectados durante la fase investigativa.

Se utilizó una guía, especie de cuestionario detallado por medio de una serie de preguntas abiertas y flexibles pero focalizadas al tema objeto de análisis, esto permitirá una cierta relajación al entrevistado al momento de comentar su relato. La confección de cada una de las preguntas se realizó evitando reiteraciones y repeticiones de manera que las respuestas de los entrevistados sean puntuales y orientadas en torno al tema de la investigación. Si bien no existen trabajos exhaustivos respecto del tema, el propósito es que, a través del mismo, sea factible instar y posibilitar futuras indagaciones investigativas.

## RESULTADOS

A través de la presente investigación, y a través de algunos resultados obtenidos, pudimos comprobar que El Parlamento Juvenil Provincial, tiene como objetivo brindar un espacio institucional a los jóvenes para que puedan expresar sus ideas e inquietudes, donde los derechos humanos sean considerados de manera integral para garantizar nuestra democracia. Jóvenes parlamentarios de distintos establecimientos se reúnen con el objetivo principal de abrir espacios de participación, formándose como ciudadanos responsables en la búsqueda de una sociedad más justa y democrática.

Observamos una considerable afluencia de jóvenes estudiantes, no solamente de colegios de nuestra ciudad capital, sino también de las localidades del interior de nuestra provincia,

representadas las regiones de los Valles, Las Yungas, Quebrada y Puna jujeña.

La distribución de edades de las y los jóvenes que participaron, oscilan entre los 16 (dieciséis) a 18 (dieciocho) años. Evidenciando una cierta heterogeneidad en la cantidad de estudiantes tanto mujeres como varones.

Como resultado final de esas instancias participativas, y que forman parte de los resultados obtenidos en la investigación, se destacan los proyectos presentados por los jóvenes. En las instancias, se trabajó a través de ejes temáticos (salud, educación, medio ambiente, género, etc.) y los estudiantes fueron presentando sus respectivos proyectos acorde a los temas establecidos, previa deliberación y selección de sus proyectos más relevantes.

Para ello, se diseñó una tabla referencial<sup>24</sup> donde figuran los aspectos motivacionales de los jóvenes que son fundamentales en lo inherente a la elaboración de los proyectos presentados en el P.J.P.

Cada colegio, estuvo representado por un Coordinador (profesor/a designado/a por la Institución educativa), y no más de 3 (tres) estudiantes a cargo.

En ese sentido es importante que destaquemos, además, la relación directa que se construye entre estudiantes y legisladores, a través del conocimiento del trabajo en la Cámara y de otros organismos oficiales, facilitando el contacto con la información parlamentaria necesaria para la elaboración de proyectos. El parlamento provincial es el ámbito de discusión política de las problemáticas de la provincia de Jujuy, en donde cada legislador cada año tiene la oportunidad de representar los intereses de la población.

En este contexto, lo verdaderamente importante para las nuevas generaciones de jóvenes que participan, reside en la naturaleza de los encuentros e intercambios de ideas diferentes y los esfuerzos que realizan en las búsquedas de los consensos que le permitan el funcionamiento del sistema político.

Cuando nos referimos a juventudes y participación podemos identificar una gran variedad de documentos elaborados por

diferentes organismos, como el Banco Mundial (BM), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Programa de las Naciones Unidas (PNUD), la Organización Iberoamericana de Juventud (OIJ), el Centro Latinoamericana sobre Juventud (CELAJU), entre otros organismos e instituciones, con el propósito de reivindicar la idea de participación (Vázquez M. 2015, 44).

## CONCLUSIÓN

Finalmente, concluyo que, durante estos últimos años, los cambios propios de la globalización, la modernización y los modelos económicos han ido acompañados de importantes transformaciones sociales y culturales. Se dan nuevas formas de interacción entre las generaciones, entre los sexos y entre las instituciones sociales (Krauskopf, D. 1998, 120). El concepto de ciudadanía también evolucionó y los hitos señalados destacan la participación creciente y decisoria de niños, adolescentes y “jóvenes” como parte sustantiva de la ciudadanía (Krauskopf, D. 1998, 120). Por ello, la participación juvenil en la construcción de las respuestas no es solo un avance democrático, ya que se ha convertido en una necesidad. Sin la participación de los jóvenes en las metas de vida y bienestar, no sería posible el desarrollo humano de calidad, ni el desarrollo efectivo de nuestras comunidades (Krauskopf, D. 1998, 125).

Si nos referimos a la democracia participativa, observamos que se ancló en términos analíticos en las ciudades, en donde la proximidad favorece el vínculo entre los ciudadanos y la política (Pateman, C. 1970; Barber, 2003); para nuestro caso de estudio, entre los jóvenes y la política.

A partir de este enfoque, podemos categorizar y situar el contexto de los jóvenes que participan del Parlamento Juvenil Provincial: Ed. XV, dentro del marco de la tercera invención de la juventud (Kriger, M. 2016), en donde adquieren centralidad como categoría social y política.

No obstante, lo que quiero señalar aquí, es que la aplicación de los dispositivos participativos aparece en las políticas juveniles a nivel local más en el plano discursivo y de la normativa, pero continúa siendo una deuda pendiente en las características que asumen las herramientas y los mecanismos diseñados que persiguen la promoción de los derechos políticos y la construcción de ciudadanía en adolescentes

y jóvenes. Este hecho se suma a las tensiones y paradojas que ya atraviesan a este sector poblacional y provocan impactos negativos sobre su presente y futuro: tienen más acceso a información, pero menos acceso al poder; tienen mayores expectativas de autonomía y al mismo tiempo menos opciones para materializarlas; mientras se los considera protagonistas del cambio, la mayoría de las políticas públicas los convierte en meros receptores de políticas (Alvarado, Rodríguez y Vommaro, P. 2013). De allí que, observo como una fuerte debilidad, la inexistencia de un trabajo articulado, integrado y coherente de los diversos organismos en torno a lograr un abordaje transversal y con enfoque generacional, que permita el diálogo entre jóvenes de distintas realidades territoriales y socioeconómicas.

Por ejemplo, el formato de Parlamentos Juveniles que reproducen las jerarquías y mecanismos formales-institucionales de los poderes legislativos locales (Concejos Deliberantes Juveniles) o de organizaciones internacionales (Naciones Unidas, Mercosur). Estos dispositivos propician que el rol asumido por los y las jóvenes (estudiantes) sea el de “jugar a ser” o “hacer de cuenta que” son funcionarios/as, en definitiva, personas adultas que son quienes realmente hegemonizan la política y la función pública (y en su mayoría varones). En consecuencia, los proyectos y acciones que realizan las y los jóvenes en el marco de estas políticas no terminan siendo completamente reconocidas y validadas por el mundo adulto ni por el propio Estado que las impulsa.

A través de la siguiente investigación, del contexto observado, de las entrevistas realizadas, queremos poner de manifiesto que aún falta mucho por recorrer, planificar y llevar a la concreción. No es una tarea fácil, implica la colaboración de todos los sectores involucrados en esta cuestión de participación y democracia.

Sin embargo, concluyo que las y los jóvenes son los sectores más entusiastas y dispuestos a participar en estas instancias, aunque quizás no se visibilicen propuestas convincentes e innovadoras desde el ámbito de los adultos. Sin embargo, es todo un desafío para las diversas generaciones en los tiempos venideros, aún queda una brecha abierta que sigue pendiente de seguir mejorando para el

futuro no solamente de los sectores juveniles, sino de la ciudadanía en general.

**Tabla 1.** Distribución de edades de los jóvenes y temáticas abordadas

<p>Jóvenes (16 a 18 años que participan de las instancias del Parlamento Juvenil Provincial/P.J .P.)</p>	<p>Aspectos motivacionales de su participación</p>	<p>1.1.- Idea de “hacer algo juntos”</p> <p>1.2.- Entusiasmo juvenil</p> <p>1.3.- Participación colectiva y espontanea</p> <p>1.4.- Decisiones horizontales y consensuadas.</p> <p>1.5.- Diálogo colectivo</p> <p>1.6.- Sinergia de ideas</p> <p>1.7.- Afinidades juveniles</p> <p>1.8.- Debate y decisiones colectivas</p>
--	--	---

		<p>1.9.- Elección consensuada de proyectos.</p>
--	--	---

<sup>25</sup>Fotografía (2022)

## REFERENCIAS

- Alvarado, S; Borelli, A; Vommaro, P. (2012). Jóvenes, políticas y culturas: experiencias, acercamientos y diversidades. Rosario. Homo Sapiens Ediciones.
- Alvarado, S y Vommaro, P. (2010); Jóvenes, cultura y política en América latina; Buenos Aires, CLACSO.
- Angelini, A y Sánchez Narvarte, E. (2014) Comp. Jóvenes y política, Reflexiones en torno al voto joven en Argentina. Edit. EPC (Escuela de Periodismo y Comunicación).
- Avritzer, L. (2012): Los desafíos de la participación en América latina. Editorial Prometeo.
- Balardini, S. (2000). De los jóvenes, la juventud y las políticas de juventud. Última década.
- Balardini, S. (2000) La participación social y política de los jóvenes en el horizonte del nuevo siglo. Buenos Aires: CLACSO.
- Balardini, S. y Gerber. E. (2004) Políticas de Juventud en Latinoamérica “Argentina en perspectiva” Edic. Flacso/Fundación Friedrich Ebert Stiftung.
- Barber, B. (2003). Strong Democracy, Participatory Politics for a New Age, Berkeley, University of California Press.

<sup>25</sup> <https://www.todojujuy.com/ujuy/finalizo-el-parlamento-juvenil-la-legislatura-ujuy-n227505>

- Beck, U. (1999) *Hijos de la Libertad*, (Compilador) Edit. Fondo de Cultura Económica.
- Bourdieu, P. (1990). *La juventud no es más que una palabra*. Sociología y cultura.
- Bourdieu, P. (2000). *La dominación masculina*. Barcelona. Anagrama. Bourdieu, P. (2002). *La Juventud no es más que una palabra*. En *Sociología y Cultura*. México. ed. Grijalbo.
- Blondiaux L. (2014): *El nuevo espíritu de la democracia. Actualidad de la democracia participativa*, Buenos Aires: Prometeo.
- Chávez, D. y Goldfrank, B. (2002) *Participación en los gobiernos locales de América Latina*. Edit. Icaria.
- Cunill Grau, N. (1991) “Participación ciudadana. Dilemas y perspectivas para la democratización de los Estados latinoamericanos” CLAD, Venezuela.
- D’ Ancona M. A. (2008): *Metodología Cuantitativa “Estrategias y técnicas de investigación social”* Editorial Síntesis Sociología.
- Duarte, C. (2011). *Privilegios patriarcales en varones jóvenes de sectores empobrecidos cambio o acomodo*. *Revista de Estudios de Juventud*.
- Duarte, C. (2012). *Sociedades adultocéntricas: sobre sus orígenes y reproducción*. Última década.
- Espejo, S. y Francescon, E. (2012) *La ciudadanía regional en Sudamérica. Breve análisis de la participación en el Mercosur*. [openstarts.units.it](http://openstarts.units.it)
- Feixa, C. (2000). *Los espacios y los tiempos de las culturas juveniles*.
- Feixa, C. (2006). *Generación XX. Teorías sobre la juventud en la era contemporánea*. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 4(2), 21-45.
- Gret, M. y Sintomer, Y. (2002) *Porto Alegre, Desafíos de la democracia participativa*. Ediciones Ciudad, Abya- Yala. Centro de Investigaciones.
- Grupo de Trabajo Ad Hoc para la Juventud y los ODMs (2005) “*La Juventud y los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Desafíos y Oportunidades para su Implementación*.”
- Krauskopf, D. (2000). *Participación social y desarrollo en la adolescencia*. Fondo de población de las Naciones Unidas.
- Krauskopf, D. (2010). *La condición juvenil contemporánea en la constitución identitaria. Última década* (18).
- Kruger, M. (2010), *Jóvenes de escarapelas tomar. Escolaridad, comprensión histórica y formación política en la Argentina contemporánea*, La Plata, Edulp, Observatorio de Jóvenes y Medios, CAICYT -CONICET.
- Kroppf, L. y Núñez, P. (2012), *La irrupción de la política en la escuela secundaria: Las nuevas figuras de ciudadanía*. *Estudios Sociales*, 56(1), 155-177. <https://doi.org/10.14409/es.v56i1.7105>
- Manin, B. (1998) *Los principios del gobierno representativo*, Alianza, Madrid.
- Margulis, M (1996), *La juventud es más que una palabra*, Bs As, Biblos.
- Margulis, M., y Urresti, M. (1998). *La construcción social de la condición de juventud. Viviendo a toda. Jóvenes, territorios culturales y nuevas sensibilidades*.
- Marradi, Archenti y Piovani (2007) *Metodología de las Ciencias Sociales*. Edit. EMECÉ.
- Natanson, J. (2013), *El retorno de la juventud, movimientos de repolitización juvenil en nuevos contextos urbanos*. *Nueva Sociedad* N° 243, Bs As.
- Natanson, J. (2012), *¿Por qué los jóvenes están volviendo a la política?* Edit. Debate. Bs As.
- Núñez, P. (2008). *La redefinición del vínculo juventud-política en la Argentina: un estudio a partir de las representaciones y prácticas políticas juveniles en la escuela secundaria y media*. *Revista Latinoamericana de Cs. Sociales, Niñez y Juventud*, 6.
- Núñez, P. (2013). *La política en la escuela: Jóvenes, justicia y derechos en el espacio escolar*. Buenos Aires. La Crujía.
- Núñez, P. (2003), *Aportes para un nuevo diseño de políticas de juventud: La participación, el capital social y las diferentes estrategias de grupos de jóvenes*, Serie Políticas Sociales N° 74 (CEPAL), Bs As.
- Organismo Internacional de Juventud para Iberoamérica, International Youth Organization for Ibero-América (2019) [www.oij.org](http://www.oij.org)
- Parlamento Juvenil MERCOSUR (2012) *Ampliando la participación de nuestros jóvenes para alcanzar la escuela media que queremos*.

- Ministerio de Educación de la Nación; 1a ed. - Buenos Aires.
- Parlamentos Juveniles (2002) aprendizaje de la ciudadanía para la convivencia social. IV Seminario Nacional de la Red de Centros Academicos para el Estudio de Gobiernos Locales, Articulaciones Interinstitucionales para el Desarrollo Local.
- Parlamento Juvenil XVI (2018) / Resolución Legislatura de la Provincia de Jujuy.
- <https://www.legislaturajujuy.gov.ar/#!/parlamento-juvenil>
- Pateman, C. (1970) *Participation and Democratic Theory*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Pitkin, H. (1985) *El concepto de representación*. Centro de Estudios Constitucionales, Madrid.
- PNUD, (2013) *Explorando la dinámica de la participación política juvenil en la gobernabilidad local en América Latina*.
- Reguillo, R. (2000). *Estrategias del desencanto. La emergencia de culturas juveniles en Latinoamérica*. Buenos aires. Norma.
- Reguillo, R. (2013). *Culturas Juveniles: formas políticas del desencanto*. Buenos Aires. Siglo Veintiuno Editores.
- Rodríguez, E. (2000) “Políticas públicas de juventud en América Latina: desafíos y prioridades a comienzos de un nuevo siglo” Reunión Anual de la Asamblea de Gobernadores del Banco Interamericano de Desarrollo, Nueva Orleans, 24 y 27/03.
- Rosanvallon, P. (2010): *La legitimidad democrática. Imparcialidad, reflexividad, proximidad*. Buenos Aires, Edit. Manantial.
- Saintout, F. (2016). *Juventudes argentinas: prácticas culturales, ciudadanía y participación*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Grupo Editor Universitario.
- Stake, R. (1995) *Investigación con estudios de caso*. Madrid: Ediciones Morata.
- Sidicaro, R; (comp.) (1998) *La Argentina de los jóvenes entre la indiferencia y la indignación*, Bs As, UNICEF.
- Taylor S.J y Bogdan, R: (2002) *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*; Edit. Paidós.
- Vázquez, M. (2015). *Juventudes, políticas públicas y participación*. Edit. Grupo Editor Universitario (GEU)
- Vázquez, M. y Vommaro, P. (2009). *Sentidos y prácticas de la política entre la juventud organizada de los barrios populares en la Argentina reciente*. En cuadernos del CENDES 26. Enero- abril. Universidad Central de Venezuela.
- Vommaro, P (2009) “Aproximaciones a las relaciones entre juventudes, políticas y culturas en la Argentina y en América Latina actuales: mirada desde las modalidades de participación política de jóvenes”. en *Juventudes en Argentina y América latina*; CAICYT – CONICET;
- Vommaro, P (2015) *Juventudes y políticas en la Argentina y América Latina “Tendencias, conflictos y desafíos”*. Grupo Editor Universitario (GEU)
- Vommaro, P. (2018). *Militancias juveniles en los 80: Acercamientos a las formas de participación juveniles en la transición democrática argentina. Trabajo y sociedad: Indagaciones sobre el empleo, la cultura y las prácticas políticas en sociedades segmentadas*, (30)
- Zaffaroni A. (2008). *El futuro a través de la mirada joven. Proyecto de Investigación de CIUNSA N° 1287*. Edit. MILOR, Salta, Argentina.
- Zalocco, D. (2016) *Participar, ¿es la tarea? Un estudio del Programa Parlamento Juvenil del MERCOSUR desde la percepción de los actores*. Propuesta educativa, redalyc.org

## **PARTICIPACIÓN DE MUJERES EN LAS COMISIONES DIRECTIVAS DE LOS CLUBES DE LA CIUDAD DE SAN SALVADOR DE JUJUY**

Carrizo, Cecilia del Valle <sup>(1)</sup> & Yapura, Marina Antonella<sup>(2)</sup>.

(1) Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy. Otero 262. San Salvador de Jujuy. 4600. Jujuy

(2) UCASAL. Belgrano 860. San Salvador de Jujuy. Jujuy  
Email: kintu4042@gmail.com

### **Resumen**

Este trabajo tiene como objetivo indagar acerca de la participación de mujeres en las conformaciones de listas en los clubes de la ciudad de San Salvador de Jujuy, los roles y cargos que desempeñan al interior de las Comisiones Directivas, desde febrero de 2022 hasta febrero de 2023.

Históricamente, los clubes nacieron como espacios de fortalecimiento de vínculos sociales y tejido de redes comunitarias, siendo generadores de inclusión social y de oportunidades para sus integrantes. Muchas de estas instituciones iniciaron sus actividades sociales y deportivas, con varones a cargo de las áreas de decisión y control.

En 1995, Argentina, vio a Edith Pecorelli convertirse en la primera presidenta del Club Temperley. Luego de años de luchas e interpelaciones por parte de los movimientos de Mujeres y Diversidades, se observa una leve apertura de las asociaciones deportivas en favor de la participación de mujeres. De esta manera, el Club Banfield, sumó a Lucía Barbuto, en 2018, como presidenta, siendo la primera en ocupar el máximo cargo en la Primera División del fútbol. Por este camino, también tomamos como ejemplo al Club Gimnasia y Esgrima La Plata, que trabajó, además, en la creación de un Área de Género con la activa participación de mujeres y diversidades.

En lo que refiere a los clubes del interior, con la reciente semi profesionalización del fútbol femenino, se incorporaron mujeres a los planteles de primera división e inferiores. Sin embargo, esto no se tradujo en una mayor participación femenina en las listas de conducción. Para adentrarnos en el caso jujeño, nos encontramos con un origen institucional y deportivo anclado en la masculinización. Este trabajo, de corte cualitativo, revisita la participación de las mujeres en funciones de Comisiones Directivas a partir de la recolección de información mediante entrevistas en profundidad, y observación participante. Entre los resultados recabados nos encontramos con sesgos en la participación real, atravesados por estereotipos de género y relaciones de poder que interceptan en el campo.

**Palabras clave:** participación de mujeres, comisiones directivas, San Salvador de Jujuy, clubes, género.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación indaga a cerca de la participación de mujeres en las Comisiones de Directivas de los clubes de la ciudad de San Salvador de Jujuy, desde febrero de 2022 hasta febrero de 2023, teniendo en cuenta roles y estereotipos de género que interceptan.

Las investigaciones sobre la participación femenina en los Clubes del país, lleva una década de discusiones y planteos. Entre los antecedentes nos encontramos con los aportes de investigadores/as del campo de los Estudios Sociales del Deporte: Pablo Alabarces (2002) con Fútbol y Patria, narrativas de la Nación en Argentina. En tanto, Verónica Moreira (2021) propone una mirada desde Fútbol, nación y mujeres en Argentina: Redefiniendo el campo del poder. Se suman los trabajos de Julia Hang (2020) con Feministas y triperas: Mujeres y política en el área de género del club Gimnasia y Esgrima La Plata. Desde el norte argentino, *mencionaremos a* Ramón Burgos (2021) con El Lobo jujeño y su construcción como referente identitario. Por su parte Mariana Ibarra, (2020), desde Salta, mediante Apuntes sobre un trayecto posible: Fútbol, mujeres y disidencias desde una epistemología feminista. Desde Jujuy, son importantes los aportes de Camila Navarro Suárez (2019) Las pibas de 9 y todos atrás: una aproximación sobre la profesionalización del fútbol femenino argentino y su influencia en Jujuy.

Por su parte, la metodología utilizada es de tipo cualitativa mediante el empleo de entrevistas en profundidad a jugadoras, socias y mujeres participantes en las comisiones directivas, para adentrarnos a sus opiniones y percepciones respecto del tema. Se añade la observación participante en los clubes elegidos para refuerzo de los datos recabados. La elección de los clubes se realizó de manera aleatoria entre los 20 clubes jujeños existentes. Para esta investigación nos propusimos trabajar los siguientes Clubes:

- CLUB ATLÉTICO GORRITI (1937)
- CLUB INDEPENDIENTE (Fundado en 1928)
- CLUB SIRIO LIBANESA (Fundado en 1926)
- CLUB GIMNASIA Y TIRO (Fundado en 1914)
- CLUB LUJÁN (Fundado en 1956)
- CLUB CUYAYA (Fundado en 1937)
- CLUB LAVALLE (Fundado 1945)

- CLUB CIUDAD DE NIEVA (Fundado en 1958)
- CLUB VILLA SAN MARTÍN (Fundado en 1947)
- CLUB LOS PERALES (Fundado en 1949 como Club Comercio. En 1988 cambia de denominación a Perales).

Las conclusiones dan cuenta de la presencia de estereotipos de género que determinan los roles y funciones de las mujeres que habitan los Clubes de la capital jujeña. Se observa una presencia mayoritaria de varones en los cargos electivos de las comisiones directivas y subsistencia, supervivencia de lógicas verticalistas mediante las cuales se refuerzan sesgos de participación y se restringe el acceso al cupo femenino con que delimitan el poder de las autoridades

## Clubes

Los clubes deportivos son espacios de socialización desde su nacimiento, cumplen con el objetivo de dar respuesta a las necesidades de contención y recreación de niños/as, adolescentes y adultos/as.

Amparados en su función y rol social de apoyo a la promoción y práctica de una o varias disciplinas deportivas. Desde sus orígenes, responden a la figura de asociaciones civiles sin fines de lucro que trabajan por la inclusión social e integración colectiva y comunitaria. La restricción al lucro les impide obtener ganancias económicas por el desarrollo de sus actividades.

Entre sus objetivos se mencionan:

- Poner a disposición de la comunidad sus instalaciones para la educación no formal, el fomento cultural de todos sus asociados y la comunidad a la que pertenecen.
- Promover el respeto del ambiente<sup>1</sup>.
- Fomentar la participación igualitaria de sus integrantes.

Los clubes son instituciones dentro de la estructura social. Siguiendo a Fichter (1974), institución es “una estructura relativa de pautas, roles y relaciones que las personas realizan según determinadas formas sancionadas y unificadas, con objeto de satisfacer necesidades sociales básicas”.

---

<sup>1</sup> Ministerio de Turismo y Deporte (2020) en <https://www.argentina.gob.ar/justicia/derechofacil/leysimple/clubes-de-barrio-y-de-pueblo>

En Argentina, los clubes fueron regulados según la Ley 27.098, que en su artículo 2 establece:

“Los clubes de barrio y de pueblo a aquellas asociaciones de bien público constituidas legalmente como asociaciones civiles sin fines de lucro, que tengan por objeto el desarrollo de actividades deportivas no profesionales en todas sus modalidades y que faciliten sus instalaciones para la educación no formal, el fomento cultural de todos sus asociados y la comunidad a la que pertenecen y el respeto del ambiente, promoviendo los mecanismos de socialización que garanticen su cuidado y favorezcan su sustentabilidad”.

Para el caso jujeño, los clubes se ajustan a la normativa nacional y a las disposiciones de las ligas capitalinas. En la capital, coexisten más de quince clubes deportivos barriales.

Siguiendo a Prieto Castillo (1997), aludimos a la distinción de las organizaciones según el tiempo de permanencia en el entramado social.

La división nos remite a instituciones de carácter permanente donde se trabaja no solo por problemas inmediatos, sino que se logra una convivencia en y con la comunidad a lo largo del tiempo. Sus integrantes se convierten en una familia, en la que se producen intercambios de saberes y experiencias entre quienes la componen. Por su parte, las organizaciones transitorias, son aquellas que aparecen y desaparecen con rapidez. Es decir, son integradas para un trabajo ocasional, sin la adecuada coordinación y seguimiento de la causa, provocando desorganización en la labor, con resultados ínfimos. Son espacios donde la información, la palabra, el material de trabajo, se concentra en pocas personas.

### **Modos de habitar**

Los clubes deportivos habitados en un gran porcentaje por varones son lugares desde donde se gestan los modos de hacer y de vivir el deporte y dónde lo social no es ajeno.

Los roles generizados, como señala Hang (2020) dan cuenta de las posiciones de desigualdad en las que son ubicados los actores en estos espacios. Durante muchos años observamos la presencia de varones ocupando cargos de gestión y decisión. Por el contrario, las pocas mujeres que participan en las comisiones de los clubes lo hacen en cargos de Secretarías, Vocalías suplentes, o comisiones de revisión.

Un punto a tener en cuenta son las estrategias y él (los) modo (s) de habitar los espacios deportivos por parte de las mujeres y diversidades. Si bien, en los clubes de Jujuy, hay una mayoría de mujeres participando en diversas disciplinas, esto no se refleja en las listas de Comisiones Directivas. Aquellas prácticas deportivas feminizadas (tenis, gimnasia artística, vóley, hockey) congregan a mujeres que forman comisiones de trabajo para la organización de viajes o eventos deportivos y son también quienes participan de las asambleas para CD de los clubes, muchas veces sin posibilidad de voto.

