



### 3.1. Clarificar agua y fuente de alimento, una propuesta de servicios ecosistémicos del nopal para Argentina

**González-Maldonado Ma. Guadalupe<sup>1,\*</sup>**; Silos-Espino Héctor<sup>1</sup>; Torres-Ruiz Sandra M.<sup>1</sup>; Rigalli Alfredo<sup>2</sup>; Lupo Maela<sup>2</sup>; De Fazio-Seris Natalia<sup>2</sup>; Baron Carolina M.<sup>2</sup>; Luquez Mariel A.<sup>2</sup>; Ghione-Avram Ana E.<sup>2</sup>; Segura-Bernal Gerardo<sup>3</sup>; Torres-González Jorge A.<sup>3</sup> y Acero-Godínez Ma. Guadalupe<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Kilómetro 18 carretera Aguascalientes a San Luis Potosí, El Llano. C.P. 20330. Aguascalientes, México.

<sup>2</sup>Centro Universitario de Estudios Medioambientales (CUEM), Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Rosario. Santa Fe 3100. C.P. 2000. Rosario, Argentina.

<sup>3</sup>Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Posta Zootécnica C.P. 20920. Jesús María, Aguascalientes, México.

\*Autor para correspondencia: gpemaldonado2016@gmail.com

#### Resumen

México cuenta con nopaleras silvestres, de verdura, de tuna y de forraje que suman alrededor de 1.6 millones de hectáreas. Ellas tienen un gran potencial para captar CO<sub>2</sub>, además de que reducen las emisiones de este gas en suelos de baja fertilidad. Son muy variados los servicios ecosistémicos que se aprovechan del nopal (tuna): regula la calidad del aire, captura carbono en tierras agrícolas, es alimento para humanos y ganado debido a que fija CO<sub>2</sub> en la fase nocturna de su ciclo metabólico, transformándolo en carbohidratos y clarifica el agua turbia. Este último es un conocimiento ancestral transmitido por grupos originarios de zonas áridas y semiáridas. En contraste, en la Argentina los cultivos de nopal son escasos, destinándolos solamente como forraje. Con la expansión de este cultivo, los argentinos pudieran beneficiarse del nopal como una alternativa para remediar los suelos empobrecidos por el cultivo de la soja; integrarlo en su dieta, ya que además de ser un excelente alimento, tiene componentes benéficos para la salud; o bien