El panorama jujeño, con cambios lentos, destaca la participación y toma de poder por parte de las mujeres en el Club Tiro y Gimnasia, ubicado en el barrio Cuyaya de nuestra ciudad. Si bien hay presencia de varones, la dirigencia y las áreas de trabajo social, encargadas de las relaciones con la comunidad y de las tareas sociales, están ocupadas por mujeres.

Ante esto, su presidenta señala “Nosotras tomamos el mando, nos organizamos para tener presencia en la Comisión.

En este camino nos encontramos con esos otros modos de habitar lugares que antes parecían impensados para nosotras. Lucía, una de las entrevistadas, comenta “No se trata de cuántas mujeres integramos el club, sino de cómo nos posicionamos en los clubes porque muchas siguen repitiendo y reforzando patrones del patriarcado, haciéndole base a los varones”.

Otra entrevistada nos comenta: “Disputar espacios de poder es un tire y afloje, es cuestionar por qué queremos estar y cómo, sin achicarnos nosotras mismas”.

### **Institución y Género**

La fuerte división de roles generizados en las instituciones no escapa a la rama deportiva y la participación política de las mujeres, aún hoy, es vista y nombrada “una moda” con la pretensión de enfrentar a lo instituido. Los movimientos de mujeres y las luchas feministas han provocado grandes avances en materia de igualdad, volcando también sus interpelaciones en los lugares que ocupan mujeres y diversidades, en clubes de fútbol, por ejemplo, donde continúan siendo minoría o sin presencia de ellas.

Julia Hang retoma los aportes de Alvarez Litke; Hijós, sosteniendo que el fútbol es “un deporte que, como han demostrado un conjunto de investigaciones, se ha configurado en nuestro país

como un espacio de hombres y para hombres” (Alvarez Litke, Hijós 2018, p 20).

Este campo heteronormado se presenta expulsivo para mujeres y diversidades, y exclusivo para varones. Visibiliza la diferenciación entre géneros con mayor fuerza desde las Comisiones Directivas que dirigen los destinos deportivos, dando cuenta de lo que expresa Mariana Ibarra (2018):

Somos parte de este sistema patriarcal que nos atraviesa desde que nacemos y el fútbol es una práctica que desde lo cultural está catalogada como ilegítima para las mujeres (...) Las madres y los padres no sueñan aún con que sus hijas ganen un Mundial. Es por eso que dedicarse al fútbol femenino implica romper con mandatos y roles que en algún momento fueron catalogados como inamovibles (Ibarra, 2018, p.13).

El fútbol, espacio privilegiado para hombres, sustenta las limitaciones al acceso de mujeres y diversidades, desde la naturalización y el sexismo de lugares “aptos” para las mismas.

#### ● Paridad de género en las listas

En esta puja por una mayor participación de mujeres y diversidades, la decisión política entre todxs lxs integrantes de la organización debe apuntar a la participación efectiva para una composición igualitaria de listas para que cubran la totalidad de las áreas. Para ello, es necesario el cumplimiento de la Ley de Deporte N.º 20655<sup>2</sup>, que en su modificatoria al artículo 20 Bis, establece lo siguiente:

las listas que se presenten para la elección de los/las integrantes de la Comisión Directiva en las asociaciones civiles deportivas de primer grado del Sistema Institucional del Deporte y la Actividad Física, deben tener entre los candidatos a los cargos titulares a elegir, un mínimo de VEINTE POR CIENTO (20%) de

mujeres y un mínimo de VEINTE POR CIENTO (20%) de personas jóvenes entre DIECIOCHO (18) y VEINTINUEVE (29) años de edad, que reúnan las condiciones propias del cargo para el cual se postulen y no estén comprendidos en alguna de las inhabilidades estatutarias.

<sup>2</sup> Ley de Deporte “Promoción de las actividades deportivas en todo el país”. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/25000-29999/27274/texact.htm>

En resumen, trabajar desde esta regulación implica que los clubes de la ciudad, se ajusten a una revisión en la composición de las conformaciones de sus Comisiones Directivas asegurando la paridad de listas y la igualdad de géneros a partir de una representación equitativa y de esta manera también tomar la decisión inicial y promotora como entidad central.

## CONCLUSIÓN

Resulta interesante, preocupante, angustiante y hasta caótica la situación de los clubes en la capital de la provincia de Jujuy. Durante el trabajo de campo logramos crear espacios de diálogo, intercambio, proyecciones y pensamientos a futuro. También nos permitió poner en tensión la ausencia de fundamentos lógicos para la casi nula participación de mujeres y diversidades en instituciones deportivas. Las consideraciones basadas en la división sexual del trabajo y lo *amateur* de las dirigencias de los clubes jujeños visibilizan concretamente que la dificultad del acceso, entre muchas causas, proviene no solamente de un escenario de políticas ausentes, sino también de un cambio generacional al interior de las comisiones de clubes, siendo estos espacios acaparados, con preeminencia y preferencia de masculinidades desde el nacimiento de las instituciones, retro trayéndonos a más de cincuenta años.

Subsisten lógicas verticalistas con delimitación de poder de las autoridades de mayor rango, y resistencia a los cambios. Partiendo desde dirigentes intrínsecos, absolutistas y hasta demagogos que en lugar de optar por la resolución de conflictos y la apertura a espacios de inclusión, empeoran la situación.

El acceso, antiguamente negado, obstaculizado y prohibido, para las mujeres hoy se sigue trasladando a explicaciones absurdas basadas en lo biológico, carentes de razonamiento, cargadas de preconceptos. El pseudo cumplimiento de un cupo para mujeres se da mediante “espacios de relleno” en los que se asigna, delega funciones de acompañamiento, de administración, tareas sociales, manteniendo el rol de cuidado donde la mujer es la encargada. De paridad en las listas: muy poco.

Consideramos que hay una multiplicidad de factores intervinientes para encontrarnos con una

realidad tan compleja en la ciudad de San Salvador de Jujuy; sin embargo, destacamos el trabajo de las mujeres y las inserciones de las mismas que, aunque parezcan mínimas, son un

avance a rescatar. Por otra parte, la realización de este trabajo nos encontró con otras mujeres y disidencias haciendo prácticas en instituciones deportivas, soñando, al igual que nosotras, con espacios deportivos inclusivos y libres de violencias. Aunque suene utópico, aunque los estatutos no nos contemplan, y la ciudad en la que vivimos sea fuertemente patriarcal, van germinando semillas de cuestionamientos frente a las desigualdades.

En este partido, hubo una montaña de emociones, frustraciones, alegrías, tristeza y baños de realidad que nos dejan pensando formas de gestionar lugares más equitativos. Somos Cecilia y Antonella, interpelando para crear, formar, trazar nuevos caminos que garanticen igualdad para nosotras y para las generaciones venideras, en un escenario político, cultural, social signado por exclusión. Mutar del pinkwashing a la efectiva presencia desde un habitar que construya deporte (s) practicado(s) por todas, por todes y todos.

Nos rearmaremos las veces que sea necesario y avanzaremos con jugadas estratégicas que demandan poner nuestras cuerpos, la posición firme, contagiando de entusiasmo a planteles de jugadorxs que quieran y conciben una vida deportiva desde la bandera de los derechos.

Finalmente y en tiempos de profundos cambios en nuestro país, cegados por las lógicas comerciales y de libre mercado nos preguntamos si la rentabilidad que ofrecen las sociedades anónimas deportivas son la culminación de lo amateur y de las desigualdades estructurales o si, por el contrario, continuar como Asociaciones sin fines de lucro, brindando un servicio a la comunidad, con el desarrollo de deportes no profesionales, significa para nosotras posibilidad de interpelación y llegada de las mujeres y disidencias a espacios de decisión. En cualquier caso nos encontraremos militando, investigando, haciendo y bregando por instituciones deportivas inclusivas.

## REFERENCIAS

A. C. & Co. Co. In, C. (2018). "La Nuestra Fútbol Femenino". "La Nuestra" y "Las Aliadas" Sistematización de una experiencia de fútbol femenino en la Villa 31. Zona Franca. Revista De Estudios De género, (25), 256-284.

Burgos, R. (2009b): "Los otros en el fútbol jujeño: una mirada desde la prensa gráfica", Revista Comunicación y Medios: 99-113.

Faur, E. (2009). Organización social del cuidado infantil en la Ciudad de Buenos Aires: el rol de las instituciones públicas y privadas 2005 - 2008. Tesis

de doctorado. FLACSO. Sede Académica Argentina, Buenos Aires.

Garton, G. (2019). Guerreras. Fútbol, mujeres y poder. Buenos Aires: Capital Intelectual.

Hang, J., (2020): "Áreas de género en clubes argentinos. Surgimiento, actualidad y desafíos", Módulo 3: políticas públicas, género y deporte. Diplomatura en Género y Deporte. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires.

Hang, J., Hijós, N. y Moreira, V. (2021): Deporte y etnografía. Pensar la investigación social entre los géneros. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Editorial Gorla.

Ibarra, M. (2011): "En el Norte mando yo". La construcción de identidad(es) en la hinchada del Club Central Norte de Salta, (Tesis de Licenciatura), Universidad Nacional de Salta.

Ibarra, M. E. (2018): "Nuevas identidades en el fútbol: de la "pasión por los colores" a la sororidad", en Actas de las XXII Jornadas Nacionales de Investigadores en Comunicación "Imaginación política y voluntad de praxis. El campo comunicacional frente a los embates de los derechos sociales". San Salvador de Jujuy, Red Nacional de Investigadores en Comunicación y Universidad Nacional de Jujuy.

**OFELIA TRANSMEDIA:  
DE LA TRAGEDIA AL CINE Y A LA CIBERLITERATURA  
ESTUDIO COMPARATIVO FEMINISTA DEL PERSONAJE SHAKESPERIANO EN  
LA PELÍCULA *OPHELIA* (2018) Y EN EL VIDEOJUEGO *ELSINORE* (2019)**

Escudero, María Fernanda<sup>1</sup>; Blanco, María Soledad<sup>1</sup>; Perassi, Lucas<sup>1</sup>

(1) Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy. Cnel.  
Otero 262. San Salvador de Jujuy. 4600. Jujuy.

Email: fescudero@fhycs.unju.edu.ar

## RESUMEN

Este avance de tesis focaliza en la figura de Ofelia, el personaje femenino secundario de "Hamlet" de Shakespeare, y cómo su representación ha evolucionado significativamente a través del tiempo, el espacio y los medios. Este estudio analiza comparativamente las reinterpretaciones contemporáneas de Ofelia en la película "Ophelia" (2018) y el videojuego "Elsinore" (2019) desde un enfoque feminista. Cuestionamos si estas obras presentan a una Ofelia empoderada, que subvierte los estereotipos de género tradicionales y se aleja así de la imagen original del personaje en la obra de Shakespeare.

Por lo tanto, es nuestro mayor objetivo poder contribuir al estudio de los clásicos de la literatura occidental y sus adaptaciones transmedia desde una mirada de género. Específicamente, buscamos identificar y caracterizar las principales re-imaginaciones de Ofelia, para analizar los imaginarios de mujer que subyacen en estas reescrituras.

Metodológicamente, aplicamos una combinación entre un análisis de corte comparativo y otro transmedial. Para ello, se procede al análisis de las características del personaje en cada medio, para encontrar cómo se van dando las continuidades y rupturas en su representación, y cómo estas van articulándose con la normativa socio-cultural sobre el género.

Algunos resultados nos indican que, tanto la película como el videojuego, presentan a una Ofelia menos pasiva y dependiente, desafiando las expectativas del patriarcado y proponiendo nuevos imaginarios del personaje femenino. Con los resultados tenemos expectativas de no solo enriquecer el estudio de Ofelia y "Hamlet", sino también de aportar al debate sobre la representación de género en diferentes medios contemporáneos desde una mirada crítica y feminista en el análisis literario y cultural.

**Palabras clave:** Ofelia- reinterpretaciones feministas- transmedialidad- tragedia de Hamlet

## INTRODUCCIÓN

La figura de Ofelia, el trágico personaje de "Hamlet" de William Shakespeare, ha trascendido la ficción para convertirse en un ícono de la cultura occidental. La memoria cultural ha resignificado y reinterpretado su historia, consolidando a Ofelia como un arquetipo femenino, a la vez, complejo y fascinante.

Este estudio se propone analizar la evolución de Ofelia en dos reescrituras contemporáneas: la película "Ophelia" (2018) y el videojuego "Elsinore" (2019). Ambas adaptaciones parecen presentar a una Ofelia empoderada, donde claramente son subvertidos los estereotipos de género tradicionales, apartándose en gran medida de la versión original del personaje en "Hamlet".

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Marco Teórico

#### Estudios Previos sobre Ofelia

La representación literaria de Ofelia y su evolución ha generado numerosos estudios críticos y feministas. Destacamos a Elaine Showalter, en "Representando a Ofelia: mujeres, locura y las responsabilidades de la crítica feminista", examina la locura de Ofelia como una forma de resistencia contra la opresión patriarcal. Linda Bamber y Juliet Dusinberre, por su parte, han explorado la autonomía, identidad y opresión de los personajes femeninos en Shakespeare, destacando la complejidad y profundidad de Ofelia. Estos estudios proporcionan un marco teórico esencial para comprender cómo Ofelia ha sido reinterpretada y resignificada a lo largo del tiempo.

#### Perspectiva de Género

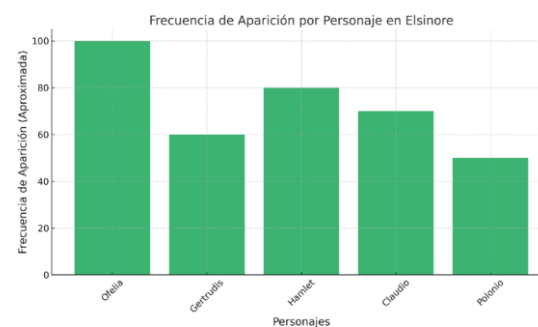
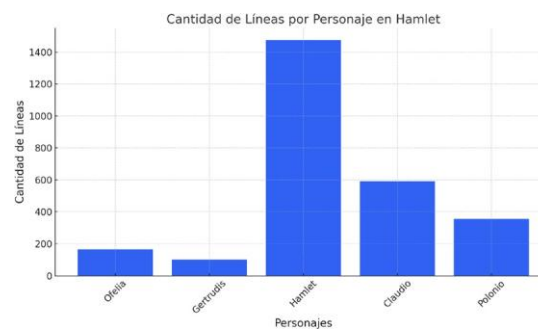
Una mirada desde el género es crucial para analizar las representaciones de Ofelia en la película y el videojuego. Judith Butler, en "Performative Acts and Gender Constitution", argumenta que el género es una construcción social realizada a través de actos repetidos. Esta teoría permite explorar cómo las reescrituras de Ofelia desafían o reafirman las normas de género. Susan Gubar y Sandra M. Gilbert, en "The Madwoman in the Attic", ofrecen una reevaluación feminista de los personajes femeninos en la literatura, proporcionando herramientas analíticas para estudiar a Ofelia desde una perspectiva de género.

### Metodología

#### Análisis Comparativo

El análisis comparativo de la representación de Ofelia en "Hamlet", "Ophelia" (2018) y "Elsinore" (2019) se realizará a partir de un enfoque

transmedial. Se analizarán las continuidades y rupturas en la representación del personaje, identificando elementos que se mantienen constantes y aquellos que se modifican. Este enfoque permite una comprensión integral de cómo cada medio expande y profundiza en la caracterización de Ofelia.



### Métodos Específicos

Para el análisis de la película y el videojuego, se utilizarán técnicas de Ryngaert y Pérez Rufi para estudiar la construcción del personaje en cada medio. En el caso del cine, se analizará la voz, el cuerpo, el espacio y el tiempo de Ofelia, mientras que en el videojuego se estudiará la interacción del jugador con el personaje y cómo esta afecta su representación. Además, se aplicará el concepto de intertextualidad de Genette para entender cómo las representaciones de Ofelia en diferentes medios dialogan entre sí.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de Casos

#### 1- Película "Ophelia" (2018)

La película "Ophelia" de Claire McCarthy ofrece una reinterpretación feminista del personaje, presentándola como una figura más activa y autónoma. A diferencia de la Ofelia pasiva de Shakespeare, la Ofelia de McCarthy toma decisiones y tiene una agencia que la aleja del estereotipo de víctima. La película explora su relación con Hamlet y los otros personajes desde una perspectiva que subvierte las normas

patriarcales, destacando su inteligencia y resiliencia.



Daisy Ridley en Ophelia (2018) // Ophelia (1851) por John Everett Millais

## 2- Videojuego "Elsinore" (2019)

"Elsinore" es un videojuego de aventura gráfica en el que el jugador controla a Ofelia, permitiendo una interacción directa con el personaje y su entorno. Esta mecánica de juego ofrece una visión distinta de su historia, donde Ofelia no solo sobrevive, sino que también desafía activamente su destino trágico.

El videojuego permite explorar diferentes versiones de la historia, subvirtiendo las expectativas tradicionales y ofreciendo una representación de Ofelia más compleja y empoderada.



Ofelia (1894), de John William Waterhouse // Ofelia, del videojuego Elsinore (2019), desarrollador Golden Glitch

## CONCLUSIONES Y REFERENCIAS

Los resultados preliminares de esta investigación indican que tanto la película "Ophelia" como el videojuego "Elsinore" presentan una reinterpretación feminista del personaje, desafiando los estereotipos de género y ofreciendo

nuevas lecturas de Ofelia. Estas reescrituras no solo enriquecen el estudio de "Hamlet", sino que también aportan al debate sobre la representación de género en los medios contemporáneos. La metodología transmedial utilizada en este estudio permite una comprensión integral de cómo diferentes medios pueden colaborar para reescribir y resignificar personajes clásicos, destacando la importancia de un enfoque crítico y feminista en el análisis literario y cultural.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

BAMBER LINDA (1982) *Comic Women, Tragic Men: A Study of Gender and Genre in Shakespeare*. Stanford: Stanford University Press.

BARTON, ANNE (2014) *Introducción en Shakespeare, William. Hamlet*. 1ra edición. CABA, Aguilar, Altea, Taurus, Alfaguara.

BERMEJO, JORDI (2012) "El videojuego: cibertexto y cajón de arena", en Alemany Ferrer, Rafael y ChicoRico, Francisco (coord.), *Ciberliteratura i comparatisme*. Universitat d'Alacant/ Universidad de Alicante, Sociedad Española de Literatura General y Comparada, pp. 25-37.

BLANCO, M. SOLEDAD (2020) *Reflexiones sobre feminismo y comparatismo. ¿Es la crítica literaria feminista inherentemente comparatista?*, en Bravo Herrera y Blanco (Ed.) *(H)ilaciones. Lecturas comparadas: Género(s), Viajes e Intertextualidades*. Jujuy, Tiraxi Ediciones, Universidad Nacional de Jujuy.

----- (2023) *Reescrituras de mitos clásicos a la luz de la segunda ola del feminismo. Los sueños de Clitemnestra de Dacia Maraini y Antígona Furiosa de Griselda Gambaro*. Revista Inti de Literatura Hispánica y Trasatlántica, Providence, Rhode Island, USA. En prensa.

BUTLER, JUDITH (1988). *Performative Acts and Gender Constitution: An Essay in Phenomenology and Feminist Theory*. *Theatre Journal*, 40(4), 519–531. <https://doi.org/10.2307/3207893>

CASELL, J.; JENKINS, H. "Chess for girls?: feminism and computers games". En: CASELL, J.; JENKINS, H., eds. *From Barbie to Mortal Kombat: gender and computer games*. Cambridge [MA]: MIT Press, 1998. p. 5.

DUBATTI, JORGE (2017) *Poéticas de liminalidad en el teatro*, Lima, Perú, Escuela Nacional Superior de Arte Dramático (ENSAD).

DUSINBERRE JULIET (1975) *Shakespeare and the nature of women*. London Macmillan Press.

- EAGLETON, Mary (ed) (1986) *Feminist Literary Theory*. Oxford: Basil Blackwell.
- FIGUEROA C., GUSTAVO (2015). El camino a la locura: Ofelia en el arte de Shakespeare Enloqueciendo: Ofelia en la creación artística de Shakespeare. *Revista chil neuro-psiquiat* 2015; 53 (3) : 196-204
- FISCHER, S. K. (1990). Hearing Ophelia: Gender and Tragic Discourse in "Hamlet." *Renaissance and Reformation Renaissance et Réforme*, 14(1), 1–10. <http://www.jstor.org/stable/43444750>
- GILBERT, S. M., APPIGNANESI, L., & GUBAR, S. (2020). *The madwoman in the attic: The woman writer and the nineteenth-century literary imagination*. London: Yale University Press.
- HABIB, MJ (2022). El papel de Gertrudis y Ofelia en Hamlet de Shakespeare: una implicación feminista. *Revista Académica de Artes, Humanidades y Ciencias Sociales*.
- HEILBRUN, CAROLYN G. (1991) *Hamlet's mother and other women*. Ballantine Books edition, in English - 1st Ballantine Books ed.
- JENKINS, H., FORD, S. y GREEN J. (2015) *Cultura transmedia. La creación de contenido y valor en una cultura en red*. Barcelona: Gedisa.
- MURRAY, J.H. (1997) *Hamlet on the holodeck: the future of narrative in cyberspace*. New York: The Free Press.
- RONK, M. C. (1994). Representations of "Ophelia." *Criticism*, 36(1), 21–43. <http://www.jstor.org/stable/23116623>
- RYNGAERT, JEAN-PIERRE y PIÑA, CRISTINA (2004) *Introducción al análisis teatral*. Buenos Aires: Artes del Sur.
- SANABRIA, CAROLINA (2014) Ofelia en el estanque como motivo visual de la imagen plástica del XIX a la filmica del XX en *Trama y fondo: revista de cultura*, ISSN 1137-4802, N°. 37, 2014 (Ejemplar dedicado a: La fantasía), <http://www.tramayfondo.com/revista/libros/172/CarolinaSanabria.pdf>
- SÁNCHEZ NORIEGA, JOSÉ LUIS (2000) *De la literatura al cine. Teoría y análisis de la adaptación*. Paidós, Barcelona.
- SCOLARI, CARLOS A. (2013) *Narrativas transmedia. Cuando todos los medios cuentan*. Madrid: Planeta,
- SHOWALTER, ELAINE (1994) *Representando a Ofelia: mujeres, locura y las responsabilidades de la crítica feminista*. Macmillan, 1994.
- SHAKESPEARE, WILLIAM (2014) *Hamlet*. Introducción por Anne Barton. 1ra edición. CABA, Aguilar, Altea, Taurus, Alfaguara.
- UE, TOM (2020). Madness and Metaphor in Lisa Klein's and Claire McCarthy's Ophelia. *The Shakespearean International Yearbook*, 203–216. <https://doi.org/10.4324/9781003048763-17>

**VULNERABILIDAD Y ESPACIOS DE PROTECCIÓN SOCIAL EN SAN SALVADOR  
DE JUJUY: REFLEXIONES E INTERPELACIONES DESDE LO FAMILIAR,  
CON PERSPECTIVA DE GÉNERO**

Fanucchi Avila, Gabriela Analía<sup>1</sup> & Arrueta, Patricia Marisel<sup>1</sup>

(1) Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy. Otero  
262-S.S. de Jujuy Prov. De Jujuy. CP4600  
Email: gabyfanucchiavila@gmail.com

**Resumen**

La presente investigación, desarrollada a partir del año 2023 y en vigencia en la actualidad, enmarcada en el Doctorado en Ciencias Sociales de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Jujuy, y para obtener el título correspondiente, aborda temas de interés académico centrados en las familias, las mujeres, las organizaciones de protección social y las situaciones de vulnerabilidad social, desde un enfoque multidimensional.

La problemática de estudio se enfoca en las mujeres-madres y sus familias, las cuales se encuentran en situación de vulnerabilidad y reciben apoyo de organizaciones de protección social en la zona sur de la ciudad de San Salvador de Jujuy. Como así también, en los complejos desafíos que enfrentan en sus vidas cotidianas.

El objetivo es analizar la influencia de las políticas de cuidado en las diversas situaciones críticas que experimentan estas familias, así como el rol de la protección social en los espacios de intervención, abordando la multidimensionalidad de los problemas que afectan a las mujeres-madres y a sus familias. Pretende generar aportes significativos, contribuyendo a una comprensión más profunda de cómo las estrategias de intervención social pueden influir en el afrontamiento de las diversas y complejas vulnerabilidades. Este enfoque puede contribuir al diseño de políticas más inclusivas y efectivas que respondan a las necesidades reales de las mujeres y las familias en situación de vulnerabilidad.

Para los fines mencionados, la investigación se enmarca en un enfoque cualitativo-básico-explicativo, empleando técnicas de recolección de datos como grupos focales con las mujeres-madres; entrevistas semiestructuradas a directivos e integrantes de equipos interdisciplinarios de apoyo; la observación no participante de la dinámica diaria en las organizaciones

**Palabras clave: espacios de protección social; familias; mujeres-madres; políticas de cuidado; vulnerabilidad social**

## INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de profundas transformaciones sociales, económicas y culturales, la vulnerabilidad social adquiere nuevas formas y dimensiones, especialmente cuando se analiza desde la perspectiva de género.

Las mujeres-madres de la zona sur de la ciudad de San Salvador de Jujuy, en particular, enfrentan desafíos estructurales que condicionan sus posibilidades de acceso a derechos, recursos y oportunidades. En este marco, las organizaciones de protección social pueden constituirse en espacios de relevancia en las vidas cotidianas de las mismas.

El presente trabajo se inscribe en el Doctorado en Ciencias Sociales de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Jujuy, para acceder a la titulación correspondiente. Reflejando temas de interés desde la formación de grado, posgrado y ejercicio profesional-disciplinar.

Busca analizar cómo influyen las políticas de cuidado y los dispositivos institucionales de protección social en las experiencias de mujeres-madres que atraviesan situaciones de vulnerabilidad en la zona sur de San Salvador de Jujuy.

Desde un enfoque Cualitativo, desde la perspectiva Hermenéutica-dialéctica y con una mirada situada, busca visibilizar las voces de las mujeres-madres, las estrategias de afrontamiento y trayectorias cotidianas, reconociendo sus saberes y experiencias como insumos válidos para el diseño de políticas públicas más justas e inclusivas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación propuesta se enmarca dentro del Paradigma Hermenéutico-Dialéctico, implicando la realización de una Investigación Cualitativa. “Su fundamento radica en la necesidad de comprender el sentido de la acción social en el contexto del mundo de la vida y desde la perspectiva de los participantes.” (Vasilachis, 2006, p. 48).

La misma persigue los siguientes objetivos:

General: analizar las situaciones de vulnerabilidad de las mujeres-madres y sus familias de instituciones de protección social, en el marco de las políticas de cuidado en la provincia de Jujuy.

Específicos:

1.Describir las condiciones, materiales, simbólicas, de filiación y representativas, de vulnerabilidad social que atraviesan las mujeres y sus familias que asisten a las organizaciones de protección de San Salvador de Jujuy.

2.Conocer la incidencia de las políticas de cuidados sobre las diferentes situaciones críticas que viven las familias de las organizaciones sociales.

3.Indagar los dispositivos de protección social que se desarrollan en las organizaciones como espacios de intervención social.

En relación al alcance de la misma, y en concordancia al objetivo general y a los específicos propuestos, se trata de una Investigación Básica con carácter Explicativo.

Las técnicas e instrumentos para la recolección de la información son:

Grupos Focales: con las mujeres-madres que asisten a las organizaciones. se pretende indagar y profundizar en las categorías de análisis antes propuestas (familias, vulnerabilidad social, protección social, políticas de cuidado), desde la perspectiva singular de las mujeres. Reconociendo las particularidades de las situaciones de vulnerabilidad que enfrentan a diario y el atravesamiento de las políticas de cuidado. Propiciando la participación activa, el intercambio de opiniones y representaciones sociales en base a sus experiencias cotidianas; para visibilizar sus voces.

Entrevistas semiestructuradas: con los directivos e integrantes de los equipos interdisciplinarios de apoyo, a fin de obtener información específica, desde la percepción de los demás actores sociales que forman parte de las organizaciones. Permiten ampliar y profundizar lo conocido a través de los grupos focales, para obtener una perspectiva integral de la vulnerabilidad social, las políticas de cuidado y la protección social.

Observación no participante: de manera articulada/integrada con las demás técnicas, buscando complementar la información que pueda obtenerse. Se propone observar la dinámica diaria de las organizaciones, por ser el espacio específico de protección social de las familias en situación de vulnerabilidad. Priorizando observar las prácticas de las mujeres-madres en dichos ámbitos.

El registro es transversal a la aplicación de las técnicas, mediante grabaciones, fotografías y escritos. En todo momento, se solicitarán las autorizaciones correspondientes de las personas involucradas.

**Población de Estudio:** Se compone de tres (3) espacios-organizaciones sociales de protección de la zona sur de la ciudad de San Salvador de Jujuy: la Asociación civil “La Casa del Niño, el Comedor Arco Iris y el Centro Comunitario “San Pantaleón”.

Contienen diariamente a mujeres-madres y sus familias en situación de vulnerabilidad social, residentes en los barrios: Malvinas Argentinas, 13 de julio, Asentamiento 18 de noviembre, 820 Viviendas y zonas aledañas.

Estos espacios de protección poseen un sostenido arraigo histórico en la zona, ya que cuentan entre veintidós (22) y treinta y cuatro (34) años de permanencia y funcionamiento ininterrumpido, según destacan las referentes de las mismas.<sup>26</sup>

La muestra estará organizada y constituida de la siguiente manera:

- En relación a las mujeres-madres: 13 mujeres-madres de un total de 25 asistentes al Comedor “Arco-Iris”; 18 mujeres-madres de un total de 35 asistentes al Centro Comunitario “San Pantaleón” y 13 mujeres-madres de un total de 25 asistentes a la Asociación Civil “La Casa Del Niño”

- En relación a los directivos: 1 referente del Comedor “Arco-Iris”; 1 referente del Centro Comunitario “San Pantaleón” y 2 referentes: Una directora en turno mañana y una vicedirectora en turno tarde de la Asociación Civil “La Casa Del Niño”

- En relación a los equipos interdisciplinarios de apoyo: 4 de 8 integrantes del Centro Comunitario “San Pantaleón”; 5 de 10 integrantes de la Asociación Civil “La Casa Del Niño”, aclarando que el “Comedor Arco-Iris” no posee.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio pretende generar aportes significativos, contribuyendo a una comprensión más profunda de cómo las estrategias de intervención social pueden

influir en el afrontamiento de las diversas y complejas vulnerabilidades. Este enfoque puede contribuir al diseño de políticas más inclusivas y efectivas que respondan a las necesidades reales de las mujeres y las familias en situación de vulnerabilidad.

De manera complementaria, se pretende optimizar las estrategias de abordaje que llevan a cabo las organizaciones como espacios de protección social para estas familias. Identificar tanto las barreras como los facilitadores en la implementación de políticas de cuidado, permitirá desarrollar estrategias que no solo potencien las medidas de protección inmediatas, sino que también promuevan la inclusión social y el empoderamiento de las mujeres-madres y las familias que las integran.

Allí, resulta pertinente destacar que las mujeres-madres asistentes manifiestan que, si bien la motivación inicial de concurrencia a las organizaciones sociales está dada por el requerimiento de satisfacer la necesidad de subsistencia a través de una alimentación adecuada, ya que los tres espacios poseen comedor (con servicios de desayuno, almuerzo y merienda o vianda, según sea el caso), luego se evidencian otras cuestiones. Como, por ejemplo, el impacto positivo que valoran las mujeres-madres en función de los espacios de apoyo escolar que las organizaciones poseen; como así también el abordaje de los equipos interdisciplinarios (que dos de ellas poseen).<sup>27</sup>

Dado que la investigación se enmarca en la perspectiva de género, enfocándose en las mujeres-madres como protagonistas de estos espacios de protección social, con el fin de visibilizar sus experiencias, necesidades y estrategias de afrontamiento ante situaciones de vulnerabilidad. El estudio no solo busca analizar las políticas existentes, sino también sumar alternativas que aborden las desigualdades de género en el acceso a la protección social.

Por lo tanto, tiene como finalidad generar aportes que promuevan estrategias y políticas con un mayor grado de inclusión y sensibilidad hacia las necesidades específicas de las mujeres, reconociéndolas como sujetos plenos de derechos y visibilizando las adversidades que enfrentan en su día a día.

<sup>26</sup> Datos obtenidos en las entrevistas de negociación (Realizadas en el año 2023 y 2024 a las referentes de las organizaciones en cuestión: Miriam Garnica del “Comedor Arco Iris”; Elena Vaca del “Centro Comunitario San

Pantaleón”; Mercedes Mulqui y Cecilia Barrera de la “Asociación Civil La Casa del Niño.”)

<sup>27</sup> En instancias de grupos focales (efectuadas en el año 2024).

Si bien, en teoría, los sistemas de protección social tienen como objetivo ofrecer un acceso igualitario a derechos y beneficios, en la práctica existen múltiples barreras que limitan el acceso efectivo para las mujeres-madres, perpetuando desigualdades históricas y estructurales. Esta situación se agrava aún más cuando se trata de madres solas, quienes asumen la totalidad de las tareas de cuidado y afectividad de sus hijos.

En relación a lo cual es pertinente destacar los siguientes datos obtenidos en el proceso investigativo: las mujeres-madres en cuestión están incluidas en una franja etaria de entre diecisiete (17) y cincuenta (50) años de edad. Principalmente, conviven con sus hijos, los cuales tienen diversos rangos etarios (desde bebés recién nacidos hasta adolescentes y jóvenes). Aunque suelen mantener relaciones afectivas de pareja, en este caso particular todas con hombres, generalmente no conviven con los mismos. O, en todo caso, la convivencia es esporádica.<sup>28</sup>

La mayoría se encuentra desempleada, percibiendo los beneficios de seguridad social derivados de la “Asignación Universal por Hijo”, “Potenciar Trabajo” y “Fortalecer la crianza”<sup>29</sup>; con cierta inestabilidad en el cobro mensual. Sólo algunas trabajan en casas de familias realizando tareas domésticas y de cuidado de niños, enmarcadas en el trabajo informal, con ingresos inestables e insuficientes. Mayoritariamente, sólo realizaron el cursado de la educación primaria, sin haber finalizado dicho nivel.

Han atravesado a lo largo de sus trayectorias de vida distintas situaciones vinculadas a la pobreza, la vulneración social, la violencia en sus distintas manifestaciones, etc.<sup>30</sup>

---

<sup>28</sup> Estos datos se conocen y plantean sobre las familias y las mujeres-madres, en base a las investigaciones anteriores realizadas en las organizaciones (Fanucchi Avila, 2018-2023 para la Tesis de Licenciatura en Trabajo Social-FHyCS-UNju; para diversos trabajos finales de módulos del Doctorado en Ciencias Sociales como: Economía Social y Política, Demografía, Sociología, Ciencias de la Comunicación, etc. También para el texto “Experiencias de Abordaje desde el Trabajo Social Familiar: Reflexiones e Interpelaciones desde diversos campos de actuación profesional.”. A su vez, a la información transmitida por las referentes de las referentes de los tres espacios de contención, en las entrevistas de negociación y de avances de investigación (Realizadas en el año 2023 y 2024 a las referentes de las organizaciones en cuestión: Miriam Garnica del “Comedor Arco Iris”; Elena Vaca del “Centro Comunitario San Pantaleón”; Mercedes Mulqui y Cecilia Barrera de la “Asociación Civil La Casa del Niño.”)

<sup>29</sup> Programa en articulación con el PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), equivalente al Potenciar Trabajo, destinado a mujeres que asisten a organizaciones de la

## CONCLUSIONES

Se considera que la presente investigación contribuirá a la comprensión de las situaciones de vulnerabilidad social que atraviesan las mujeres-madres en San Salvador de Jujuy, no como cuestiones aisladas ni coyunturales, sino el resultado de múltiples factores estructurales que se entrelazan: precarización laboral, sobrecarga de tareas de cuidado no remuneradas, falta de acceso a servicios básicos y políticas públicas fragmentadas. En este escenario, las organizaciones sociales cumplen un rol clave como espacios de protección, contención y construcción de redes de apoyo comunitario.

Sin embargo, también se evidencian limitaciones en las políticas de cuidado actuales, que muchas veces no logran responder de manera integral y sostenida a las necesidades reales de estas mujeres y sus familias.

Por ello, se vuelve imprescindible repensar las estrategias de intervención con una mirada interseccional y de género, que reconozca a las mujeres-madres como sujetas activas de derechos y no solo como receptoras pasivas.

Este estudio pretende aportar a la formulación de políticas públicas más sensibles, inclusivas y transformadoras, que promuevan la equidad de género, el reconocimiento del trabajo de cuidado y la ampliación efectiva de derechos, contribuyendo así a la reducción de las desigualdades sociales en los territorios más vulnerables.

sociedad civil, que sólo perciben los beneficios de la A.U.H., pero ningún otro.

<sup>30</sup> Estos datos se conocen y plantean sobre las familias y las mujeres-madres, en base a las investigaciones anteriores realizadas en las organizaciones (Fanucchi Avila, 2018-2023 para la Tesis de Licenciatura en Trabajo Social-FHyCS-UNju; para diversos trabajos finales de módulos del Doctorado en Ciencias Sociales como: Economía Social y Política, Demografía, Sociología, Ciencias de la Comunicación, etc. También para el texto “Experiencias de Abordaje desde el Trabajo Social Familiar: Reflexiones e Interpelaciones desde diversos campos de actuación profesional.”. A su vez, a la información recabada en las entrevistas a distintos integrantes de los equipos interdisciplinarios (en el caso de la Asociación Civil “La Casa del Niño” y el Centro Comunitario “San Pantaleón en el año 2024) y las autoridades del Comedor “Arco Iris” (que no posee equipo interdisciplinario).

## REFERENCIAS

- Aramayo, F. (2018) en CONTRERAS, T.; BEJARANO, I.F. (2018) (Comp.) Metodología del Trabajo Social. Ediciones DAAS. Santiago del Estero. Argentina.
- Auicilino, (2020) en Clarín.Com. Otro efecto de la pandemia. En Argentina la pobreza es mayor cuando la jefa de hogar es una mujer. <https://www.clarin.com>
- Barg, L. (2020) La familia. Una entidad socio-histórica. Universidad de Costa Rica. [https://youtu.be/iC3VLLnNrRE?si=Q\\_ZD7hO-8jNyeQJL](https://youtu.be/iC3VLLnNrRE?si=Q_ZD7hO-8jNyeQJL)
- Barg, L. (2016) Familias. Diferentes modos de estar en ellas. Espacio Editorial. Buenos Aires. Argentina.
- Barg, L. (2012) Familia, un campo de relaciones. Revista Debate Público. Reflexión sobre el Trabajo Social. Año 2. Número 3. Artículos Seleccionados.
- Bourdieu, P. (1994) Espíritu de familia. En Neufeld, M.R., Grinberg., M. Tiscornia, S. y Wallace, S. (Comp.) Antropología Social y política. Hegemonía y poder: el mundo en movimiento (1988). EUDEBA. Buenos Aires. Argentina.
- Carballeda, A. (2008) La intervención en lo Social y las Problemáticas Sociales Complejas: los escenarios actuales del Trabajo Social. Periódico de Trabajo Social y Ciencias Sociales. Edición Digital. Edición N° 48.
- Carballeda, A. (2020) en Lugano, C.; Ríos, C.; Testa, C. (2020) Trabajo Social y vulnerabilidad Social: estrategias institucionales y prácticas organizativas. UBA.Sociales. Universidad Nacional de La Plata. Universidad Nacional de Moreno. Proyecto Procedimientos y Tecnologías para la intervención con poblaciones en vulnerabilidad social.
- Ceminari, Y. y Stolkiner, A. (2018) “El cuidado social y la organización social del cuidado como categorías claves para el análisis de políticas públicas.” <https://www.academica.org/000-122/142>
- Cremona, F. (2011) Comunicación y Género. Cuadernos de cátedra. Buenos Aires. Argentina. Ediciones de Periodismo y Comunicación social.
- Díaz, E. (2010). Metodología de las ciencias Sociales. Buenos Aires. Argentina. Biblos.
- Escobar Delgado, R.A. (2010) Las ONG como organizaciones sociales y agentes de transformación de la realidad: desarrollo histórico, evolución y clasificación. Revista Diálogo de Saberes. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3295702>
- Fanucchi Avila, G.A. y otros (2023) (Co-Comp.) Experiencias de Abordaje desde el Trabajo Social Familiar: Reflexiones e Interpelaciones desde diversos campos de actuación profesional. Edición Para Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales-UNJu. Jujuy. Argentina.
- Fanucchi Avila, G. A. (2018) en Contreras, T.; Bejarano, I.F. (2018) (Comp.) Metodología del Trabajo Social. Ediciones DAAS. Santiago del Estero. Argentina.
- Fleuri, S.; Molina, C.G. (2000) Modelos de Protección Social. Banco Interamericano de Desarrollo, Instituto Interamericano para el Desarrollo Social (INDES) “Diseño y gerencia de políticas y programas sociales” © INDES 2002.
- Fossati, G. y otros (2012) Trabajo Social Familiar. Ensayos acerca de la familia y el Trabajo Social Familiar. Unidad de Investigación en Trabajo Social. FHyCS-UNJu.
- Ferrer, D. (2011) Espacios de Libertad: mujeres. Violencia Doméstica y Resistencia. Buenos Aires. Argentina. Espacio Editorial.
- Gattino, S. (2020) Las nuevas configuraciones familiares. UNC. [https://youtu.be/p\\_4WLtOulHA?si=JvIW\\_lvGPUkZHyhZ](https://youtu.be/p_4WLtOulHA?si=JvIW_lvGPUkZHyhZ) <https://youtu.be/ESIsIzoxj9s?si=j3Tto-01ZFAF6uvq>
- Giddens, A. (2006) Sociología. Quinta Edición. Editorial Brujas. Argentina.
- Hamui-Sutton, A.; Varela-Ruiz, M. (2012) La técnica de grupos focales. Investigación en Educación Médica, vol. 2, núm. 5, enero-marzo, 2013, pp. 55-60 Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México
- Lugano, C.; Ríos, C.; Testa, C. (2020) Trabajo Social y vulnerabilidad Social: estrategias institucionales y prácticas organizativas. UBA.Sociales. Universidad Nacional de La Plata. Universidad Nacional de Moreno. Proyecto

Procedimientos y Tecnologías para la intervención con poblaciones en vulnerabilidad social.

Matus Sepúlveda, T. (2006) Apuntes sobre Intervención Social. En <http://biblioteca.uahurtado.cl/ujah/856/txtocompleto/txt125117.pdf>

Max Agüero, E. (2012) Trabajo Social Familiar e Investigación Diagnóstica: Apuntes y Contribuciones Teórico-Epistemológicas. Social Ediciones. Jujuy, Argentina.

Max Agüero, E. (2015) Trabajo Social Familiar e Investigación Diagnóstica: El Diagnóstico Social Familiar: Aspectos y Cuestiones Metodológicas y Técnico Operativas. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Filosofía y Letras-PRO.SOC.

Navarro González, A. (1987) La Hermenéutica Dialéctica, ¿una alternativa para la investigación social? Publicaciones ANUIES – Revista de la Educación Superior N° 61. <http://publicaciones.anui.es.mx/revista/61/2/3/es/la-hermenuetica-dialectica-una-alternativa-para-la-investigacion>

Pautassi, L., Arcidiácono, P; Straschnoy, M. (2014) Editorial: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Sede Ecuador. Revista: Iconos. CONICET\_Digital\_Nro.a0bc5c5a-2783-4586-adcf-7a256c78794b\_A.pdf

Rozas Pagaza, M. (2001) La intervención profesional en relación con la cuestión social. El caso del Trabajo Social. Espacio Editorial. Buenos Aires. Argentina

Repetto, (2010) Protección social en América Latina: la búsqueda de una integralidad con enfoque de derechos. Revista del CLAD Reforma y Democracia. Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo Venezuela

Segato, R. (2019) El mandato de la masculinidad. En <https://youtu.be/R7BwJjnFgjo?si=ImXypVKTJ5xCMuPj>

Travi, B. (2006) La dimensión técnico-instrumental en Trabajo Social. Reflexiones y propuestas acerca de la entrevista, la observación, el registro y el informe social. Buenos Aires. Argentina. Espacio Editorial.

Vélez Restrepo, O.L. (2003) Reconfigurando el Trabajo Social. Perspectivas y tendencias

contemporáneas. Buenos Aires. Argentina Espacio Editorial

Yuni, J.A. Y Urbano, C.A. (2006). Técnicas para investigar. Recursos Metodológicos para la Preparación de Proyectos de Investigación Volumen 2. Editorial Brujas. Argentina.

# DESCOMPOSICIÓN ADAPTATIVA CON FUZZY LOGIC PARA PROBLEMAS RESTRINGIDOS A GRAN ESCALA

PAZ, Fabiola Patricia<sup>1</sup>; LEGUIZAMÓN, Guillermo<sup>2</sup>; MEZURA-MONTES, Efrén<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy, Argentina

<sup>2</sup> LIDIC, Universidad Nacional de San Luis, Argentina

<sup>3</sup> Centro de Investigación en Inteligencia Artificial, Universidad Veracruzana, México

Email: fabypaz@fi.unju.edu.ar

## Resumen

La solución de problemas continuos de optimización restringida a gran escala (LSCOP) a través de algoritmos Coevolutivos Cooperativos ha ganado un gran interés en los últimos años. Uno de los desafíos más importantes de los algoritmos CC es la descomposición del problema original. Actualmente, los métodos de descomposición para resolver LSCOP suelen generar subcomponentes ineficientes en problemas altamente separables con considerables recursos computacionales, lo que afecta al rendimiento de la optimización. En este artículo presentamos un método de descomposición adaptativo cuyo objetivo es formar subcomponentes eficientes basándose en las características de los problemas que hay que optimizar. Esta propuesta, denominada FLEDG, se caracteriza por su alta precisión y bajo costo de recursos computacionales en la descomposición de LSCOP. La propuesta se evalúa sobre un conjunto de funciones de referencia ampliamente utilizados en la literatura y se compara con otros métodos de última generación. Los resultados indican que nuestra propuesta realiza la descomposición de forma eficiente y logra reducir los requisitos computacionales, lo que la convierte en una valiosa contribución al campo de la optimización.

**Palabras clave:** 1 Marco Co-evolutivo Cooperativo; 2 Optimización de Problemas Continuos; 3 Optimización Restringida; 4 Inteligencia Artificial; 5 Algoritmos de Inteligencia de Enjambre

## INTRODUCCIÓN

Muchos problemas de optimización actuales no solo involucran cientos de variables de decisión, sino que también están sujetos a un conjunto de restricciones que los hacen particularmente difíciles de resolver (Liu et al., 2024). Estos se conocen como problemas de optimización restringida a gran escala (LSCOP, por sus siglas en inglés). Cuando los algoritmos de última generación presentan dificultades de escalabilidad, se enfrentan a la llamada maldición de la dimensionalidad, provocada por: (a) el crecimiento exponencial del tamaño del espacio de búsqueda y el consecuente aumento en el número de óptimos locales; (b) la gran cantidad de evaluaciones de aptitud (Fitness Evaluation, FEs) necesarias para obtener un desempeño satisfactorio; (c) el alto nivel de interacción entre las variables de decisión; y (d) la complejidad del espacio de búsqueda, que se amplifica al dividirlo en una o varias regiones factibles (Ma et al., 2018).

Para abordar los LSCOPs, se recurre a la descomposición del problema original en subproblemas más simples y de menor escala, que

se resuelven de manera independiente. Este enfoque, conocido como Coevolutivo Cooperativo (CC), sigue la estrategia de dividir y conquistar y generalmente consta de tres etapas: (1) descomposición, en la que un problema original (ya sea sin restricciones o con restricciones) se divide en subproblemas más simples; (2) optimización, en la que cada subproblema es resuelto mediante un algoritmo inspirado en la naturaleza; y (3) combinación, en la que las soluciones locales de cada subproblema se integran en un vector de contexto para formar una solución global (De Jong., 2017).

Para que una estrategia de descomposición impacte positivamente en el rendimiento de la optimización, es crucial considerar las interacciones entre las variables y evitar asignar variables interdependientes en diferentes subproblemas. Si estas variables no se agrupan adecuadamente, los algoritmos de optimización pueden converger a un "pseudomínimo", es decir, un mínimo local generado por la

descomposición incorrecta, que no corresponde al problema original (Ma et al., 2018).

La descomposición de un problema generalmente consta de dos elementos clave: (1) un mecanismo para identificar las interacciones entre las variables de decisión y (2) un proceso para formar subproblemas basados en la información de interacción. Algunos métodos de detección de interacciones son completamente automáticos, proporcionando tanto el número de subcomponentes como sus tamaños. Otros requieren la intervención del usuario para definir estos parámetros (Liu et al., 2024).

En el contexto de LSCOPs, los mecanismos para identificar interacciones, según Ma et al. (2018), se agrupan en tres categorías: Random Grouping, Minimization of the Fitness Difference y Finite Differences (FD). Entre estos, FD es el más preciso, ya que se basa en la separabilidad aditiva de las funciones. Este principio ha impulsado el desarrollo de métodos como Differential Grouping (DG) y sus variantes. Dentro de estas, DG2 sobresale por su eficiencia al requerir menos FEs. Posteriormente, se han propuesto algoritmos avanzados como RDG, que combina la precisión de DG2 con una complejidad computacional más baja, en término de FEs. En esta línea, nuestro trabajo utiliza el método CERD, diseñado en un trabajo previo para agrupar variables en subcomponentes de tamaño adecuado, logrando alta precisión con un costo computacional reducido. Sin embargo, aún persiste el desafío de abordar de manera eficiente los problemas altamente separables, los cuales pueden descomponerse en subproblemas independientes más pequeños.

En este artículo, se presenta una propuesta diseñada en un marco CC para abordar LSCOP. La propuesta presenta un nuevo método de descomposición denominado Efficient Differential Grouping with Fuzzy Logic (FLEDG), que se basa en CEDG recientemente propuesto y lo combina con un sistema de lógica difusa (Fuzzy Logic, FL). La esencia de FLEDG radica en la determinación del número y tamaño de los subcomponentes según las características del problema, lo que reduce la complejidad computacional y enfrenta la maldición de la dimensionalidad.

## MÉTODO FLEDG

Nuestra propuesta de descomposición, FLEDG, se basa en dos procesos clave que se describen a continuación:

*Estrategia de Agrupación de Variables (VGS):* Este proceso adapta el método CEDG para su aplicación en espacios restringidos, eliminando la necesidad de

umbrales predefinidos. VGS identifica y agrupa las variables interactuantes en subcomponentes y, en caso de existir variables no interactuantes, las reúne en un único grupo.

*Subdivisión de Variables No Interactuantes (NVS):* Para las variables no interactuantes agrupadas por VGS, se emplea un sistema de lógica difusa que subdivide estos grupos en subcomponentes más pequeños y adecuados para la optimización. La lógica difusa permite un ajuste adaptativo del tamaño de los subcomponentes, considerando el grado de separabilidad del problema y reduciendo la complejidad computacional.

El método FLEDG se aplica de manera iterativa: primero, para identificar y agrupar las variables en las funciones de restricción; y luego, en la función objetivo. La Fig. 1 ilustra de forma simplificada este proceso. Durante el proceso VGS, se identifican las interacciones de las variables tanto en la función objetivo como en las restricciones. Similar a CEDG, todas las funciones de las restricciones se consideran de manera conjunta. Si dos variables interactúan en alguna de las restricciones, se agrupan en el mismo subcomponente. Así, FLEDG genera dos conjuntos de grupos: uno correspondiente a la función objetivo ( $Grup_{obj}$ ) y otro a las restricciones ( $Grup_{\theta}$ ).

Descomponer eficientemente problemas completamente y parcialmente separables, es decir, aquellos que contienen variables no interactuantes, es un desafío clave en la optimización (Mei et al., 2016). A diferencia de CEDG, que utiliza un umbral fijo para abordar este tipo de problemas, FLEDG introduce un sistema difuso que ajusta dinámicamente el tamaño de los subcomponentes en función del grado de separabilidad del problema. Este enfoque permite una descomposición más adaptativa y precisa, especialmente en problemas con estructuras complejas.

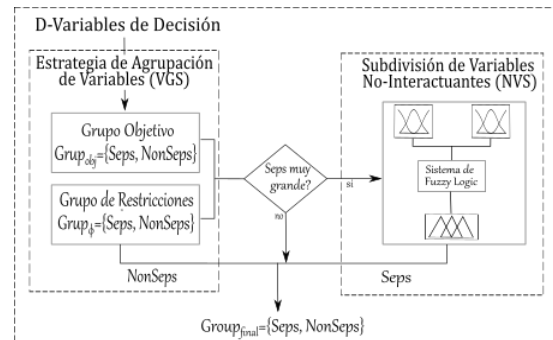


Fig. 1. Método FLEDG simplificado.

El sistema difuso NVS se detalla a continuación:

*Variables de Entrada:* la primera variable es *Gseps*, que representa el grado de separabilidad del problema. Esta variable toma valores en el rango [0,1] y se calcula según la Ec.(1). Refleja la proporción de variables separables respecto al total de variables de decisión.

$$Gseps = \frac{Nseps}{Nseps + Nnonseps} \quad (1)$$

donde *Nseps* es el número de variables separables y *Nnonseps* el número de variables no separables. La segunda variable de entrada es *Iteración* la cual toma un valor entre 0 y 1 y se define en la Ec. (2) Por lo tanto, puede entenderse como el grado de avance del proceso de optimización.

$$Iteración = \frac{Iteración\ actual}{Iteración\ máxima} \quad (2)$$

*Variable de salida:* la variable *sizeSC* determina el tamaño del subcomponente. Para problemas completamente separables, se establecen umbrales entre 20 y 100 variables de decisión por subcomponente, según lo recomendado en la literatura. Estos valores, extraídos de diversos estudios (Liu et al., 2024), han demostrado ser efectivos para alcanzar un buen rendimiento en diferentes algoritmos de optimización.

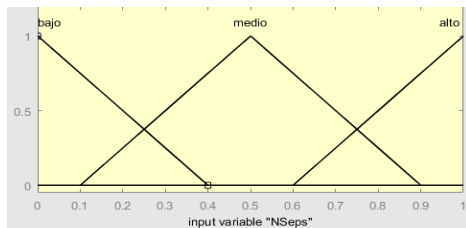


Fig. 2. Variable de Entrada *Nseps*

Los valores de las variables de entrada y salida se granularon utilizando tres funciones de pertenencia triangulares: «baja», «media» y «alta», como se muestra en las Figs. 2-4. Esta configuración se basa en estudios previos y en los resultados exitosos reportados en la literatura (Olivas et al., 2013; Valdez et al., 2011).

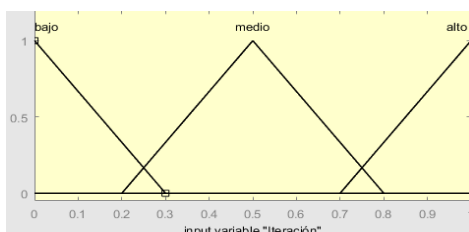


Fig.3. Variable de Entrada *Iteración*.

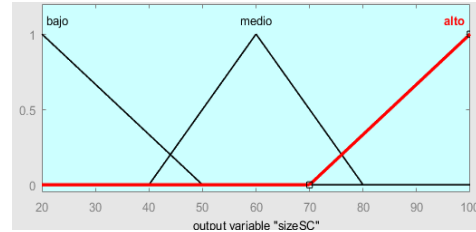


Fig. 4. Variable de Salida *sizeSC*.

*Reglas lingüísticas:* En problemas con un gran número de variables separables, el tamaño óptimo de los subcomponentes no siempre es evidente. No obstante, cualquier descomposición intermedia entre los dos extremos —D subcomponentes individuales o un único subcomponente con D variables— es generalmente preferible, siendo D la dimensión del problema (Mei et al., 2016). En este contexto, la Fig. 5 presenta un conjunto de reglas lingüísticas definidas para el sistema difuso.

El sistema difuso utilizado en el proceso NVS es del tipo Mamdani, ideal para este tipo de control (Olivas et al., 2013). Para determinar los valores de *sizeSC*, el sistema se ejecuta inicialmente y cada vez que la factibilidad de la solución cambia. Los valores finales se calculan mediante el método del centroide. La Fig. 6 proporciona una visión general del sistema difuso completo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar la eficacia del método propuesto, se utilizó un conjunto de 18 funciones de referencia para problemas restringidos a gran escala propuesto en Sayed et al. (2015), que abarcan distintos niveles de complejidad y separabilidad. Estas funciones se escalan a altas dimensiones, evaluándose en 100, 500 y 1000 variables, con un dominio definido en el intervalo cerrado  $[-100,100]^D$ . Los problemas pueden dividirse en cuatro categorías: C1: F01-F03 son funciones altamente separables; C2: F04-F09 son funciones parcialmente separables; C3: F10-F15 son funciones parcialmente separables con variables superpuestas y empalmadas; y C4: F16-F18 son funciones completamente no separables con variables superpuestas.

La Tabla 1 resume las características principales de estas funciones. A medida que aumenta la dimensionalidad, aumenta también el número de variables separables (sep) y no separables (nonsep). Se comparó el rendimiento de FLEDG con el de otros métodos de descomposición propuestos previamente en Paz et al. (2024), incluidos RDG2 (Sun et al., 2018) y CEDG. Los parámetros de estos métodos se configuraron según las especificaciones originales de sus respectivas publicaciones.

Para evaluar los métodos de descomposición, se emplearon dos métricas: (1) la cantidad de elementos finitos utilizados en la descomposición del problema, y (2) la precisión de agrupamiento, definida como el porcentaje de variables de decisión interactuantes que fueron correctamente agrupadas (Sun et al., 2018). Se considera que un método con un menor número de elementos finitos y una mayor precisión de agrupamiento es más eficiente.

1. If (NSeps is bajo) and (Iteración is bajo) then (sizeSC is medio) (1)
2. If (NSeps is bajo) and (Iteración is medio) then (sizeSC is medio) (1)
3. If (NSeps is bajo) and (Iteración is alto) then (sizeSC is alto) (1)
4. If (NSeps is medio) and (Iteración is bajo) then (sizeSC is bajo) (1)
5. If (NSeps is medio) and (Iteración is medio) then (sizeSC is medio) (1)
6. If (NSeps is medio) and (Iteración is alto) then (sizeSC is alto) (1)
7. If (NSeps is alto) and (Iteración is bajo) then (sizeSC is bajo) (1)
8. If (NSeps is alto) and (Iteración is medio) then (sizeSC is medio) (1)
9. If (NSeps is alto) and (Iteración is alto) then (sizeSC is alto) (1)

Fig. 5. Variable de Salida *sizeSC*.

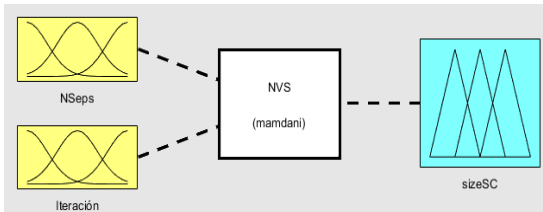


Fig. 6. Sistema difuso del proceso NVS.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 presenta los resultados de la descomposición de variables separables aplicada a la función objetivo del conjunto de funciones de referencia en 1000D, utilizando el sistema difuso NVS. Los resultados incluyen el número de subcomponentes generados y la distribución de variables dentro de cada subcomponente [#sub x #variables]. En funciones como F01-F03, un mayor número de variables da lugar a un mayor número de subcomponentes. En contraste, las funciones parcialmente separables (F04-F15) se organizan en grupos de entre 10 y 30 subcomponentes, mientras que las funciones F16-F18 carecen de variables separables, por lo que no se efectuó la descomposición. Es importante señalar que la iteración (*iter*) influye en el tamaño de los subcomponentes. Cuando una solución pasa de no factible a factible, los subcomponentes de la función objetivo no deben ser excesivos, ya que se dispone de menos FEs para la optimización.

Tabla 1. Funciones en 100-500 y 1000D, con los respectivos números (#) de variables y subcomponentes.

F	D	sep	nonsep	F	D	sep	nonsep	F	D	sep	nonsep
F01	100	100	0	F07	100	90	10	F13	100	80	20
	500	500	0		500	450	50		500	400	100
	1000	1000	0		1000	900	100		1000	800	200
F02	100	100	3	F08	100	87	13	F14	100	77	23
	500	500	6		500	444	56		500	394	106
	1000	1000	9		1000	891	109		1000	791	209
F03	100	95	5	F09	100	85	15	F15	100	75	25
	500	490	10		500	440	60		500	390	110
	1000	985	15		1000	885	115		1000	785	215
F04	100	90	10	F10	100	80	20	F16	100	0	100
	500	450	50		500	400	100		500	0	500
	1000	900	100		1000	800	200		1000	0	1000
F05	100	87	13	F11	100	67	33	F17	100	0	100
	500	444	56		500	344	156		500	0	500
	1000	891	109		1000	691	309		1000	0	1000
F06	100	85	15	F12	100	65	35	F18	100	0	100
	500	440	60		500	340	160		500	0	500
	1000	885	115		1000	685	315		1000	0	1000

La Tabla 3 presenta los resultados de FEs y las precisiones de agrupamiento obtenidas por distintos métodos de descomposición para las 18 funciones, organizadas en categorías C1-C4 (ver columnas 1-2), evaluadas en dimensiones de 100, 500 y 1000. Se observa que el método FLEDG supera a los demás en términos de FEs en las funciones correspondientes a las categorías C3 y C4, como se muestra en la Fig.7. Esta ventaja se debe a la capacidad de CEDG para reducir el consumo de FEs y al enfoque de FLEDG de eliminar la dependencia de umbrales, ya que propone centrarse en las funciones separables para optimizar el proceso de descomposición. FLEDG, al igual que otros métodos, descompone correctamente todas las funciones y logra una precisión de agrupamiento del 100 % tanto en variables separables como no separables. Esto se debe a que todos los métodos utilizan el mismo teorema para identificar interacciones entre variables, por lo que obtienen el mismo resultado.

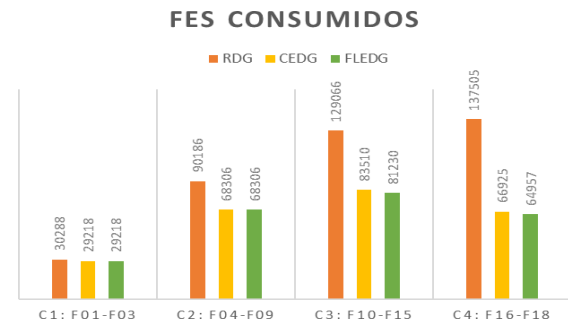


Fig. 7. Cantidades de FEs utilizado por método para las tres dimensiones, ordenadas por categoría.

Tabla 2. Funciones de 1000D, con los respectivos números (#) de subcomponentes y variables.

F	Tamaño del Subcomponente Septs [#scp x #vbles]				
	iter < 0.1	iter < 0.2	iter < 0.5	iter < 0.8	iter < 1
F01-F03	[34 x 29] [1 x 14]	[31 x 32] [1 x 8]	[16 x 60] [1 x 40]	[11 x 87] [1 x 43]	[11 x 90] [1 x 10]
F04-F06	[30 x 30]	[28 x 32] [1 x 4]	[15 x 60]	[10 x 87] [1 x 30]	[10 x 89] [1 x 10]
F07-F09	[30 x 30]	[28 x 32] [1 x 4]	[15 x 59] [1 x 15]	[15 x 60]	[10 x 88] [1 x 20]
F10-F12	[25 x 31] [1 x 25]	[25 x 32]	[13 x 60] [1 x 20]	[11 x 71] [1 x 19]	[9 x 88] [1 x 8]
F13-F15	[25 x 31] [1 x 25]	[25x 32]	[13 x 60] [1 x 20]	[9 x 85] [1 x 35]	[9 x 87] [1 x 17]
F16-F18	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

Tabla 3. Resultados de los números de FES y las precisiones obtenidas para las diferentes funciones de referencia de los métodos RDG, CEDG y FLEDG.

C	F	D	RDG				CEDG				FLEDG			
			Precisión		FEs	Precisión		FEs	Precisión		FEs	Precisión		
			sep	nonsep		sep	nonsep		sep	nonsep				
C1	F01-F03	100	2004			1842			1842					
		500	9462	100%	100%	9128	100%	100%	9128	100%	100%			
		1000	18822			18248			18248					
C2	F04-F09	100	5340			4128			4128					
		500	27654	100%	100%	21166	100%	100%	21166	100%	100%			
		1000	57192			43012			43012					
C3	F10-F15	100	6708			4584			4584					
		500	38976	100%	100%	24904	100%	100%	24904	100%	100%			
		1000	83382			54022			51742					
C4	F16-F18	100	6153			3345			3225					
		500	40827	100%	100%	20171	100%	100%	19583	100%	100%			
		1000	90525			43409			42149					
Total		387045			247959			243711						

## CONCLUSIÓN

En este artículo se aborda el diseño de un método de descomposición FLEDG para LSCOP dentro de un marco CC. FLEDG opera mediante dos procesos principales: primero, identifica las interacciones entre las variables de la función objetivo y las restricciones, y las agrupa en subcomponentes; y, posteriormente, organiza las variables que no interactúan en subcomponentes más pequeños utilizando un sistema difuso. Este enfoque garantiza una descomposición eficiente que respeta la estructura del problema y adapta el tamaño de los subcomponentes según las características específicas de cada uno. Los resultados muestran que FLEDG es capaz de descomponer problemas de gran escala, con dimensiones de 100, 500 y 1000, optimizando el uso de recursos computacionales (FEs) sin comprometer la precisión. Esto lo posiciona como un método eficaz y competitivo. En trabajos futuros, será fundamental evaluar el rendimiento de FLEDG en un marco CC completo mediante algoritmos de inteligencia de enjambre.

## REFERENCIAS

- Liu, J., Sarker, R., Elsayed, S., Essam, D., & Siswanto, N. (2024). Large-scale evolutionary optimization: A review and comparative study. *Swarm and Evolutionary Computation*, 81, 101466.
- Ma, X., Li, X., Zhang, Q., Tang, K., Liang, Z., Xie, W., & Zhu, Z. (2018). A survey on cooperative co-evolutionary algorithms. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 23(3), 421–441.
- De Jong, K. (2017, July). Evolutionary computation: A unified approach. In *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference Companion* (pp. 373–388). ACM.
- Olivas, F., & Castillo, O. (2013). Particle swarm optimization with dynamic parameter adaptation using fuzzy logic for benchmark mathematical functions. In *Recent Advances on Hybrid Intelligent Systems* (pp. 247–258). Springer.
- Valdez, F., Melin, P., & Castillo, O. (2011). An improved evolutionary method with fuzzy logic for combining particle swarm optimization and genetic algorithms. *Applied Soft Computing*, 11(2), 2625–2632.
- Sayed, E., Essam, D., Sarker, R., & Elsayed, S. (2015). Decomposition-based evolutionary algorithm for large-scale constrained problems. *Information Sciences*, 316, 457–486.
- Paz, F., Leguizamón, G., & Mezura-Montes, E. (2024). Efficient recursive differential grouping for large-scale constrained optimization. In *XXX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)*.
- Sun, Y., Omidvar, M. N., Kirley, M., & Li, X. (2018, July). Adaptive threshold parameter estimation with recursive differential grouping for problem decomposition. In *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference* (pp. 889–896). ACM.
- Mei, Y., Omidvar, M. N., Li, X., & Yao, X. (2016). A competitive divide-and-conquer algorithm for unconstrained large-scale black-box optimization. *ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS)*, 42(2), 1–24.

# ESTUDIO DE LA DESTILACIÓN POR MEMBRANA COMO TECNOLOGÍA PARA EL PROCESAMIENTO DE LAS SALMUERAS RICAS EN LITIO

Mirabal, Diego<sup>1</sup>; Flexer, Victoria<sup>1</sup>; Díaz, Cesar<sup>1</sup>

(1) Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy-CIDMEJu (CONICET-Universidad Nacional de Jujuy).

dmirabal@cidmeju.unju.edu.ar

## Resumen

La tecnología evaporítica, utilizada en la producción actual de carbonato de litio, se basa en la evaporación de salmueras en pozas a cielo abierto mediante la acción del sol y el viento. Esta técnica presenta importantes limitaciones, tanto ambientales como económicas. Una de sus principales desventajas es la lentitud del proceso, que puede extenderse hasta dos años para concentrar la salmuera. Otro problema significativo es la pérdida de grandes volúmenes de agua por evaporación, lo cual resulta crítico en una de las regiones más áridas del planeta, La Puna. Además, el proceso final de refinamiento del  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  requiere agua dulce.

Este trabajo tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica sobre los diferentes tipos de membranas según su material de fabricación, así como las características necesarias para su uso en la destilación por membrana. También se busca identificar los módulos y configuraciones más adecuados para la destilación de salmuera, como parte de un enfoque destinado a sustituir la tecnología evaporítica actual. Finalmente, se proponen estrategias adaptativas que aumenten la viabilidad de este método desde una perspectiva energética, haciéndolo más eficiente, económico y respetuoso con el medio ambiente.

**Palabras clave:** agua dulce, salmuera, minería, litio, energía.

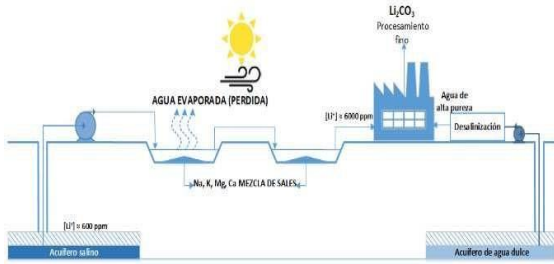
## INTRODUCCIÓN

La Puna es una extensa región del noroeste argentino, norte de Chile y sudoeste de Bolivia, que sufre las consecuencias de un clima extremo que ya se manifiesta en una aguda escasez hídrica. Estudios recientes evidencian una preocupante disminución del nivel de las lagunas, un aumento de las temperaturas y una reducción en las precipitaciones en esta región (Castino et al., 2016; Morales et al., 2015). Estos datos son alarmantes ya que la población de esta zona (31000 habitantes según estudios realizados en el 2017) es altamente dependiente de los recursos hídricos para llevar a cabo las principales actividades económicas como la ganadería, la agricultura intensiva y el turismo (Meilán, 2022; Morales et al., 2022).

Por otro lado, los salares de la Puna han despertado en los últimos años una fuerte atención en la comunidad de la región y del mundo como los principales reservorios de litio a nivel mundial (U.S. Geological Survey, 2023).

En estos salares la producción de carbonato de litio se realiza actualmente mediante la tecnología evaporítica, la cual se esquematiza en la figura 1. La salmuera se bombea desde su localización subterránea y se vierte en una serie de pozas a cielo abierto de baja profundidad. Las sales de litio se concentran por evaporación del agua (sol y viento), y simultáneamente, precipitan gran parte de las sales de sodio y potasio. Cuando el  $\text{Li}^+$  alcanza una concentración aproximadamente del 6 %, se agrega  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , y se produce la cristalización de  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  (Flexer et al., s. f.; Vera et al., 2023).

Desde un punto de vista ambiental y teniendo en cuenta la alta escasez de agua en la Puna, esta tecnología evapora inútilmente un gran exceso de agua. Para producir solamente 1 tonelada de  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  se evaporan en promedio 500  $\text{m}^3$  de agua. También, el proceso final de purificación para llegar a producir  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  grado batería, requiere el uso de agua dulce, la cual es tomada de las escasas fuentes disponibles de esta región (FARN, 2023; Flexer et al., 2018).



**Figura 1.** Representación esquemática de la tecnología evaporítica.

Además, este es un proceso extremadamente lento, ya que concentrar la salmuera desde su extracción requiere entre 12 y 24 meses. De hecho, la puesta a punto de cada nueva planta de extracción puede demandar hasta 5-6 años, debido a la necesidad de optimizar la evaporación mediante ajustes en la cantidad y profundidad de las pozas, un proceso que no puede acelerarse (CIDMEJu, s. f.; González & Silvana, 2021).

En vista de los problemas ambientales relacionados con el uso del agua, así como de las limitaciones técnico-económicas de la tecnología evaporítica, actualmente se lleva a cabo una intensa búsqueda de técnicas alternativas para la extracción de litio (Khalil et al., 2022; Murphy & Haji, 2022). Estas tecnologías se agrupan bajo el término "tecnologías de extracción directa", conocidas en inglés como *Direct Lithium Extraction* (DLE) (Vera et al., 2023).

El Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy (CIDMEJu) trabaja en el desarrollo de una alternativa basada en la destilación por membrana, que no solo permita obtener una salmuera concentrada de litio similar a la producida en las pozas de los salares, sino que también maximiza la recuperación de agua de las salmueras mediante un proceso más limpio y eficiente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

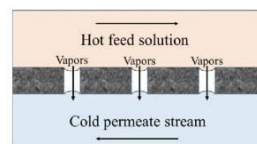
### Principales métodos de desalinización a través de membranas

Osmosis Inversa (OI): En cuanto a su eficiencia, es el método más utilizado a nivel mundial, responsable de aproximadamente el 65 % de la capacidad global de desalinización (agua de mar u otras fuentes de menor salinidad). Impiden el paso de bacterias, protozoos, algas, virus, materia orgánica disuelta, iones divalentes y monovalentes. Esta tecnología es de bajo consumo energético primario (kWh/m<sup>3</sup>), alta

capacidad de producción, buena calidad del agua obtenida y menor costo en comparación con tecnologías térmicas (Grueso-Domínguez et al., 2019; Rodríguez-López et al., 2021).

Electrodiálisis (ED): Es una técnica de separación que utiliza membranas de intercambio iónico y un campo eléctrico para remover iones de una solución, siendo comúnmente empleada en la desalinización de aguas salobres y en la purificación de soluciones en diversas industrias. La operación de este sistema es simple y continua, además es menos propensa a obstrucciones causadas por partículas en suspensión, no requiere generación química de membranas, y en caso de soluciones salinas de baja concentración, el requerimiento energético es menor. Entre sus desventajas podemos encontrar que requieren de un pretratamiento para algunas impurezas (dióxido de carbono), pueden ocurrir incrustaciones y ensuciamiento de las membranas (Dévora-Isiordia et al., 2013; Mondor et al., 2012).

Destilación por membranas (DM): En este proceso, una solución caliente entra en contacto con una membrana hidrofóbica, permitiendo que el vapor de los componentes volátiles atraviese la membrana y se condense en el lado permeado, mientras que los componentes no volátiles, como sales y otros solutos, son retenidos, ver figura 2. La destilación por membrana puede llevarse a cabo a temperaturas inferiores al punto de ebullición del agua y puede lograr una separación casi completa de solutos no volátiles, produciendo agua de alta pureza. De hecho, el proceso puede realizarse a temperaturas típicamente inferiores a 70 °C, impulsado por una diferencia de temperatura baja (20 °C) entre las soluciones caliente y fría. Además, es una tecnología que puede integrarse con fuentes de energías renovables (Carrasco & Platzer, 2017; González Barrientos, 2023; Raluy et al., 2011; Siles Zarate & Dehesa Carrasco, 2018).



**Figura 2:** Representación esquemática del principio de funcionamiento de la destilación a través de membrana.

### Características de las membranas utilizadas en DM

Las membranas utilizadas deben ser hidrofóbicas y microporosas, evitando la condensación de agua dentro de los poros, de modo que únicamente las moléculas de vapor puedan atravesarlas. Además, deben tener una baja conductividad térmica para minimizar la pérdida de calor a través de la membrana, y contar con una buena resistencia frente a agentes químicos. Estas características están resumidas en la Tabla 1. según González Barrientos, 2023.

Los materiales más utilizados para la fabricación de membranas, corresponden a polipropileno (PP), Polifluoruro de vinilideno (PVDF) y politetrafluoroetileno (PTFE o Teflón) (Carrasco & Platzer, 2017; Grueso-Domínguez et al., 2019).

Tabla 1. Comparación entre materiales de acuerdo a sus características

Característica	Material		
	PTFE	PVDF	PP
Hidrofobicidad	Alta	Media	Media
Resistencia química	Alta	Media	Media
Resistencia mecánica	Alta	Media	Alta
Conductividad térmica	Baja	Media-Baja	Baja

### Configuraciones de trabajo en DM

Dependiendo en la forma en que se condensa el vapor la DM puede tener distintas configuraciones:

#### 1. Contacto Directo (DCMD)

En esta configuración la membrana separa dos disoluciones acuosas mantenidas a diferentes temperaturas: una de alimentación y otra de refrigeración. La diferencia de temperaturas entre las disoluciones induce una diferencia de presiones de vapor a ambos lados de la membrana, lo que causa la evaporación de la corriente a tratar y pasa, en fase vapor, a través de sus poros al otro lado de la misma, donde condensa al mezclarse con la disolución de refrigeración (Campos Mañas, 2015; Pocostales Buenavida et al., 2017).

#### 2. Gas de barrido (SGMD)

En este caso la membrana separa la cámara donde se alimenta la corriente a tratar de otra donde se

circula una corriente de gas inerte a menor temperatura. De este modo, el agua que se evapora en la interfase líquido-vapor se arrastra por efecto del gas para posteriormente condensar fuera del módulo de DM, mitigando de esta forma las pérdidas energéticas del sistema (Campos Mañas, 2015; Pocostales Buenavida et al., 2017).

#### 3. Cámara de aire (AGMD)

En esta modalidad el sistema cuenta con una superficie fría instalada en el lado del permeado, dentro del módulo de membrana, donde dará lugar a la condensación del vapor producido en la interfase caliente líquido/membrana. El vapor, en este caso, cruza la membrana a través de sus poros, atraviesa la cámara estanca de aire y llega a la superficie fría donde condensa. Hay que destacar que los flujos de permeado obtenidos empleando esta configuración son menores que con el resto de las modalidades debido a la mayor resistencia a la transferencia de materia que causa la cámara de aire. No obstante, presenta una mayor eficiencia energética ya que se reducen las pérdidas de calor por conducción (Campos Mañas, 2015; Pocostales Buenavida et al., 2017).

#### 4. Vacío (VMD)

En este tipo de sistemas la membrana separa una cámara a la que se alimenta la corriente a tratar de otra donde se genera vacío. De este modo, el agua que se evapora en la interfase líquido vapor es arrastrada por el circuito de vacío y condensada exteriormente mediante, por ejemplo, trampas de nitrógeno líquido, reduciéndose así las pérdidas energéticas del sistema y aumentando sensiblemente el flujo de masa. Sin embargo, esta técnica requiere un buen control de las condiciones de operación a fin de evitar que el vacío provoque que el líquido penetre en los poros de la membrana, lo que conduciría al fenómeno indeseado de 'mojado' de la membrana (Campos Mañas, 2015; Pocostales Buenavida et al., 2017).

### Módulos de membranas

En los procesos de destilación por membrana, se emplean diversos tipos de módulos de membranas, cada uno con características específicas que los hacen adecuados para distintas aplicaciones. A continuación, se detallan los principales tipos de módulos utilizados en DM:

#### 1. Placa y Marco

Consisten en membranas planas dispuestas entre placas y marcos, formando una estructura similar

a un filtro prensa. Este tipo de módulos tienen un diseño sencillo, de fácil mantenimiento y flexible para pruebas de laboratorio y escalado inicial. Sin embargo, la densidad de empaquetamiento, que es la relación entre el área de la membrana y el volumen de empaquetamiento, es baja y se requiere un soporte de membrana, lo que puede restringir su uso en aplicaciones a gran escala (AEDyR, 2020; Drioli et al., 2015; Tuset, 2024).

## 2. Fibras Huecas

Están compuestas por numerosas fibras huecas de pequeño diámetro agrupadas en un módulo. La alimentación puede fluir por el interior de las fibras o alrededor de ellas. Dentro de las principales ventajas podemos encontrar la alta relación área-volumen, proporcionando una gran superficie de membrana en un espacio reducido, son adecuados para aplicaciones que requieren alta eficiencia de separación. Este tipo de módulos tienen la desventaja que son susceptibles al ensuciamiento y bloqueo de fibras, por ello pueden requerir sistemas de limpieza más complejos para mantener su rendimiento (AEDyR, 2020; Drioli et al., 2015; Tuset, 2024).

## 3. Módulos de Espiral

Conformados por membranas planas enrolladas en espiral alrededor de un tubo central colector de permeado. Presentan alta densidad de área de membrana en un espacio compacto, además presentan alta eficiencia en aplicaciones de gran escala debido a su diseño compacto. Estos tipos de módulos son propensos a el ensuciamiento, especialmente con líquidos que contienen sólidos o materiales orgánicos, además requieren un pretratamiento cuidadoso de la alimentación para evitar obstrucciones (AEDyR, 2020; Drioli et al., 2015; González Barrientos, 2023; Tuset, 2024).

## 4. Tubulares

Compuestos por membranas en forma de tubos dentro de una carcasa cilíndrica. La alimentación fluye por el interior de los tubos, y el permeado se recoge en el exterior. Estos módulos ofrecen alta resistencia mecánica y química, adecuados para líquidos con sólidos en suspensión, además, tienen menos tendencia al ensuciamiento en comparación con otros diseños. Por otra parte, estos módulos tienen menor área de membrana por unidad de volumen y mayor consumo de energía debido a la necesidad de altas velocidades de flujo (AEDyR, 2020; Drioli et al., 2015; González Barrientos, 2023; Tuset, 2024).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la literatura revisada, varios autores (Carrasco & Platzer, 2017; González Barrientos, 2023; Raluy et al., 2011; Siles Zarate & Dehesa Carrasco, 2018) destacan la destilación por membrana como un método adecuado para el tratamiento de soluciones con alta concentración de sólidos disueltos (salmuera). Además, según estudios realizados por el Dr. Celso Baspineiro, el trabajo mínimo de separación para recuperar agua de baja salinidad a partir de salmuera, independiente de la tecnología utilizada, es del orden de 18 a 50 kJ/kg (Baspineiro et al., 2020). Estos valores refuerzan la hipótesis de acoplar la destilación por membrana con fuentes de energía renovables, como ser la energía solar mediante el uso de colectores. En este contexto, dicha combinación es una opción atractiva para calentar la salmuera que se va a utilizar en la DM.

Por otro lado, la ósmosis inversa (OI) muestra una notable disminución en su eficiencia a medida que aumenta la concentración de sales, debido a la elevada presión osmótica requerida, lo que limita su capacidad para concentrar salmueras altamente salinas. Asimismo, la electrodiálisis, aunque es efectiva para la separación de iones en soluciones de salinidad moderada, su eficiencia disminuye en salmueras muy concentradas debido a problemas de polarización y sobrecostos energéticos.

En cuanto a la configuración de trabajo, la destilación por membrana en contacto directo es la más conocida y simple, puede usarse con cualquier tipo de membrana. Sin embargo, su inconveniente principal es una baja eficiencia térmica debida a la proximidad entre la zona caliente (zona de alimentación) y la zona fría (zona de permeado). A pesar de esto, esta configuración posee mejor rendimiento que VMD, se necesita menor volumen de módulo que AGMD y es más económica que SGMD.

Por último, en la tabla 2. se muestra una comparación general de los distintos módulos.

Tabla 2. Comparación entre módulos

Módulo	Fibra hueca	Tubular	Espiral	Placa marco
Característica				
D. Emp.	Alta	Baja	Media	Media

Resistencia al ensuciamiento	Baja	Alta	Media	Alta
Facilidad de limpieza	Baja	Alta	Media	Alta
Escalabilidad	Alta	Media	Media	Media

**Nota: D. Emp.** (Densidad de empaquetamiento)

Para salmueras provenientes de salares, los módulos tubulares son una excelente opción, especialmente en aplicaciones donde la resistencia al ensuciamiento y la robustez son factores clave. Estos módulos son altamente eficaces para manejar concentraciones elevadas de sal, lo que los hace ideales en entornos difíciles como los salares. Además, su capacidad para soportar altas presiones y condiciones severas los convierte en una opción confiable para procesos industriales de gran escala.

Sin embargo, en aplicaciones industriales donde el espacio y la densidad de área son factores críticos, los módulos de fibra hueca pueden ofrecer ventajas significativas. Estos módulos permiten una alta densidad de empaquetamiento, lo que maximiza el rendimiento en un espacio reducido. Son especialmente útiles en aplicaciones que requieren una alta capacidad de permeado y una operación continua, gracias a su flexibilidad y eficiencia en el uso del espacio.

## CONCLUSIONES

La destilación por membrana es un proceso prometedor para el tratamiento de salmueras ricas en litio. Este método ha sido investigado a nivel mundial como una alternativa de bajo costo y ahorro energético en comparación con otros procesos de desalinización, como la ósmosis inversa y la electrodiálisis. Es una de las pocas operaciones con membranas que se basa en un proceso térmico. Por lo tanto, el consumo de energía, en principio, es similar al del proceso de evaporación tradicional. Sin embargo, la temperatura de operación requerida es mucho más baja que la de una columna de destilación convencional, ya que no es necesario calentar los líquidos por encima de sus temperaturas de ebullición. Por esta razón, fuentes de energía como la solar pueden acoplarse a los sistemas de destilación por membrana para lograr una separación de líquidos eficiente tanto en costo como en energía.

Además, este método conserva todas las propiedades de los sistemas de membranas, como la facilidad de escalado, el control remoto y la automatización sencillos, la ausencia de productos químicos, el bajo impacto ambiental, la alta productividad en relación con el tamaño y el peso, la simplicidad en la operación y la flexibilidad. Asimismo, es capaz de superar las limitaciones de otros sistemas de membranas, como la ósmosis inversa (RO) o la electrodiálisis.

En consecuencia, esta tecnología podría convertirse en una de las técnicas de membrana más interesantes y novedosas para superar los inconvenientes inherentes al proceso actual de la tecnología evaporítica en el procesamiento de salmueras ricas en litio. En este contexto, el CIDMEJu trabaja en el desarrollo de este método, comenzando con el uso de módulos comerciales de destilación acoplados a dispositivos solares directos para el calentamiento de la salmuera. La meta es lograr concentrar la salmuera y obtener en paralelo altas tasas de recuperación de agua. Este método, llevado a escala industrial, podría aliviar las necesidades hídricas en el propio proceso de refinamiento del  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ , además de contribuir a suplir parte de las demandas de agua en la región de la Puna.

## REFERENCIAS

- AEDyR. (2020, febrero). *Tipo de configuración y módulos de membranas - AEDyR*. <https://aedyr.com/tipo-configuracion-modulos-membranas/>
- Baspineiro, C. F., Franco, J., & Flexer, V. (2020). Potential water recovery during lithium mining from high salinity brines. *Science of the Total Environment*, 720. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137523>
- Campos Mañas, M. C. (2015). *Aplicación de membranas PTFE en el proceso de destilación por membranas*. <https://repositorio.ual.es/handle/10835/3535>
- Carrasco, F., & Platzer, W. (2017). *Estudio de Tecnología de Membranas de Destilación*.
- Castino, F., Bookhagen, B., & Strecker, M. R. (2016). Rainfall variability and trends of the past six decades (1950–2014) in the subtropical NW Argentine Andes. *Climate Dynamics* 2016 48:3, 48(3), 1049–1067.

- <https://doi.org/10.1007/S00382-016-3127-2>
- CIDMEJu. (s. f.). *Extracción de litio*. Recuperado 26 de diciembre de 2024, de [https://cidmeju.unju.edu.ar/investigacion-litio.php?utm\\_source=chatgpt.com](https://cidmeju.unju.edu.ar/investigacion-litio.php?utm_source=chatgpt.com)
- Dévora-Isiordia, G. E., González-Enríquez, R., & Ruiz-Cruz, S. (2013). Evaluación de procesos de desalinización y su desarrollo en México. *Tecnología y ciencias del agua*, 4(3), 27–46. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222013000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222013000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Drioli, E., Ali, A., & Macedonio, F. (2015). Membrane distillation: Recent developments and perspectives. *Desalination*, 356, 56–84. <https://doi.org/10.1016/J.DESAL.2014.10.028>
- FARN. (2023, diciembre). *Construyendo verdades sobre el agua y el litio en los humedales altoandinos de la provincia de Jujuy* | FARN. <https://farn.org.ar/documentos/construyen-do-verdades-sobre-el-agua-y-el-litio-en-los-humedales-altoandinos-de-la-provincia-de-jujuy/>
- Flexer, V., Baspineiro, C., Environment, C. G.-S. of the T., & 2018, undefined. (s. f.). Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. *ElsevierV Flexer, CF Baspineiro, CI GalliScience of the Total Environment, 2018•Elsevier*. Recuperado 26 de diciembre de 2024, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718318746>
- Flexer, V., Baspineiro, C. F., & Galli, C. I. (2018). Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. *Science of The Total Environment*, 639, 1188–1204. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.05.223>
- González Barrientos, M. (2023). *Estudio comparativo de la destilación con membranas frente a la evaporación en el tratamiento de aguas salobres*. Universidad de Sevilla.
- González, J. M., & Silvana, M. (2021). *INFORME LITIO Secretaría de Minería Secretaría de*. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe\\_litio\\_2021\\_final.pdf?](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_litio_2021_final.pdf?)
- Grueso-Domínguez, M., Castro-Jiménez, C., Correa-Ochoa, M., Saldamaga-Molina, J., Grueso-Domínguez, M., Castro-Jiménez, C., Correa-Ochoa, M., & Saldamaga-Molina, J. (2019). Estado del arte: desalinización mediante tecnologías de membrana como alternativa frente al problema de escasez de agua dulce. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 18(35), 69–89. <https://doi.org/10.22395/RIUM.V18N35A5>
- Khalil, A., Mohammed, S., Hashaikeh, R., & Hilal, N. (2022). Lithium recovery from brine: Recent developments and challenges. *Desalination*, 528, 115611. <https://doi.org/10.1016/J.DESAL.2022.115611>
- Meilán, D. (2022). *Minería al 2022, potencial de la Puna argentina | Argentina.gob.ar*. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/mineria-al-2022-potencial-de-la-puna-argentina>
- Mondor, M., Ippersiel, D., & Lamarche, F. (2012). Electrodialysis in food processing. *Food Engineering Series*, 295–326. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1587-9\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1587-9_12)
- Morales, M. S., Carilla, J., Grau, H. R., & Villalba, R. (2015). Multi-century lake area changes in the Southern Altiplano: A tree-ring-based reconstruction. *Climate of the Past*, 11(9), 1139–1152. <https://doi.org/10.5194/CP-11-1139-2015>
- Morales, M. S., Christie, D. A., Neukom, R., Rojas, F., & Villalba, R. (2022). Población y pobreza en la Puna argentina en los inicios del siglo XXI. *La Puna argentina: Naturaleza y cultura*, 24(November), 76–91. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/152844>

- Murphy, O., & Haji, M. N. (2022). A review of technologies for direct lithium extraction from low Li<sup>+</sup> concentration aqueous solutions. *Frontiers in Chemical Engineering*, 4, 1008680. <https://doi.org/10.3389/FCENG.2022.1008680/BIBTEX>
- Pocostales Buenavida, J. P., Bernaola Echevarría, F. J., Rianza Frutos, A., Soauhaimi, M. K., Rodríguez Aguilera, R., & Monsalvo García, V. M. (2017, agosto 5). *Nuevos avances en el desarrollo de la tecnología de destilación en membranas - TecnoAqua*. <https://www.tecnoaqua.es/articulos/20170805/articulo-tecnico-desarrollo-tecnologia-destilacion-membranas-abengoa>
- Raluy, R. G., Subiela, V. J., Peñate, B., & Bello, A. (2011). (PDF) *Destilación por membranas: situación actual y potencialidades*. [https://www.researchgate.net/publication/258108714\\_Destilacion\\_por\\_membranas\\_situacion\\_actual\\_y\\_potencialidades](https://www.researchgate.net/publication/258108714_Destilacion_por_membranas_situacion_actual_y_potencialidades)
- Rodríguez-López, J., Robles-Lizárraga, A., Encinas-Guzmán, M. I., Correa-Díaz, F., & Dévora-Isiordia, G. E. (2021). Assessment of fixed, single-axis, and dual-axis photovoltaic systems applied to a reverse osmosis desalination process in Northwest Mexico. *Desalination and Water Treatment*, 234, 399–407. <https://doi.org/10.5004/DWT.2021.27614>
- Siles Zarate, A. C., & Dehesa Carrasco, U. (2018). *Estudio teórico para mejorar las transferencias de masas en una unidad de destilación por membrana* [UNAM]. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000782840/3/0782840.pdf?>
- Tuset, S. (2024). *Tipos de membranas de filtración y posibles configuraciones* | Condorchem Enviro Solutions. <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-de-aguas-residuales-tipos-de-membranas-de-filtracion-y-posibles-configuraciones/>
- U.S. Geological Survey. (2023). *Lithium. Mineral Commodity Summaries*. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-lithium.pdf>
- Vera, M. L., Torres, W. R., Galli, C. I., Chagnes, A., & Flexer, V. (2023). Environmental impact of direct lithium extraction from brines. *Nature Reviews Earth & Environment* 2023 4:3, 4(3), 149–165. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00387-5>

# CAPTURA DE CO<sub>2</sub> Y DESALINIZACIÓN DE SALMUERA MEDIANTE ELECTRÓLISIS DE MEMBRANAS OBTENIENDO Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> COMO SUBPRODUCTO

ZEBALLOS, Nadia Carla<sup>1,2</sup>; TORRES, Walter<sup>2</sup>; FLEXER, Victoria<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Dpto. de Producción Sustentable SOR NOA, Av. Martijena S/N, Palpalá 4612, Argentina.

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy - CIDMEJu (CONICET- Universidad Nacional de Jujuy), Av. Martijena S/N, Palpalá 4612, Argentina.

Email: nzeballos@cidmeju.unju.edu.ar

## Resumen

El calentamiento global y el cambio climático han hecho de la reducción de gases de efecto invernadero una prioridad crucial para la sostenibilidad de la humanidad. Para limitar el aumento de la temperatura global promedio, es necesario reducir las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono y eliminar el CO<sub>2</sub> acumulado en la atmósfera. Como alternativa, se han desarrollado tecnologías para aprovechar el CO<sub>2</sub> y convertirlo en productos de valor agregado, lo que mejora la viabilidad económica del proceso. Estas tecnologías incluyen métodos catalíticos, electroquímicos, biológicos y la mineralización, que ofrecen enfoques más sostenibles y económicos para gestionar el dióxido de carbono. En este trabajo, se combina la electrólisis de una salmuera enriquecida en Na<sup>+</sup> con la conversión de CO<sub>2</sub> en una única celda electroquímica para convertir el CO<sub>2</sub> en Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. En el compartimento catódico se genera OH<sup>-</sup> mediante la electrólisis del agua y, simultáneamente, el CO<sub>2</sub> se convierte en Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dentro de una misma celda. El CO<sub>2</sub> puede transformarse tanto en Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> como en NaHCO<sub>3</sub>, dependiendo del pH. Para obtener una alta selectividad en la generación de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, se mantiene el pH del cátolito a valores superiores a 10, basado en el equilibrio termodinámico según el pH. Este pH óptimo se logra equilibrando la generación de OH<sup>-</sup> y la disolución de CO<sub>2</sub> mediante el control de la corriente aplicada, el flujo de CO<sub>2</sub> y la concentración de CO<sub>2</sub>. Se ha diseñado la carbonatación mineral a temperatura ambiente mediante electrólisis. Para evaluar el proceso propuesto, se aplica esta metodología que comprende tanto la electrólisis de salmuera como el proceso de carbonatación para estimar el consumo de energía. Como resultado, aproximadamente 451 g/L de CO<sub>2</sub> se absorbe en la salmuera, en consecuencia, se produce 238 g de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> por litro de salmuera como producto final.

**Palabras claves:** Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Electrólisis de salmuera. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (carbonato de sodio). Conversión de CO<sub>2</sub>. Tecnologías sostenibles.

## INTRODUCCIÓN

Con el cambio climático causado por el calentamiento global, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero se ha convertido en una prioridad clave para la sostenibilidad de la vida humana. Es necesario tanto reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de origen antropogénico como eliminar el CO<sub>2</sub> acumulado en la atmósfera. La conversión del CO<sub>2</sub> en carbonatos inorgánicos sólidos es una ruta termodinámicamente favorable (las energías libres estándar de formación del CO<sub>2</sub> y Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> son -394 y -1131 kJ/mol, respectivamente), por

lo que ocurre de forma espontánea en la naturaleza, aunque con cinéticas muy lentas. La tasa de mineralización del CO<sub>2</sub> depende de varios factores, incluidos la presión parcial de CO<sub>2</sub>, la temperatura, el tamaño y la cantidad de partículas minerales, el tipo de minerales, la velocidad de agitación, entre otros. Las lentas cinéticas de reacción del CO<sub>2</sub> con sólidos pueden evitarse utilizando una solución básica (como NaOH) en lugar de un sólido. La conversión del CO<sub>2</sub> en Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> o NaHCO<sub>3</sub> depende del pH de la solución. Proponemos una combinación de electrólisis de salmuera con un sistema de conversión de CO<sub>2</sub> en un solo reactor para aumentar la selectividad en la producción de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La salmuera utilizada fue previamente sometida a un proceso de electrólisis en el que se precipitaron  $Mg^{2+}$  y  $Ca^{2+}$ , seguido por la eliminación del catión  $Li^+$ . Posteriormente, la salmuera se introdujo en el compartimento catódico de un reactor electroquímico de dos compartimentos, separados por una membrana de intercambio aniónico. Al aplicar una corriente constante de  $300 \text{ A}\cdot\text{m}^{-2}$ , los aniones se dirigen hacia el compartimento anódico. La reducción del agua incrementa el pH del catolito, el cual se recircula hacia un cristallizador donde se burbujea  $CO_2$ . Este proceso convierte el catolito en carbonato, provocando la precipitación de  $Na_2CO_3$  en las últimas etapas.

Se llevó a cabo un procesamiento en múltiples etapas, representado esquemáticamente en la Figura 1. El proceso incluyó cinco etapas de electrólisis realizadas en electrolizadores idénticos y dos etapas que se realizaron por métodos químicos. En los compartimentos laterales conectados al cátodo, se introdujo  $CO_2$  a partir de la Electrólisis 1.1 hasta la Electrólisis 3.2. Tras cada electrólisis, se obtuvieron un sólido y un sobrenadante. El sobrenadante se utilizó como solución de entrada para la siguiente etapa de electrólisis, mientras que los sólidos fueron sometidos a diversos procedimientos de purificación.

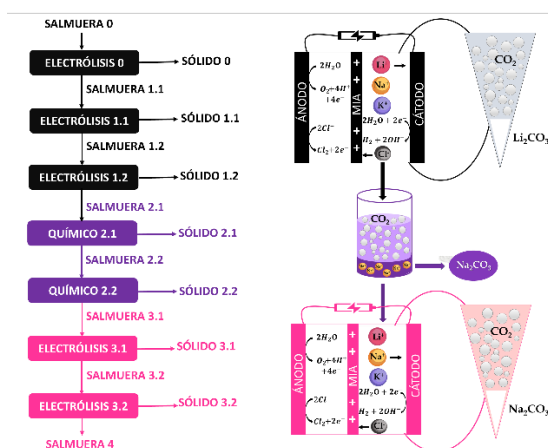


Figura 1. Esquema del proceso implementado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 muestra la evolución del dióxido de carbono ( $CO_2$ ) en distintas formas: capturado en salmueras, en sólidos, el total y el total acumulado. En línea negra se puede apreciar que el  $CO_2$  capturado en salmueras tiene una tendencia relativamente constante con pequeñas fluctuaciones a lo largo del tiempo. En cuanto al  $CO_2$  capturado en sólidos (línea roja), también se

mantiene estable con un patrón similar al del  $CO_2$  en salmueras, aunque con valores ligeramente inferiores. Mientras que el  $CO_2$  total acumulado presenta un aumento significativo y constante con el tiempo, lo que refleja la acumulación progresiva del  $CO_2$ . Las fluctuaciones en los  $CO_2$  capturados (negra y roja) son leves en comparación con el comportamiento acumulado, que domina el gráfico.

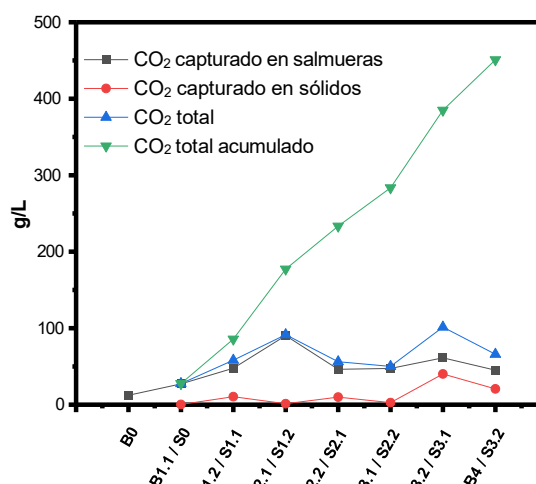


Figura 2. Absorción del  $CO_2$  en el proceso.

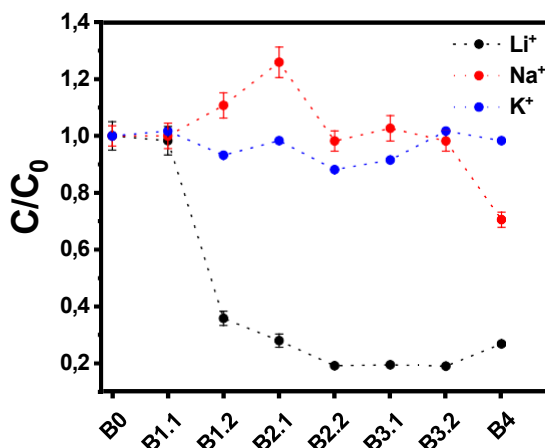


Figura 3. Relación  $C/C_0$  para tres tipos de iones:  $Li^+$ ,  $Na^+$  y  $K^+$ , en función de las correspondientes salmueras.

La Figura 3 muestra la relación  $C/C_0$  (la concentración relativa de un ion respecto a su concentración inicial) para tres tipos de iones:  $Li^+$ ,  $Na^+$  y  $K^+$ , en función de las correspondientes salmueras (B0; B1.1; B1.2; B2.1; B2.2; B3.2 y B4). La concentración relativa del ion  $Li^+$  disminuye drásticamente en las primeras condiciones y se mantiene muy baja en las condiciones posteriores.

Esto sugiere una significativa eliminación del ion  $Li^+$  con el avance del proceso. La relación  $C/C_0$  de la concentración de  $K^+$  permanece cercana a 1

en la mayoría de las condiciones, con ligeras fluctuaciones hacia arriba o hacia abajo. Mientras que la relación  $C/C_0$  de la concentración de  $\text{Na}^+$  presenta una importante disminución.

El ion  $\text{Li}^+$  muestra una reducción mucho más notable que  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ , lo que indica que el proceso es más selectivo hacia la captura del litio en las primeras electrólisis (Electrólisis 1.1 y 1.2).

$\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  parecen ser menos afectados por las condiciones en comparación con  $\text{Li}^+$ .

## CONCLUSIÓN

Este estudio presentó un sistema integrado que combina la electrólisis de una salmuera enriquecida en  $\text{Na}^+$  y la conversión de  $\text{CO}_2$  en  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . La conversión selectiva a  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  se logró controlando las condiciones de electrólisis de la salmuera junto con la inyección de  $\text{CO}_2$ . A diferencia de los sistemas convencionales que emplean múltiples torres de absorción para convertir  $\text{CO}_2$  en  $\text{NaHCO}_3$  utilizando  $\text{NaOH}$  generado por electrólisis, este sistema integrado equilibra las concentraciones de  $\text{CO}_2$  y iones  $\text{OH}^-$ , facilitando la conversión selectiva de  $\text{CO}_2$  en  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Factores como el tamaño de las burbujas de  $\text{CO}_2$ , su concentración y la velocidad de flujo influyen en la disolución del  $\text{CO}_2$ , mientras que la corriente aplicada durante la electrólisis regula la concentración de iones  $\text{OH}^-$ .

## REFERENCIAS

- [1] Zeballos, N., Torres, W., Díaz Nieto, C., Flexer, V. (2024). In Situ Production of Carbonate Anions from Water Electrolysis and  $\text{CO}_2$  Absorption for  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  Crystallization from Preconcentrated Brines. 16555-16565.
- [2] Flexer, V., Baspineiro, C., Galli, I. (2018). Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. *Science of The Total Environment*. 1188-1204.
- [3] Torres W., Zeballos N., Flexer V. (2023). Effect of  $[\text{Na}^+]/[\text{Li}^+]$  concentration ratios in brines on lithium carbonate production through membrane electrolysis. *Faraday Discussions*.
- [4] Torres, W., Díaz Nieto, C., PrévotEAU, A., Rabaey, K., Flexer, V. (2020). Lithium carbonate recovery from brines using membrane electrolysis. *Journal of Membrane Science*. Volume 615, 118416.
- [5] Díaz Nieto, C., Palacios, N., Verbeeck, K., PrévotEAU, A., Rabaey, K., Flexer, V. (2019). Membrane electrolysis for the removal of  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Ca}^{2+}$  from lithium rich brines. *Water Research*. Volume 154, 117-124.
- [6] Lee M., Saad S., Park Y. (2024). Simultaneous  $\text{NaCl}$  solution electrolysis and  $\text{CO}_2$  conversion for efficient and selective production of  $\text{NaHCO}_3$ . 105933.
- [7] Choi W., Aravena C., Park J., Kang D., Yoo Y. (2021). Performance prediction and evaluation of  $\text{CO}_2$  utilization with conjoined electrolysis and carbonation using desalinated rejected seawater brine. 115068.
- [8] Galvez-Martos J., Elhoweris A., Morrison J., Alhorr J. (2018). Conceptual design of a  $\text{CO}_2$  capture and utilisation process based on calcium and magnesium rich brines. 161-169.
- [9] Kang D., Jo H., Lee M., Park J. (2016). Carbon dioxide utilization using a pretreated brine solution at normal temperature and pressure. 1270-1278.

# ABSORCIÓN DE CO<sub>2</sub> COMO ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA LA REMOCIÓN DE Ca<sup>2+</sup> DE SALMUERAS NATIVAS RICAS EN LITIO

Palacios, Camilo J.O.<sup>1</sup>; Díaz Nieto, César H.<sup>1</sup>; Flexer, Victoria<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy-CIDMEJu (CONICET-Universidad Nacional de Jujuy).

Email: cpalacios@cidmeju.unju.edu.ar

## Resumen

En el procesamiento de las salmueras ricas en Li, la remoción de Mg<sup>2+</sup> y Ca<sup>2+</sup> representa uno de los desafíos más importantes debido a que ambos tienen un comportamiento químico similar al Li<sup>+</sup> en solución. Es por esto que las nuevas tecnologías abocan sus esfuerzos en removerlo de manera eficiente.

El método evaporítico actual remueve el Mg<sup>2+</sup> a través del agregado de Ca(OH)<sub>2</sub>, lo que demostró cierta efectividad, pero por otro lado incrementa la concentración de Ca<sup>2+</sup> en la salmuera. En este trabajo se propone una manera alternativa para la remoción de ambos Mg<sup>2+</sup> y Ca<sup>2+</sup> de la salmuera a través de una primera etapa electroquímica; seguida de una etapa de absorción de CO<sub>2</sub> ambiental. Se probaron las mejores condiciones para la electrólisis y para la absorción de CO<sub>2</sub>, alcanzando la remoción de un 99,99% y 90% para el Mg<sup>2+</sup> y Ca<sup>2+</sup> respectivamente.

**Palabras clave: electroquímica, absorción de CO<sub>2</sub>, calcio, magnesio, litio**

## INTRODUCCIÓN:

La aparición de un nuevo paradigma en la movilidad, hacia la movilidad eléctrica, ha traído consigo un incremento exponencial en la demanda de materiales de almacenamiento de energía. Este cambio ha sido impulsado en gran medida por las baterías de ion-litio, que han demostrado ser las más eficientes y de mejor rendimiento. Como resultado, la demanda de litio ha crecido más de diez veces en la última década y se espera que continúe aumentando en los próximos años (Dorn, 2019).

Tradicionalmente, el litio se extraía de minerales como el espodumeno y otros. Sin embargo, con el aumento de la demanda global, se han identificado nuevas fuentes de litio, entre las que destacan los salares de altura situados en el denominado "triángulo del litio", que incluye Argentina, Bolivia y Chile (Flexer et al., 2018).

En los salares de altura, las salmueras que se encuentran por debajo de la superficie tienen una salinidad entre ocho y diez veces mayor que la del agua de mar (López De Azarevich et al., 2021.). Estas salmueras contienen no solo Li<sup>+</sup>, sino también otros elementos como Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> y B en cantidades variables, presentando valores típicos de 300 g/l de sólidos disueltos totales (TDS) (López Steinmetz et al., 2020).

Los métodos actuales de obtención de carbonato de litio (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) se pueden dividir en directos e indirectos. Los métodos indirectos, que son los más utilizados por la industria, permiten la extracción de litio de las salmueras de manera relativamente sencilla. No obstante, estos métodos plantean varios desafíos desde el punto de vista ambiental, ya que requieren el uso de productos químicos y grandes cantidades de agua dulce, lo que puede afectar enormemente al delicado equilibrio hidrogeológico de la región y con ello, a los ecosistemas (Peiseler et al., 2024).

El método indirecto más utilizado consiste en un método tradicional, que propone una etapa evaporítica cuya duración suele ser entre 12 y 24 meses. El propósito de esta etapa es concentrar la cantidad de Li<sup>+</sup> en solución hasta valores cercanos a 6000 ppm (Tapia Diaz, 2012). Resulta entonces un método ineficiente desde varios aspectos, pero como se menciona previamente, muy sencillo desde el punto de vista operativo.

Independientemente del método empleado para la obtención de productos de litio a partir de salmueras, es fundamental eliminar los iones Mg<sup>2+</sup> y Ca<sup>2+</sup>, ya que estos tienden a formar compuestos menos solubles en comparación con los compuestos de litio. En efecto, cuando el producto final es Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> o LiOH, la presencia de Mg<sup>2+</sup> y Ca<sup>2+</sup> favorece la formación de precipitados insolubles, lo que puede

interferir con la eficiencia del proceso de recuperación del litio (Sun, Zhang, & Liu, 2018; López, Pérez, & Sánchez, 2020).

En el Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales y Energía de Jujuy (CIDMEJu), se está desarrollando una alternativa innovadora para el procesamiento salmueras ricas en Li<sup>+</sup>,

de Jujuy. La composición de la salmuera se muestra en la Tabla 1.

**Remoción de magnesio:** Los cationes divalentes se remueven de la salmuera nativa mediante electrólisis a través de membranas. Este experimento se llevó a cabo a una densidad de corriente constante de 195 A m<sup>-2</sup>.

En el compartimiento catódico, el agua es

**Tabla 1:** Composición de las salmueras antes y después del procesamiento (concentración en ppm).

Muestra	B	K	Li	Mg	Na	Ca
Salmuera Nativa	819	5139	626	1354	133365	444
Exp 1- pH=11,24	706	4601	573	2	115034	47
Exp 2- pH= 12,22	712	4422	553	N/D	111817	N/D

que difiere significativamente de los métodos convencionales. Este nuevo enfoque implica la remoción utilizando la electrólisis a través de membranas, para obtener Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en grado batería y remover los cationes de la salmuera en un proceso de tres etapas (Díaz Nieto et al., 2022, 2023; Flexer et al., 2018; Torres et al., 2020).

En este estudio, se evaluaron las mejores condiciones para la remoción electrolítica de Mg<sup>2+</sup> y la absorción de CO<sub>2</sub> del ambiente para la eliminación del Ca<sup>2+</sup> remanente. Los resultados obtenidos muestran que este método no solo es efectivo, sino que también podría reducir significativamente el impacto ambiental asociado con la extracción de Li<sup>+</sup> (Díaz Nieto & Flexer, 2022).

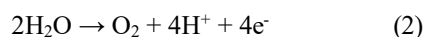
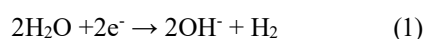
## MATERIALES Y MÉTODOS

**Electrolizador:** Consiste en tres marcos de acrílico para formar un reactor de 3 compartimentos, cuyas dimensiones internas son de 0,064 x 0,064 x 0,004 m y se encuentran separados por una membrana de intercambio aniónico (Membranes International, AMI-7001 CR), la cual separa el compartimiento medio del compartimiento catódico; y una membrana catiónica (AMI-7001 CR) que separa el compartimiento aniónico del compartimiento central. Como ánodo se utiliza un electrodo de Titanio recubierto con una mezcla de óxidos de titanio e Iridio (IrO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>; 65/35%) y como cátodo una malla de acero inoxidable AISI 316. Ambos electrodos se encuentran separados por una distancia de 5 mm y el área de membrana es de 40,96 cm<sup>2</sup>. En el compartimiento catódico se ingresa salmuera, en el compartimiento central se ingresa solución de HCl 0,05 M y en el compartimiento anódico solución 0,05 M de HNO<sub>3</sub>.

**Salmuera.** Los experimentos fueron llevados a cabo con salmueras naturales provista por una empresa minera de un proyecto de la provincia

reducida a hidrógeno, con un incremento del pH (reacción 1), mientras que, en el compartimiento

anódico, el agua es oxidada a oxígeno (reacción 2).



El potencial aplicado y la necesidad de mantener la electroneutralidad hará que los protones se muevan desde el compartimiento anódico al compartimiento medio y que los aniones (principalmente Cl<sup>-</sup>) se muevan desde el comportamiento catódico al compartimiento medio.

En el compartimiento catódico por el incremento del pH, Mg<sup>2+</sup> y Ca<sup>2+</sup> precipitan como Mg(OH)<sub>2</sub> y Ca(OH)<sub>2</sub>. En el compartimiento central se produce el incremento paulatino de la concentración de HCl. La manera de cortar la electrólisis fue mediante un testeo de pH, considerando la concentración de Mg<sup>2+</sup> inicial de esta salmuera, con valores de pH>12,0, la cantidad remanente de Mg<sup>2+</sup> es próxima a cero.

**Remoción de calcio:** La solución resultante de la etapa electrolítica, se somete a una centrifugación (Lugimac LC-15, 3200 rpm) en donde se separan todos los sólidos generados por la precipitación de los iones divalentes, y se deja un volumen determinado expuesto al ambiente en un recipiente para favorecer a la absorción de CO<sub>2</sub> durante un tiempo de 5 días.

En esta etapa se remueve Ca<sup>2+</sup> mediante la absorción de CO<sub>2</sub> ambiental. Dado que las soluciones básicas tienen una gran tendencia a absorber CO<sub>2</sub>, este es un fenómeno que va a ocurrir de manera natural, lo importante es poder determinar a qué valor de pH debe llegar la solución para poder remover la mayor cantidad de Ca<sup>2+</sup> posible. En este caso, para

pH > 12,5 es posible la remoción del Ca<sup>2+</sup> remanente.

muy sencilla como lo es la absorción de CO<sub>2</sub> ambiental. En la Figura 2 se aprecia un

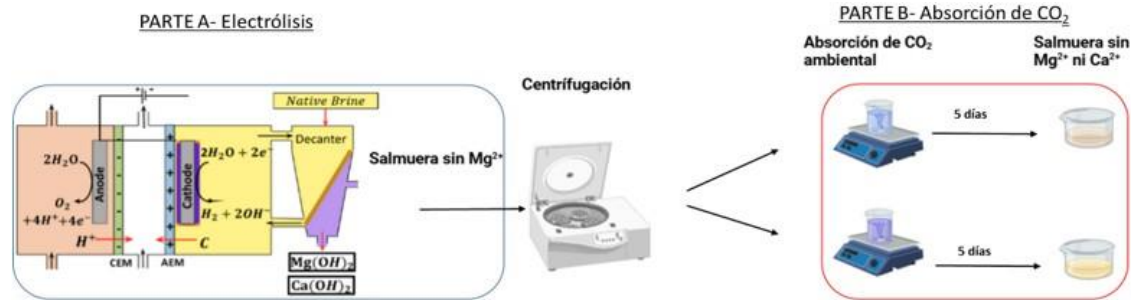


Figura 2: Esquema de procesamiento de la salmuera

Al absorber el CO<sub>2</sub>, el sistema tiende dar lugar al equilibrio de las especies carbonatadas, que se pueden apreciar en las reacciones 3, 4 y 5 (Lackner et al., 2001; Yoo et al., 2013), siendo la especie carbonatada dominante, aquella que se encuentre en el pH del sistema, tal y como se puede apreciar en la Figura 1.

esquema de todo el proceso completo de remoción de los cationes divalentes presentes en la salmuera.

El procesamiento de la salmuera en su totalidad consiste entonces, en una primera etapa de remoción electrolítica de Mg<sup>2+</sup>, seguida de una centrifugación para remover los sólidos generados, para después dejar expuesta la solución al ambiente y que absorba CO<sub>2</sub>, y poder remover el Ca<sup>2+</sup> remanente.

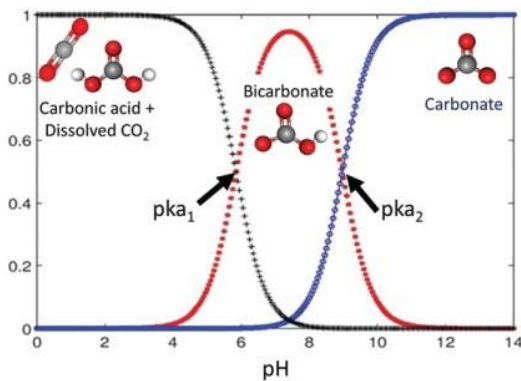
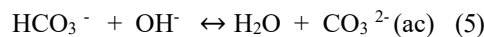
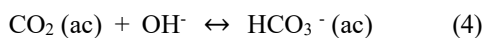
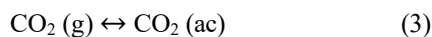
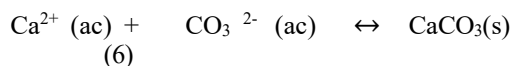


Figura 1: Prevalencia de las especies carbonatadas de acuerdo con el pH (Sharifian et al., 2021).



Dado que el sistema de estudio se encuentra a pH > 10,0 luego de la remoción electrolítica de Mg<sup>2+</sup>, la especie que predomina en estas condiciones será el CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, con lo que el sistema tiende a precipitar el Ca<sup>2+</sup> como carbonato, tal y como se puede apreciar en la reacción 6.

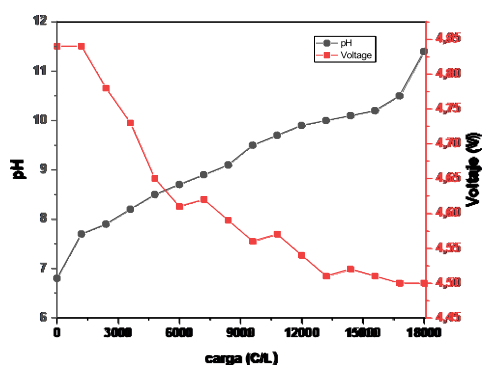


El kps de CaCO<sub>3</sub> es de 3.36x10<sup>-9</sup> mientras que el del Ca(OH)<sub>2</sub> es de 5.02x10<sup>-6</sup> (Díaz Nieto & Flexer, 2022), lo que indica una mayor insolubilidad de la primera especie, principio que se puede utilizar para remover el Ca<sup>2+</sup> de la solución de manera efectiva y con una etapa

**Análisis:** La composición de Li<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y Ca<sup>2+</sup> se determinó mediante ICP-OES (Agilent 5800). En algunos casos los cationes Mg<sup>2+</sup> y Ca<sup>2+</sup> fueron medidos mediante titulaciones complejométricas con EDTA (Anedra, p.a.). Como indicadores para marcar el punto final de la titulación se utilizaron los indicadores Negro de Eriocromo T (Anedra, p.a.) y Muerecida (Anedra, p.a.).

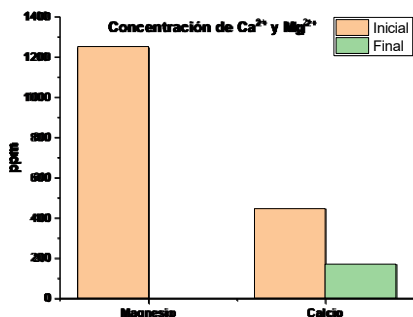
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la remoción de Mg<sup>2+</sup> mediante la electrolisis, (Figura 3) el voltaje disminuye a medida que avanza la electrolisis hasta alcanzar un valor cuasi constante de 4,50 V, obteniéndose un consumo energético de 83.06 KW por litro de salmuera procesada. En lo que respecta al pH del compartimento catódico, su valor no incrementa de manera constante, en el medio se puede apreciar un plateau, y esto se debe a que los OH<sup>-</sup> generados por la reducción del agua reaccionan con el Mg<sup>2+</sup> de la solución, precipitando como Mg(OH)<sub>2</sub>. Una vez que se remueve todo el Mg<sup>2+</sup> de la solución, el pH tiende a incrementar nuevamente.



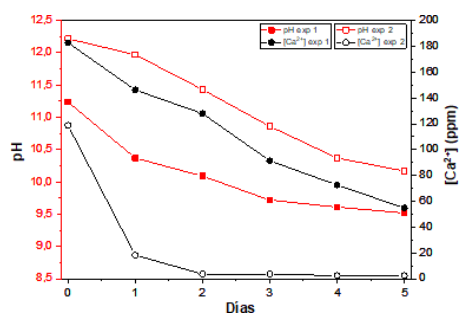
**Figura 3:** Variación de pH y voltaje durante la electrolisis.

La electrólisis demostró tener una remoción del 99,99% de  $Mg^{2+}$  de la solución nativa, sin el aditivo de ningún otro reactante, y de más del 50% de  $Ca^{2+}$ , para un pH final de 12,22. Para valores de pH menores, la remoción de ambos cationes es menos efectiva. En la Figura 4 se aprecia la concentración de  $Mg^{2+}$  y  $Ca^{2+}$  antes y después de una electrólisis hasta el pH de corte mencionando.



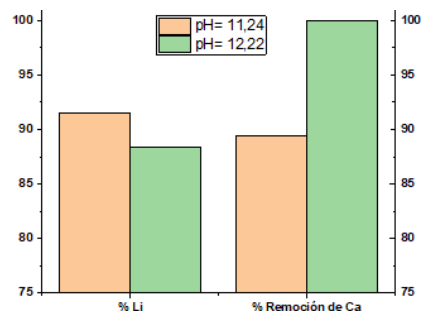
**Figura 4:** Concentración de  $Mg^{2+}$  y  $Ca^{2+}$  iniciales y después de la etapa electrolítica.

Respecto a la etapa de remoción de  $Ca^{2+}$ , los resultados obtenidos indican que se ve afectada por el pH final alcanzado por la electrólisis, dado a que mayores valores de pH una fracción de  $Ca^{2+}$  mayor es removida por electrólisis también, en conjunto con el  $Mg^{2+}$ . Todo esto se puede apreciar en la Figura 5, a mayor pH, mayor es la remoción del  $Ca^{2+}$  por el efecto de la absorción de  $CO_2$ .



**Figura 5:** Variación de pH y concentración de  $Ca^{2+}$  en el tiempo de absorción de  $CO_2$ .

Finalmente, se analizaron las concentraciones de  $Ca^{2+}$  y  $Li^+$  al finalizar el proceso completo, y los valores que se encontraron (Figura 6) indican que para la experiencia de pH final 11,24, luego de 5 días de absorción de  $CO_2$ , la remoción de  $Ca^{2+}$  es del 89%. En el caso de un pH de 12,22, se alcanza la remoción mayor al 99.99% de  $Ca^{2+}$ . Con respecto a la concentración de  $Li^+$ , la pérdida es de alrededor del 11% y 9% para el caso del mayor y menor pH respectivamente.



**Figura 6:** Porcentaje de remoción de  $Ca^{2+}$  y permanencia de  $Li^+$  luego de 5 días de absorción de  $CO_2$ .

## CONCLUSIONES

El método electrolítico demostró muy buena eficiencia para la remoción de  $Mg^{2+}$  de la salmuera. Por su parte, la absorción de  $CO_2$  ambiental es una estrategia muy sencilla y efectiva para la remoción del  $Ca^{2+}$  remanente de la electrólisis. Conforme mayor sea el pH, es mejor la efectividad en la remoción de  $Ca^{2+}$ , dada la mayor capacidad de absorción de  $CO_2$ .

La combinación de ambos procesos, electrolítico y absorción no afecta sustancialmente a la cantidad de  $Li^+$  remanente en las salmueras, mientras que es posible obtener similares

porcentajes de remoción de  $Mg^{2+}$  y  $Ca^{2+}$ , sin alcanzar valores muy altos de pH.

## REFERENCIAS

- Díaz Nieto, C. H., & Flexer, V. (2022). Is it possible to recover lithium compounds from complex brines employing electromembrane processes exclusively? In *Current Opinion in Electrochemistry* (Vol. 35). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.coelec.2022.101087>
- Díaz Nieto, C. H., Kortsarz, J. A., Vera, M. L., & Flexer, V. (2022). Effect of temperature, current density and mass transport during the electrolytic removal of magnesium ions from lithium rich brines. *Desalination*, 529. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2022.115652>
- Díaz Nieto, C. H., Mata, M. A., Palacios, C. J. O., Palacios, N. A., Torres, W. R., Vera, M. L., & Flexer, V. (2023). Transmembrane fluxes during electrolysis in high salinity brines: Effects on lithium and other raw materials recovery. *Electrochimica Acta*, 454. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2023.142401>
- Dorn, F. M. (2019). Electro-movilidad y el triángulo del litio (argentina, bolivia, chile): tendencias globales en el marco del cambio climático electro-mobility and the lithium triangle (argentina, bolivia, chile): global tendencies in the context of climate change. *beg no*, 112, 115–130.
- Flexer, V., Baspineiro, C. F., & Galli, C. I. (2018). Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. In *Science of the Total Environment* (Vol. 639, pp. 1188–1204). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.223>
- Lackner, K. S., Grimes, P., & Ziock, H. J. (2001). *Capturing carbon dioxide from air*.
- López De Azarevich, V. L., Schalamuk, I. B. A., & Azarevich, M. B. (n.d.). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 34 (2). *Revista de La Sociedad Geológica de España*, 34(2), 2021.
- LLópez, M., Pérez, L., & Sánchez, C. (2020). Advances in lithium recovery from brines: The role of competing ions. *Journal of Cleaner Production*, 276, 123–133. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.01.034>
- LLópez Steinmetz, R. L., Salvi, S., Sarchi, C., Santamans, C., & López Steinmetz, L. C. (2020). Lithium and Brine Geochemistry in the Salars of the Southern Puna, Andean Plateau of Argentina. *Economic Geology*, 115(5), 1079–1096. <https://doi.org/10.5382/econgeo.4754>
- PPeiseler, L., Schenker, V., Schatzmann, K., Pfister, S., Wood, V., & Schmidt, T. (2024). Carbon footprint distributions of lithium-ion batteries and their materials. *Nature Communications*, 15(1), 10301. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-54634-y>
- SSharifian, R., Wagterveld, R. M., Digdaya, I. A., Xiang, C., & Vermaas, D. A. (2021). Electrochemical carbon dioxide capture to close the carbon cycle. In *Energy and Environmental Science* (Vol. 14, Issue 2, pp. 781–814). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d0ee03382k>
- SSun, X., Zhang, Y., & Liu, Y. (2018). Challenges in lithium extraction from salt lake brines: The influence of magnesium and calcium ions. *Hydrometallurgy*, 183, 172–181. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2018.03.005>
- TTriángulo Del Litio, E., Análisis Entre Argentina, U., & Chile, B. Y. (n.d.). *GEOPOLÍTICA Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN*.
- 2 W0213049952A1 (2013). *Process for lithium recovery from brines using selective absorption and membrane technology*. <https://patents.google.com/patent/WO2013049952A1/en> Yoo, M., Han, S. J., & Wee, J. H. (2013). Carbon dioxide capture capacity of sodium hydroxide aqueous solution. *Journal of Environmental Management*, 114, 512–519. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.061>

# SIMILITUD ENTRE SERIES TEMPORALES CLIMÁTICAS OBTENIDAS EN SUPERFICIE Y GENERADAS POR MODELOS SATELITALES. ANÁLISIS NO PARAMÉTRICO PARA NUEVE ESTACIONES CLIMÁTICAS DEL NOROESTE ARGENTINO

Solís, Juan Manuel<sup>(1)</sup> & Ojeda, Silvia

(1) Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy. Alberdi 47. San Salvador de Jujuy. 4600. Jujuy.

Email: [juanmasolis@fca.unju.edu.ar](mailto:juanmasolis@fca.unju.edu.ar)

## Resumen

En este avance de tesis se evalúa la similitud entre series climáticas temporales de temperatura media diaria, temperatura media mensual, precipitaciones mensuales y precipitaciones anuales obtenidas de diferentes modelos satelitales y series obtenidas de nueve estaciones meteorológicas en el Noroeste Argentino. Para ello, se aplicaron medidas de proximidad no paramétricas, como la Distancia Euclídea (DE) y la Deformación Dinámica del Tiempo (DTW), como alternativas a los enfoques paramétricos de validación de series de tiempo. Estas métricas permiten evaluar la precisión de los datos satelitales en la estimación. Los resultados corroboran que DTW proporciona comparaciones más precisas entre productos satelitales, permitiendo detectar discrepancias y patrones no lineales, lo cual es coherente con la bibliografía consultada. Este enfoque permite optimizar el uso de datos climáticos estimados por modelos satelitales en la validación de series sin establecer supuestos paramétricos *a priori*, lo cual es una característica común de la utilidad de los métodos no paramétricos en estudios climáticos. No se identificaron productos satelitales que sistemáticamente se destaquen en todas las duplas examinadas y resulta necesario analizar el desempeño de los productos en cada situación. Sin embargo, algunos productos satelitales destacaron en la estimación de diferentes variables climáticas.

**Palabras clave:** Validación, Índice de Disimilitud, Distancia Euclídea, Deformación Dinámica del Tiempo, Clústers

## INTRODUCCIÓN

Los datos obtenidos en superficie a través de estaciones climáticas y los modelos de simulación basados en datos satelitales son las principales fuentes de información climática. Las observaciones terrestres convencionales se recopilan típicamente en intervalos fijos con cobertura espacial limitada, mientras que los sistemas de sensores remotos satelitales (SRS) permiten el monitoreo continuo a escala global. Sin embargo, los datos satelitales a menudo contienen incertezas causadas por sesgos en sensores y en los

algoritmos de obtención de la información, así como inconsistencias entre misiones continuas de satélites con los mismos sensores (Jun Yang, 2013). Conocer *a priori* el desempeño de la información satelital permite calibrar sus estimaciones o utilizar fuentes alternativas (Alabar et al, 2021) para obtener datos fidedignos, confiables y comparables a las observaciones en terreno.

La evaluación del rendimiento de los modelos satelitales de datos climáticos puede realizarse utilizando diferentes métodos para comparar los valores obtenidos en superficie con los predichos por éstos. Es posible distinguir al

menos dos enfoques centrales para evaluar la proximidad entre series de tiempo: por un lado, un enfoque **paramétrico** que consiste en estimar los coeficientes de un modelo por medio de diferentes métodos de regresión. Por otro lado, el enfoque **no paramétrico**, consistente en evaluar la proximidad entre series de tiempo en base a los datos propios de las mismas.

En el presente trabajo se muestra una caracterización no paramétrica de la similitud de los registros de temperatura media diaria (TMD), temperatura media mensual (TMM), precipitaciones totales mensuales (PPM) y precipitaciones totales anuales (PPA) derivados de 8 (ocho) modelos satelitales con las series de datos de superficie obtenidas de 9 (nueve) estaciones climáticas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Marco Teórico

Entre los métodos que utiliza el enfoque "no paramétrico", se encuentran las medidas de proximidad de series de tiempo, siendo las más utilizadas la **Distancia Euclídea (DE)** y la **Deformación Dinámica del Tiempo (Dynamic Time Warping - DTW)**.

Dadas dos series temporales  $S_1=(u_1,\dots,u_p)$  y  $S_2=(v_1,\dots,v_p)$  en los instantes  $t_1,\dots,t_p$ , se define (Chouakria y Nagabhushan, 2007; Montero y Vilar, 2014):

$$DE = \delta\delta_E(S_1, S_2) = \left( \sum (u_i - v_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

La cercanía entre dos series de tiempo, medida con la distancia euclídea, depende exclusivamente de la proximidad de los valores observados en los correspondientes instantes de tiempo (Chouakria, 2007). Además, DE es simple y fácil de calcular, pero es sensible a escalas de medición y a la presencia de *outliers*.

Por otra parte, se define:

$$DTDD = \delta\delta_{DTW}(S_1, S_2) = \min_{r \in M} \left( \sum |u_{ai} - v_{bi}| \right) \quad (2)$$

$r \in M$  es una secuencia de  $m$  pares de observaciones que preservan el orden de observación (Chouakria, 2007).

DTW es más robusto que DE y flexible a situaciones de no estacionariedad, pero es computacionalmente más costoso y difícil de calcular. La principal limitación de estas medidas de proximidad es que se basan en la cercanía de los valores independientemente de la similitud con respecto al comportamiento de la evolución de la serie de tiempo (Chouakria, 2007; Montero y Vilar, 2014). En 2007, Chouakria y Nagabhushan propusieron un nuevo Índice de disimilitud entre series temporales que tiene en cuenta tanto el comportamiento o movimiento de las series, como los valores de las medidas de proximidad convencionales (Chouakria y Nagabhushan, 2007). Se define **Índice de Disimilitud de series temporales**:

$$D(S_1, S_2) = f[\text{corT}(S_1, S_2)] \cdot \delta\delta(S_1, S_2) \quad (3)$$

donde  $f(x)$  es una función de ajuste adaptativo exponencial:

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(k \cdot x)}, \forall k \geq 0, \quad (4)$$

y

$$\text{corT}(S_1, S_2) = \frac{\sum (u_{i+1} - u_i)(v_{i+1} - v_i)}{\sqrt{\sum (u_{i+1} - u_i)^2} \sqrt{\sum (v_{i+1} - v_i)^2}} \quad (5)$$

D es capaz de ajustar la contribución de la similitud en el comportamiento y la similitud en los valores de las series a comparar, generando una familia de ajustes en función de los valores de  $k$ .

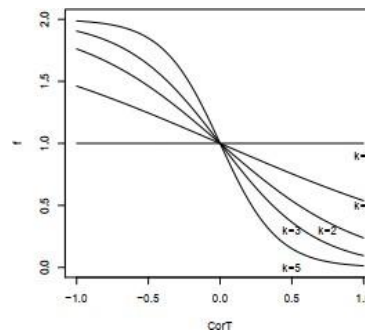


Figura 1.  $f(x) = 1 / (1 + \exp(k \cdot x))$  para distintos valores de  $k$

## Metodología

### Fuentes de datos

Se emplearon series de temperatura media diaria, temperatura media mensual, y precipitaciones pluviales medias mensuales y anuales de 9 (nueve) estaciones climáticas pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional, provistos gentilmente por la cátedra de Agroclimatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy:

Cuadro 1: Estaciones Meteorológicas del Noroeste Argentino (Alabar, 2022)

N°	Estación	Latitud	Longitud	Fecha 1° registro
1	Catamarca	-28,6	-65,77	01/05/1973
2	Jujuy Aero	-24,38	-65,08	01/05/1967
3	Jujuy UNJu	-24,2	-65,32	01/07/1987
4	La Quiaca Aero	-22,1	-65,6	01/04/1956
5	Orán Aero	-23,15	-64,32	22/10/1957
6	Salta Aero	-24,85	-65,48	19/02/1925
7	Sgo. del Estero Aero	-27,77	-64,3	01/01/1931
8	Tartagal Aero	-22,65	-63,82	01/05/1956
9	Tucumán Aero	-26,85	-65,1	01/10/1981

A fin de hacer comparables los resultados, se analizaron los registros de temperatura durante el período 2001-2020 y los registros de precipitaciones pluviales durante el período 2003-2017, es decir, 20 y 15 años de observaciones respectivamente. Estos períodos permitieron que haya una correspondencia entre los datos disponibles en superficie y los modelos satelitales.

A continuación, se presentan las principales características de los modelos satelitales analizados:

### Cálculo de Índice de Disimilitud

Se conformaron pares o duplas de series temporales climáticas denotadas como  $\Phi$ , donde cada dupla estuvo conformada por las series S1 y S2, que fueron las series climáticas obtenidas en superficie y a partir de productos satelitales, respectivamente.

Cuadro 2. Características de las fuentes de información climática satelitales.

Fuente	Variable analizada	Resolución espacial	Resolución temporal evaluada	Período disponible
CHELSA	pp	0,0083 x 0,0083°	Mensual/Anual	01/1979 - 06/2019
COBRA	pp	1,0° x 1,0°	Mensual/Anual	01/2000 - 12/2017
CRU TS	pp t°	0,5 x 0,5°	Mensual/Anual, Mensual	01/1901 - 12/2022
ERA5	t°	0,25 x 0,25°	Diaria/Mensual	1940 - Act.
GPM	pp	0,1 x 0,1°	Mensual/Anual	01/01/1980 - Act.
MERRA-2	t°	0,5 x 0,625°	Diaria/Mensual	01/01/1980 - Act.
PERSIANN CCS	pp	0,04° x 0,04°	Mensual/Anual	01/2003 - 06/2022
WORLDCLIM	pp t°	0,0083 x 0,0083°	Mensual/Anual	01/1980 - 12/2021

Para cada dupla, se calcularon las medidas de distancia DE y DTW, a partir de las cuales se calculó el Índice de Disimilitud de Series Temporales (D) descrito anteriormente. Se debe recordar que  $f[\cdot]$  depende de la constante  $k$ , cuyos valores generan una familia de curvas de ajuste exponencial. Por lo tanto, se realizó el cálculo de D para valores de  $k$  igual a 1, 3 y 5.

Debido a la cantidad de medidas calculadas para TMM, PTM y PTA, se construyeron dendrogramas obtenidos a partir de un análisis de conglomerados jerárquicos a fin de facilitar la comparación entre los registros de modelos satelitales con respecto a las series climáticas de cada estación (Montero y Vilar, 2014).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran los valores de Distancia Euclídea (DE), Deformación Dinámica del Tiempo (DTW) y el Índice de Disimilitud (D), de cada dupla  $\Phi$  ajustados para  $k = \{1, 3, 5\}$  (Cuadro 3 y Figuras 2 a 5)

En los casos en los que se analizaron más de dos productos para cada estación climática, se presentan con fines descriptivos dendrogramas por clústers jerárquicos. La numeración que se añade a los productos satelitales dentro de cada dendrograma corresponde a su posición en la serie ordenada en forma ascendente por valor de distancia (DE o DTW según corresponda).

Cuadro 3: Medidas de distancia entre las series de **temperaturas medias diarias** de superficie y satelitales, por estación y producto satelital.

Estación	Producto	$\delta_E$	$D_1[k1]$	$D_1[k3]$	$D_1[k5]$	$\delta_{DTW}$	$D_{min}[k1]$	$D_{min}[k3]$	$D_{min}[k5]$
CATAMARCA AERO	ERA5	353,27	204,23	44,49	7,76	136,55	78,94	17,2	3
	MERRA-2	331,63	195,83	45,43	8,45	173,65	102,54	23,79	4,43
JUJUY AERO	ERA5	53,74	29,33	5,4	0,79	68,32	37,29	6,86	1,01
	MERRA-2	139,86	79,14	16,19	2,65	123,78	70,04	14,33	2,34
JUJUY UNJU	ERA5	185,64	124,02	41,6	11,42	140,67	93,98	31,52	8,66
	MERRA-2	866,61	758,84	556,05	385,99	305,5	267,51	196,02	136,07
LA QUIACA	ERA5	122,8	74,06	18,29	3,63	87,52	52,78	13,04	2,59
	MERRA-2	209,3	125,34	30,32	5,89	131,28	78,62	19,02	3,69
ORAN AERO	ERA5	82,36	45,61	8,76	1,34	81,61	45,19	8,68	1,33
	MERRA-2	195,71	114,76	26,07	4,75	139,76	81,95	18,62	3,39
SALTA AERO	ERA5	218,04	120,74	23,18	3,56	117,2	64,9	12,46	1,91
	MERRA-2	366,22	213,22	47,44	8,46	169,63	98,76	21,97	3,92
SANTIAGO DEL ESTERO	ERA5	113,26	62,72	12,04	1,85	95,76	53,03	10,18	1,56
	MERRA-2	143,55	80,65	16,15	2,59	127,65	71,71	14,36	2,3
TARTAGAL AERO	ERA5	107,27	58,97	11,08	1,67	94,79	52,11	9,79	1,47
	MERRA-2	201,94	117,57	26,16	4,66	138,84	80,84	17,98	3,21
TUCUMÁN AERO	ERA5	63,27	34,78	6,54	0,98	73,17	40,23	7,56	1,14
	MERRA-2	179,33	102,2	21,35	3,57	136,12	77,58	16,2	2,71

En general, los valores de D fueron consistentes con los valores de  $\delta$  a partir de los cuales se calcularon para diferentes valores del parámetro  $k$ , que modula las contribuciones de la componente de auto-correlación de las series. Puede notarse que a mayor valor de  $k$  las diferencias relativas de D entre productos satelitales fueron disminuyendo más que proporcionalmente, pero sin modificarse las posiciones relativas de cada producto en la serie ordenada en función de  $\delta$ . Por ejemplo, la dupla conformada por la serie de TMD de Jujuy Aero y el producto ERA5 presenta un valor  $\delta_E$  menor que la dupla conformada con el producto MERRA-2, relación que se mantuvo para  $D[E, k=1]$ ,  $D[E, k=3]$  y  $D[E, k=5]$ , extensible a  $\delta_{DTW}$  y los correspondientes valores de D (Cuadro 3).

Pueden citarse algunas excepciones. Por ejemplo, la serie TMD de Catamarca Aero, donde a partir de  $D[E, k=3]$  se invierten las posiciones relativas de los productos, o bien TMM para Jujuy UNJu, La Quiaca, Tartagal Aero y Tucumán Aero, entre otras, que presentan a lo sumo una modificación en el ordenamiento de la serie en los que no interviene el  $\delta$  mínimo. Lo anterior sugiere que, como criterio de comparación entre productos satelitales climáticos, el empleo de  $\delta$  puede ser suficiente sin necesidad de ajustar por auto-correlación de la serie, salvo situaciones en las que la performance de los productos sea muy semejante.

Luego, resta comparar  $\delta_E$  y  $\delta_{DTW}$ . Para las series de TMD, salvo el citado ejemplo de la estación Catamarca Aero, hubo concordancia en la comparación entre los productos ERA5 y MERRA-2, donde las distancias entre las series de temperaturas medias diarias de superficie y las series de ERA5, que fue la serie de mayor resolución espacial, fueron menores.

El análisis de la comparación del empleo de  $\delta_E$  y  $\delta_{DTW}$ , y los Índices de Disimilitud asociados para las series de TMM, puede simplificarse si visualizamos los dendrogramas construidos para cada estación (Figura 2). Recordar que la numeración asociada a cada producto satelital dentro de los dendrogramas corresponde a su posición dentro de la serie ordenada en forma creciente por su valor de  $\delta$ . Hubo coincidencia completa en las comparaciones de productos satelitales con los enfoques euclídeo y DTW en Jujuy Aero, Jujuy UNJu, Salta Aero, Santiago del Estero y Tucumán Aero. En el resto de las estaciones hubo coincidencias parciales, según se utilice uno u otro enfoque. En general, los productos con mínimas distancias de TMM se agruparon cerca en los dendrogramas, es decir, presentaron una performance homogénea (Catamarca, Jujuy Aero, Jujuy UNJu, Oran Aero, Salta Aero, Tartagal Aero y Tucumán Aero). Como excepción puede mencionarse las medidas derivadas de DTW en La Quiaca y Santiago del Estero.

Figura 2. Dendrogramas para la variable **temperaturas medias mensuales**

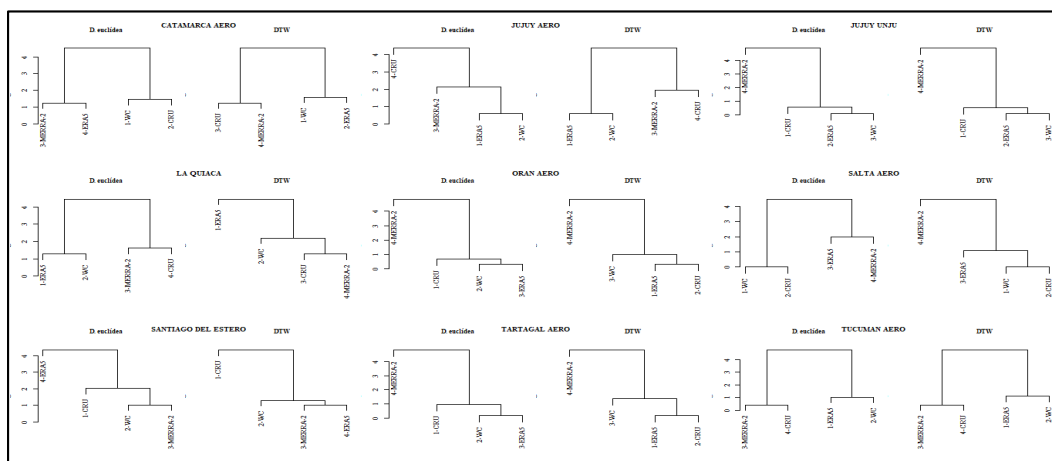


Figura 3. Dendrogramas para la variable **precipitaciones totales mensuales**.

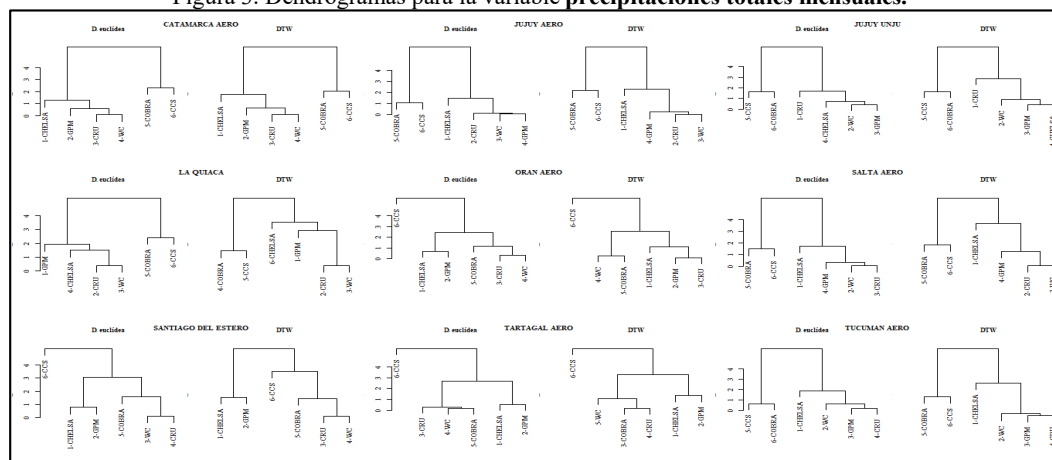
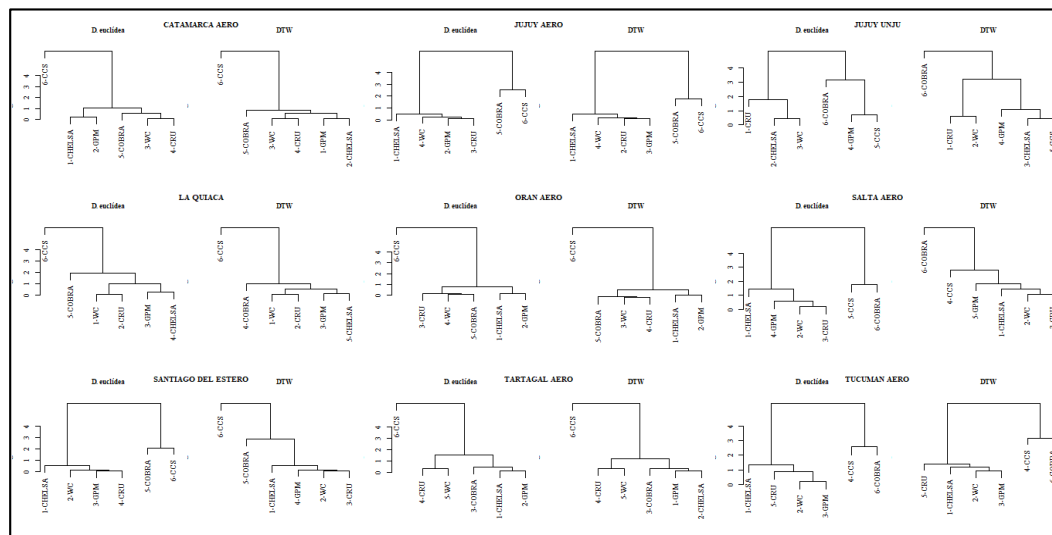


Figura 4. Dendrogramas para la variable **precipitaciones totales anuales**.



Los productos satelitales con mejor performance para estimar TMM fueron variables según la estación climática. En general, MERRA-2 presentó estimaciones de TMM comparativamente menos precisas que el resto de los productos comparados, siendo el producto con menor resolución espacial.

En PTM, el empleo de  $\delta_E$  o  $\delta_{DTW}$  produjeron comparaciones prácticamente idénticas en todas las estaciones, identificando relaciones de comportamiento homogéneo muy similares (Figura 3). Destaca el producto *CHELSA*, identificado como el más preciso en siete de las nueve estaciones analizadas (Catamarca Aero, Jujuy Aero, Orán Aero, Salta Aero, Santiago del Estero, Tartagal Aero y Tucumán Aero) que fue el producto de mayor resolución espacial junto con *WORLDCLIM*, siendo que este último presentó medidas de distancia mayores. También puede mencionarse el buen desempeño de los productos *CRU* y *GPM*, que presentan la ventaja de poder acceder a la serie histórica de forma más directa y simple que *CHELSA*.

En general, los productos *CHELSA*, *GPM*, *WC* y *CRU* presentaron un comportamiento similar para estimar PTA, con las menores medidas de distancia, mientras que los productos *CCS* y *COBRA* presentaron medidas de distancia mayores (Figura 4), lo cual contrasta con lo informado por Benítez *et al* (2024).

## CONCLUSIONES

Sí bien la comparación entre productos satelitales utilizando la DE y la DTW permite obtener, en general, conclusiones similares, esto no se cumplió para todas las duplas cotejadas comparadas. Por lo tanto, a fin de hacer comparables las conclusiones, sería más adecuado utilizar el enfoque basado en la DTW. Salvo casos en los que se desee comparar productos satelitales que presenten un comportamiento muy similar, no es necesario ajustar por auto-correlación de las series, recurriendo al Índice de Disimilitud.

No se identificaron productos satelitales que sistemáticamente se destaquen en todas las duplas consideradas, y resulta necesario analizar la performance de los productos en cada situación. Sin embargo, los productos *CHELSA*, *GPM* y *CRU* para precipitaciones, y *ERA5* para temperaturas medias diarias destacaron con mayor frecuencia cuando fueron analizadas. Salvo *MERRA-2*, todos los productos satelitales analizados tuvieron un

comportamiento similar y fueron precisos para estimar temperaturas medias mensuales.

## REFERENCIAS

- Alabar, F., Solís, J.M., Valdiviezo Corte, M., Hurtado, R. (2021). *Validación de las precipitaciones estimadas por TRMM y GPM en 6 estaciones de las provincias de Jujuy y Salta (Argentina)*. Revista Científica Agraria, FCA UNJU; 14 (2):45 a 57.
- Benitez, V., Forgioni, F., Lovino, M., Sgroi, L., Doyle, M., Muller, G. (2024). *Capability of satellite data to estimate observed precipitation in southeastern South America*. International Journal of Climatology, 44(3), 792-811.
- Chouakria D.A., Nagabhushan, P.N. (2007). *Adaptive dissimilarity index for measuring time series proximity*. Article in *Advances in Data Analysis and Classification*, February 2007. Springer-Verlag.
- Hyndman R. y Athanasopoulos G (2021). *Forecasting: Principles and Forecasting*. 3ra Edición. OTexts, Melbourne, Australia. [<https://otexts.com/fpp3/>]
- Montero P. y Vilar J. (2014). *TSclust: An R Package for Time Series Clustering*. Journal of Statistical Software 62(1). Universidad de Innsbruck, Austria.

# EVALUACIÓN DE ACUMULACIÓN DE PLOMO EN *Elionurus muticus*, *Cymbopogon citratus* Y *Chrysopogon zizanioides* PARA LA FITORREMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS DEL PARQUE INDUSTRIAL ALTO LA TORRE

Saluzzo, Luciana <sup>(1, 2)</sup>; De Paul, Marcela Alejandra <sup>(2)</sup>; Viturro, Carmen Inés <sup>(1)</sup>

(1) Laboratorio PRONOA-CIITeD-UNJu CONICET, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy. Italo Palanca N° 10. San Salvador de Jujuy. 4600. Jujuy.

(2) Centro de Estudios Interdisciplinarios de Calidad de Agua de Ambientes de Altura, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy. Juan Bautista Alberdi N° 47. San Salvador de Jujuy, 4600. Jujuy.

Email: lsaluzzo@fi.unju.edu.ar

## Resumen

En el parque industrial Alto La Torre de la ciudad de Palpalá, Jujuy, existen Pasivos Ambientales contaminados con plomo (Pb). Se evaluó la capacidad de acumulación de Pb de *Elionurus muticus*, (Espartillo), de *Cymbopogon citratus*, (Lemongrass) y de *Chrysopogon zizanioides* (Vetiver) para la fitorremediación del suelo del Pasivo Ambiental. Estas especies pertenecen a la familia Poaceae. Se experimentó en macetas con suelo contaminado en diferentes concentraciones (0, 25, 50 y 100%). Se realizó el seguimiento del desarrollo de las plantas durante 10 meses de ensayo. Las plantas se cosecharon de raíz y se separó raíz de parte aérea. En todas las muestras se determinó Concentración de Pb (CPb) en mg/kg por espectrometría de Absorción Atómica, previa digestión ácida de las mismas. Se evaluó la eficiencia de acumulación del contaminante en las plantas, empleando el Factor de Bioconcentración ( $FBC = CPb_{\text{biomasa}}/CPb_{\text{suelo}}$ ) y el Factor de Translocación ( $FT = CPb_{\text{parte aérea}}/CPb_{\text{raíz}}$ ). Las plantas de Lemongrass no sobrevivieron a concentraciones de Pb de 100%. En general las plantas incrementaron su biomasa con el 25% de contaminación en maceta, y luego la biomasa disminuyó con el incremento de CPb en maceta. Todas las plantas presentaron mayor CPb en las raíces que en la parte aérea. Todas las especies ensayadas acumularon Pb en su biomasa y esta acumulación aumentó al aumentar la CPb en la maceta. Todos los FBC fueron menores a 1, siendo ligeramente superiores los de Lemongrass. Todos los FT fueron menores que 1, indicando que las plantas no traslocan de manera efectiva el Pb a sus partes aéreas. Espartillo y Vetiver tienen potencial para la fitoestabilización del pasivo ambiental.

**Palabras clave:** Factor de traslocación, Factor de bioconcentración, Pasivo Ambiental, Fitoestabilizadora, Fitoextracción.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico y tecnológico de los países, así como el aumento de la industrialización y la actividad minera en auge, trae consigo, además de los beneficios, la posibilidad de contaminación cuando los procesos que involucran estas actividades no se realizan empleando tecnologías que minimicen el impacto ambiental. Es probable que al no proceder en este sentido se generen pasivos ambientales vinculados al deterioro, a veces irreversible, de la calidad del aire, agua y suelo.

Según Cuentas Alvarado *et al.*, (2019), aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, actualmente abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad se consideran “pasivos ambientales”. Así también, otras actividades económicas esenciales que desarrollan las sociedades contemporáneas generan pasivos ambientales, ya sea por la explotación de los bienes naturales o por la

disposición de sus residuos (Bruguera-Amarán, 2020).

Según Nessner Kavamura y Esposito (2010), algunos metales pesados cumplen un rol importante en reacciones bioquímicas, esenciales para el crecimiento y desarrollo de microorganismos, plantas y animales. Sin embargo, en altas concentraciones, pueden formar compuestos no específicos y originar efectos citotóxicos. Elementos como el Hg, As, Sn, Tl y Pb, pueden formar iones órgano-metálicos liposolubles capaces de penetrar membranas y acumularse en las células.

Entre los elementos contaminantes más peligrosos por sus efectos tóxicos y acumulativos en organismos vivos se encuentra el plomo (símbolo químico: Pb). El plomo ingerido, inhalado o absorbido por la piel es altamente tóxico para los seres vivos en general. Cuando este metal alcanza niveles tóxicos provoca la disminución de la fotosíntesis en las plantas y el desarrollo de anemia en mamíferos. Prieto Méndez *et al.* (2009), afirma que en el ser humano, el plomo puede tener una amplia variedad de efectos biológicos según el nivel y la duración de la exposición. Se han observado efectos en el organismo que van desde la inhibición de las enzimas hasta la producción de cambios morfológicos y la muerte.

El plomo no es biodegradable y persiste en el suelo, en el aire, en el agua y en los hogares. Se acumula en los sitios en los que se deposita y puede llegar a envenenar a generaciones de niños y adultos a menos que sea retirado.

Las alternativas de solución o mitigación de la contaminación de suelos son variadas, presentando algunas de ellas ciertas desventajas que las hacen poco practicables. Por ejemplo, las técnicas de confinamiento y *ex situ* son en general costosas, algunas involucran tratamientos puramente químicos y constituyen alternativas muy agresivas para el medio. También hay técnicas *in situ* que involucran tratamientos onerosos del tipo físico-químico (Higueras y Oyarzun, 2006).

Las técnicas de descontaminación más habituales para la remediación de agua contaminada consisten en métodos físicos, químicos o una combinación de ambos, como precipitación química, coagulación-floculación, sedimentación/flotación, filtración por membranas, cambio iónico, técnicas electrolíticas (Belaire Cervantesy, 2017); la mayoría de ellas tienen la desventaja de incorporar otras sustancias químicas al medio

representando éstas otro contaminante en sí, además de ser de elevado costo.

Las técnicas a seleccionar para remediar la contaminación de los suelos, los sedimentos y el agua, deben ser eficaces, sostenibles y apropiadas para mitigar la presencia de estos contaminantes. Las técnicas de remediación *in situ* como la fitorremediación suelen implicar un menor costo económico, pudiendo, en general, limpiar, o al menos estabilizar las zonas degradadas por la contaminación química. El término Fitorremediación, acuñado en 1991, se compone de dos palabras, fito, que en griego significa planta o vegetal, y remediar (del latín *remediare*), que significa poner remedio al daño, o corregir o enmendar algo. Fitorremediación significa remediar un daño por medio de plantas o vegetales (Núñez López *et al.*, 2004).

Las plantas se utilizan para transportar y concentrar metales desde el suelo a las partes cosechables de las mismas. La biomasa cosechable se incinera para que las cenizas se puedan eliminar o incluso reciclar mejor en la industria. Este es un enfoque rentable, respetuoso con el medio ambiente y estéticamente agradable, más adecuado para los países en desarrollo (Sheoran *et al.*, 2010). La fitorremediación es una técnica muy atractiva actualmente, ya que la presencia de las plantas combina la reducción de la toxicidad con una evidente mejora en la habitabilidad del ecosistema (Saluzzo *et al.*, 2012).

Las plantas más adecuadas para la fitorremediación deberían ser especies de crecimiento rápido, con alta producción de biomasa, sistema de raíces extenso, alta tolerancia, adaptabilidad y capacidad de acumular contaminantes. Las plantas hiperacumuladoras tienen la capacidad de tolerar y acumular una mayor concentración de metales pesados en sus tejidos (Ma *et al.*, 2016).

Según Thangavel y Subharam (2004), las tecnologías de fitorremediación se pueden utilizar como medio de contención (rizofiltración, fitoestabilización y fitoinmovilización) o eliminación (fitodegradación, fitoextracción y fitovolatilización), dependiendo del tipo de contaminante, las condiciones del sitio y el nivel de limpieza requerido. Los más utilizados son la fitoestabilización para la contención de contaminantes y la fitoextracción para su eliminación (Delgadillo-López *et al.*, 2011).

Para la evaluación de la eficiencia de acumulación de metal en las plantas, Alderete-Suarez *et al.* (2019) emplea el factor de

bioconcentración (FBC) y el factor de translocación (FT). La capacidad de una planta para acumular metales de los suelos se puede estimar utilizando el FBC, que se define como la relación de concentración de metales en la biomasa con respecto a la del ambiente externo, como el suelo. La capacidad de una planta para trasladar metales desde las raíces a la parte aérea se mide usando el FT, que se define como la relación de concentración de metal en la parte aérea respecto a la de las raíces. Al comparar FBC y FT, podemos comparar la capacidad de diferentes plantas para acumular metales de los suelos y trasladarlos a la parte aérea. Las plantas tolerantes tienden a restringir las transferencias suelo-biomasa y raíz-parte aérea, y por lo tanto tienen mucha menos acumulación en su biomasa, mientras que las hiperacumuladoras absorben y trasladan activamente los metales a su biomasa aérea.

La Ciudad de Palpalá, Jujuy, es conocida como Ciudad Industrial debido a la cantidad de empresas radicadas en las zonas industriales, siendo la fundición de minerales una de las actividades de mayor relevancia. El Parque Industrial “Alto La Torre”, se ubica sobre la ruta provincial N°1, zona El Remate, Palpalá- Jujuy. En la zona se encuentran radicadas una veintena de empresas, de las cuales aproximadamente el 30 % de ellas trabaja el plomo de alguna manera: lo procesan, reprocesan o reciclan. Otras tantas, cerraron sus puertas y fueron abandonadas. Las actividades realizadas en el parque industrial, en su mayoría derivadas de la actividad minera de la provincia, han causado la degradación de los ecosistemas de la zona, producto de la falta de gestión de residuos e ineficiente tratamiento de efluentes industriales. Basados en la definición de Pasivos Ambientales de Bruguera-Amarán (2020), en el parque industrial Alto La Torre y su periferia, existirían pasivos ambientales que requieren remediación.

El objetivo del presente trabajo es estudiar el empleo de especies vegetales para la Fitorremediación del pasivo ambiental contaminado con plomo del Parque Industrial Alto La Torre, Palpalá, Provincia de Jujuy.

Se evaluará la capacidad de *Elionurus muticus* (Espartillo), de *Cymbopogon citratus* (Lemongrass) y de *Chrysopogon zizanioides* (Vetiver) como fitorremediadoras de Pb. Las tres especies pertenecen a la familia Poaceae. Espartillo y Lemongrass están vinculados entre sí por la composición de sus aceites esenciales en cuanto a los compuestos mayoritarios de los quimiotipos más representativos y difundidos. El quimiotipo citral de Espartillo (Rosselot *et al*,

2018), y el quimiotipo geranial de Lemongrass (Viturro *et al*, 2000). Por otro lado, la gramínea Vetiver, originaria del sur de India, es conocida por la producción de aceite esencial de sus raíces. Se adapta a una gran variedad de condiciones ambientales y tipos de suelo, tolera muy bien metales pesados y tóxicos (Banerjee *et al*, 2016).

En la Facultad de Ingeniería, UNJu, el grupo de investigación PRONOA de la Facultad de Ingeniería-UNJu, cuenta con experiencias previas en temas de fitorremediación (Saluzzo *et al*, 2012 y 2015) y en el manejo analítico vinculado con metales en suelo y material vegetal (Galeán *et al*, 2015; Saluzzo *et al*, 2016). Actualmente se está desarrollando un trabajo de Tesis de Doctorado, cuyo principal objetivo es el empleo de especies nativas o adaptables al valle templado de Jujuy para la fitorremediación de aguas y suelos contaminados con plomo, en el que se enmarca esta investigación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1.1 Preparación y ensayo de fitorremediación

Se realizó la experiencia con suelo contaminado del Pasivo Ambiental del parque Industrial Alto La Torre de Palpalá, Jujuy. El suelo empleado recibió un pre-tratamiento en campo (homogeneizado y cuarteo) y luego en el laboratorio PRONOA, se realizó un segundo mezclado, tamizado (tamiz redondo, Diámetro:  $\varnothing$  200 / 203 mm, Luz de malla: 3 mm) y cuarteo final hasta obtener la cantidad de suelo necesaria para los ensayos. El suelo se muestreo y caracterizó, según normas ASTM, en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias - UNJu. Los valores de Pb en suelo se compararon con los valores guía establecidos en el Decreto Reglamentario N° 5980: “Evaluación de impacto ambiental y normas técnicas de calidad ambiental para la protección de la atmósfera, de las aguas y del suelo”.

En la experiencia se trabajó con distintas concentraciones de Pb en suelo: C0% (blanco), C25%, C50% y C100%, mezclando suelo contaminado con suelo sin contaminación. Este suelo sin contaminación, se obtuvo de zonas alejadas del sitio en estudio, pero con las mismas características del suelo de interés. Se prepararon tres repeticiones de cada maceta para cada especie.

Se empleó Espartillo y Lemongrass del campo experimental Severino, Facultad de Cs. Agrarias-UNJu y Vetiver de un vivero de la provincia de Salta. Estas especies se herborizaron y se identificaron botánicamente en el Centro de

Investigaciones y Estudios en Diversidad Vegetal (CIEDIVE) de la Facultad de Cs. Agrarias - UNJu.

Se acondicionaron las plantas y se colocaron en las macetas dando inicio al ensayo de fitorremediación. Se realizó el seguimiento y registro del desarrollo de las plantas durante 10 meses de ensayo.

### 1.2 Preparación y análisis de las muestras

Al finalizar el ensayo, se cosecharon las plantas de raíz y se realizó el tratamiento del material vegetal: Lavado de raíces, registro el peso húmedo y largo total de las plantas. Se separó raíz de parte aérea de cada muestra. El material se secó en estufa de esterilización FAETA hasta peso contante. Se procedió a la carbonización y calcinación del material vegetal hasta cenizas blancas, y posterior digestión ácida con HNO<sub>3</sub> de las cenizas. Se filtró con papel de filtro Whatman y se llevó a volumen.

La concentración de Pb en las muestras se determinó con un espectrómetro de Absorción Atómica marca Agilent Technologies, serie 200, en el Laboratorio de Análisis Geoquímicos y Ambientales de ASi NOA de Alex Stewart International Argentina S.A., empleando estándares certificados. Los resultados se expresaron en mg de Pb/kg de peso seco de biomasa.

### 1.3 Análisis de datos

Se evaluó la eficiencia de acumulación del contaminante en las plantas colectadas, con el factor de bioconcentración (FBC) y el factor de translocación (FT). “El FBC se define como la relación de concentración del metal en la biomasa y el suelo, valores del FBC > 1 implican que la especie es acumuladora, FBC > 10 que la especie es hiperacumuladora. El FT es la relación de concentración de metal de la parte aérea a la raíz. Un FT > 1 indica que la planta se puede usar para fitoextracción, FT < 1 indica que la planta no trasloca de manera efectiva los metales a sus partes aéreas y tiene potencial para la fitoestabilización” (Alderete-Suarez *et al.*, 2019).

$$FT = \frac{CPb_{\text{parte aérea}}}{CPb_{\text{raíz}}} \quad (1)$$

$$FBC = \frac{CPb_{\text{biomasa}}}{CPb_{\text{suelo}}} \quad (2)$$

Donde CPb es la concentración de Pb en mg/kg.

Se realizó el tratamiento estadístico de los resultados empleando InfoStat 2008, aplicando

ANAVA, prueba de Tukey HSD (p-valor = 0,05), entre otros paquetes estadísticos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la caracterización y análisis del suelo del Parque Industrial Alto La Torre, muestran que se encuentra contaminado con Pb.

De las plantas ensayadas como fitorremediadoras, Espartillo y Vetiver toleran todas las concentraciones de Pb en suelo, mientras que Lemongrass no sobrevive a la concentración de 100%. En general, las plantas incrementaron su biomasa con el 25% de contaminación en maceta, y luego disminuye con el incremento de la misma. Las tres especies acumularon Pb en su biomasa, siendo esta acumulación mayor al aumentar la concentración de Pb en la maceta.

Tabla 1: Factores de Bioconcentración (FBC) y de Traslocación (FT) para las distintas concentraciones de Pb en maceta de las especies ensayadas.

Especie	% Pb en Maceta	FBC	FT
Espartillo	0%	0.02	0.51
Espartillo	25%	0.23	0.42
Espartillo	50%	0.35	0.22
Espartillo	100%	0.60	0.18
Lemongrass	0%	0.06	0.27
Lemongrass	25%	0.28	0.30
Lemongrass	50%	0.43	0.20
Lemongrass	100%	0.93*	0.70*
Vetiver	0%	0,01	0,45
Vetiver	25%	0,27	0.15
Vetiver	50%	0,32	0,15
Vetiver	100%	0,38	0,23

Todas las plantas presentaron mayor contenido del contaminante en las raíces que en la parte aérea, por lo que todos los FBC fueron menores a 1. Lemongrass presentó mayor capacidad de acumulación Pb del suelo (mayores valores de FBC), pero a su vez no toleró esta acumulación a contaminaciones en maceta del 100%. Así también, los FT fueron menores que 1, indicando que las plantas ensayadas no traslocan de manera efectiva el plomo a sus partes aéreas, por esto tendrían potencial sólo como fitoestabilizadoras. De las especies ensayadas, Espartillo y Vetiver serían las más aptas para ser empleadas para fitoestabilizar en el Pasivo Ambiental, ya que

Lemongrass no tolera la concentración de contaminante del mismo.

## CONCLUSIONES

El Parque Industrial “Alto La Torre” de Palpalá, Jujuy, se encuentra contaminado con Pb. Ésta sería una zona con potencialidad para la aplicación de técnicas de remediación sustentables, económicas y socialmente aceptadas, como la fitorremediación.

Todos los FBC y FT fueron menores a 1, por lo que se podría decir que las especies ensayadas no serían buenas fitoextractoras, sin embargo, Espartillo y Vetiver serían apta para fitoestabilizar el Pasivo Ambiental de Parque Industrial “Alto La Torre”.

## REFERENCIAS

Alderete-Suarez, B. M., Valles-Aragón, M. C., Canales-Reyes, S., Peralta-Pérez, M. R., & Orrantia-Borunda, E. (2019). Bioconcentración de Pb, Cd y As en biomasa de *Eleocharis macrostachya* (Cyperaceae). Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 35, 93-101. doi: 10.20937/RICA.2019.35.esp03.11

Banerjee, R., Goswami, P., Pathak, K., & Mukherjee, A. (2016). Vetiver grass: An environment clean-up tool for heavy metal contaminated iron ore mine-soil. Ecological Engineering, 90, 25-34. doi: 10.1016/j.ecoleng.2016.02.024

Belaire Cervantes, A. C., & Fantassi, B. J. (2017). Tratamiento de aguas contaminadas con plomo (II) mediante una técnica en continuo de bioadsorción en columna de corcho. Trabajo fin de grado de Ciencias ambientales, Universidad Autónoma de Barcelona, España.

Bruguera-Amarán, N., Gallardo-Martínez, D. & Díaz-Duque, J. A. (2020). Los pasivos ambientales: el cambio de paradigma conceptual desde el contexto de Cuba. Avances, 22(3), 469-490. ISSN 1562-3297.

Cuentas Alvarado, M., Velásquez Viza, O., Arizaca Avalos, A., & Huiza Mamani, F. (2019). Evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros en la comunidad de Condoraque – Puno. REV. MAMYM, 4(2).

Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. A., & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. Trop. subtrop. agroecosyt, 14(2).

Galeán, E., Buler, D., Saluzzo, L., Molina, A. C., & Viturro, C. I. (2015). Contenido mineral y citotoxicidad preliminar de *Mulinum ulicinum* de Jujuy. XV Simposio Latinoamericano y I Congreso Paraguayo de Farmacobotánica.

Higuera, P., & Oyarzun, R. (2006). Restauración y remediación III: Suelos y Aguas subterráneas. Curso de Minería y Medio Ambiente.

Ma, Y., Rajkumar, M., Zhang, C., & Freitas, H. (2016). Beneficial role of bacterial endophytes in heavy metal phytoremediation. Journal of Environmental Management, 174, 14-25. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.02.047

Nessner Kavamura, V., & Esposito, E. (2009). Biotechnological strategies applied to the decontamination of soils polluted with heavy metals. Biotechnology Advances, 28(1), 61-69. doi: 10.1016/j.biotechadv.2009.09.002

Núñez López, R. A., Meas Vong, Y., Ortega Borges, R., & Olguín, E. J. (2004). Fitorremediación: Fundamentos y aplicaciones.

Prieto Méndez, J., González Ramírez, C. A., Román Gutiérrez, A. D., & Prieto García, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 10(1), 29-44.

Rosset, V., Di Leo Lira, P., Elechosa, M., Juárez, M. A., Retta, D., Van Baren, C. M., Martínez, A. J., & Bandoni, A. (2018). Evaluación de un clon de espartillo, quimiotipo citral, *Elionurus muticus* Spreng.) Kuntze cultivado en INTA Castelar. VI Jornadas Nacionales de Plantas Aromáticas Nativas y Aceites Esenciales y II Jornadas Nacionales de Plantas Medicinales Nativas.

Saluzzo, L., Viturro, C. I., Alonso, M. S., & Otaiza, M. M. (2015). Fitorremediación de suelos de Jujuy contaminados con plomo empleando tres especies vegetales. CLICAP 2015, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

Saluzzo, L., Galeán, E., & Viturro, C. I. (2016). Aporte de nutrientes minerales y polifenoles de infusiones de *Mulinum ulicinum* y *Mulinum crassifolium*. Investigaciones de Facultades de Ingeniería del NOA, 18, 355-361.

Saluzzo, L., Viturro, C. I., Alonso, M. S., & Otaiza, M. (2015). Remediación de suelos contaminados con plomo empleando *Lolium perenne*. X Reunión Nacional Científico-Técnica

de Biología del Suelo y II Congreso Nacional de Biología Molecular de Suelos.

Saluzzo, L., Viturro, C. I., Alonso, M. S., & Otaiza, M. M. (2012). Fitorremediación de suelos de Jujuy contaminados con plomo empleando *Helianthus annuus*. Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 103, 86-88.

Sheoran, V., Sheoran, A. S., & Poonia, P. (2010). Role of hyperaccumulators in phytoextraction of metals from contaminated mining sites: A review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 41(2), 168-214. doi: 10.1080/10643380902718418.

Thangavel, P., Subhram, C. V. (2004). Phytoextraction – Role of hyper accumulators in metal contaminated soils. Proceedings of the Indian National Science Academy. Part B. 70 (1): 109-130.

Viturro, C. I., Molina, A. C., Campos, E., Molina, S. G., Villa, W. C., & Zampini, M. (2000). Análisis cromatográfico de lemongrass para distintos cortes, seguimiento de su comportamiento. IX Congreso Nacional de Recursos Naturales, Aromáticos y Medicinales.

## INDICE

<b>OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN POR ULTRASONIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE PITAYA ROJA (<i>HYLOCEREUS POLYRHIZUS</i>) USANDO METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA</b> Soruco, Juan & Maldonado, Silvina	7-13
<b>ENVASADO ACTIVO DE CARNE LLAMA (LAMA GLAMA) EN PELÍCULA DE ALGINATO DE SODIO CON EXTRACTO ANTIOXIDANTE DE MUTISIA FRIESIANA (ASTERACEAE)</b> Godoy, Mónica Daniela; Farfán, Norma; Grigioni, Gabriela	14-20
<b>ESTUDIO CRONOBIOLOGICO DE LA RELACION ENTRE AMBIENTE Y CALIDAD DE VIDA CON EL PERFIL ALTITUDINAL DE LAS CUATRO ECORREGIONES MACRO DE LA PROVINCIA DE JUJUY</b> González Poma, Emanuel C. & Hernández, Nancy E.	21-28
<b>ESTUDIO DEL ORIGEN BOTÁNICO, PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y EL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE MIELES DE JUJUY, CAMPAÑA 2022-2023</b> Colqui, Rafael; Ávila Carreras, Natalia; Sánchez, Ana	29-33
<b>ALMACENAMIENTO DE CARBONO DE LA BIOMASA FORESTAL EN EL CHACO SEMIÁRIDO DE JUJUY, ARGENTINA.</b> Humano, Cristian Ariel & Araujo, Publio	34-38
<b>EVALUANDO LA TÉCNICA DE OSTEOMETRÍA DE FALANGES DE CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS CON UNA MUESTRA DE REFERENCIA A ESCALA REGIONAL</b> Castagniaro, Nahuel Andrés; Moyano, Rocío S.; Zaburlín, María A.	39-44
<b>USO DE UN BIOINDICADOR ANALIZADO MEDIANTE UNA TÉCNICA NUCLEAR PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA DE UN SISTEMA AFECTADO POR ACTIVIDAD MINERA: EXPERIENCIA DE PASANTÍA EN EL CENTRO ATÓMICO BARILOCHE.</b> Zamar, María A.; De Paul, Marcela A.; Juncos, Romina; Ribeiro Guevara, Sergio; Gleiser, Raquel M.	45-50
<b>TRANSFORMANDO LA EDUCACIÓN EN GENÉTICA: CREACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE BOTS E INTERFACES CON IA EN LA FCA-UNJu</b> González Poma, Emanuel C. & Borsetti, Hugo M.	51-56
<b>APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS EN LA ENSEÑANZA DE BIOESTADÍSTICA Y DISEÑO EXPERIMENTAL</b> Humacata, Ivone & Guzmán, Vilma R.	57-61
<b>ENTORNOS HÍBRIDOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE COMO PROPUESTA PEDAGÓGICA EN LA CÁTEDRA INFORMÁTICA DE LA CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, SEDE SAN PEDRO (UNJU)</b> Molina, Mauricio Rodrigo Ezequiel & Guzmán, Vilma Roxana	62-67
<b>PRÁCTICAS DE GESTIÓN PEDAGÓGICA DEL EQUIPO DIRECTIVO Y SU RELACIÓN CON LAS POLÍTICAS DE INCLUSIÓN EDUCATIVA</b> Arancibia, Griselda del Valle & Guzmán, Vilma Roxana	68-72
<b>ENTRE EL DIAGNÓSTICO MÉDICO Y EL DIAGNÓSTICO PEDAGÓGICO: REFLEXIONES DESDE LAS AULAS DE NIVEL SECUNDARIO</b> Fernández Miranda, Micaela S. & Mamani, Fani Mercedes	73-78

<b>APUNTES SOBRE LA VIOLENCIA EN EL CAPITALISMO Y SUS VÍNCULOS CON EL RACISMO PARA PENSAR AMÉRICA LATINA</b>	<b>79-84</b>
Duran, Valeria	
<b>ANÁLISIS DE LA PARTICIPACIÓN JUVENIL EN LAS INSTANCIAS LEGISLATIVAS DEL PARLAMENTO DE LA JUVENTUD (2016 A 2022) EN LA CIUDAD DE SAN SALVADOR DE JUJUY, DENTRO DEL CONTEXTO DE PRÁCTICAS ADULTOCÉNTRICAS</b>	<b>85-93</b>
Cortez, Rubén Antonio & Ippolito O'Donnell, Gabriela	
<b>PARTICIPACIÓN DE MUJERES EN LAS COMISIONES DIRECTIVAS DE LOS CLUBES DE LA CIUDAD DE SAN SALVADOR DE JUJUY</b>	<b>94-98</b>
Carrizo, Cecilia del Valle & Yapura, Marina Antonella	
<b>OFELIA TRANSMEDIA: DE LA TRAGEDIA AL CINE Y A LA CIBERLITERATURA ESTUDIO COMPARATIVO FEMINISTA DEL PERSONAJE SHAKESPERIANO EN LA PELÍCULA OPHELIA (2018) Y EN EL VIDEOJUEGO ELSINORE (2019)</b>	<b>99-102</b>
Escudero, María Fernanda; Perassi, Lucas; Blanco, María Soledad	
<b>VULNERABILIDAD Y ESPACIOS DE PROTECCIÓN SOCIAL EN SAN SALVADOR DE JUJUY: REFLEXIONES E INTERPELACIONES DESDE LO FAMILIAR, CON PERSPECTIVA DE GÉNERO</b>	<b>103-108</b>
Fanucchi Avila, Gabriela Analía & Arrueta, Patricia Marisel	
<b>DESCOMPOSICIÓN ADAPTATIVA CON FUZZY LOGIC PARA PROBLEMAS RESTRINGIDOS A GRAN ESCALA</b>	<b>109-113</b>
Paz, Fabiola Patricia; Leguizamón, Guillermo; Mezura-Montes, Efrén	
<b>ESTUDIO DE LA DESTILACIÓN POR MEMBRANA COMO TECNOLOGÍA PARA EL PROCESAMIENTO DE LAS SALMUERAS RICAS EN LITIO</b>	<b>114-120</b>
Mirabal, Diego; Flexer, Victoria; Díaz Nieto, Cesar	
<b>CAPTURA DE CO<sub>2</sub> Y DESALINIZACIÓN DE SALMUERA MEDIANTE ELECTRÓLISIS DE MEMBRANAS OBTENIENDO Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> COMO SUBPRODUCTO</b>	<b>121-123</b>
Zeballos, Nadia Carla; Torres, Walter; Flexer, Victoria	
<b>ABSORCIÓN DE CO<sub>2</sub> COMO ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA LA REMOCIÓN DE Ca<sup>2+</sup> DE SALMUERAS NATIVAS RICAS EN LITIO</b>	<b>124-128</b>
Palacios, Camilo J.O.; Díaz Nieto, César H.; Flexer, Victoria	
<b>SIMILITUD ENTRE SERIES TEMPORALES CLIMÁTICAS OBTENIDAS EN SUPERFICIE Y GENERADAS POR MODELOS SATELITALES. ANÁLISIS NO PARAMÉTRICO PARA NUEVE ESTACIONES CLIMÁTICAS DEL NOROESTE ARGENTINO</b>	<b>129-134</b>
Solís, Juan Manuel & Ojeda, Silvia	
<b>EVALUACIÓN DE ACUMULACIÓN DE PLOMO EN <i>Elionurus muticus</i>, <i>Cymbopogon citratus</i> Y <i>Chrysopogon zizanioides</i> PARA LA FITORREMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS DEL PARQUE INDUSTRIAL ALTO LA TORRE</b>	<b>135-140</b>
Saluzzo, Luciana; De Paul, Marcela Alejandra; Viturro, Carmen Inés	

ISBN 978-987-3926-89-1



9 789873 926891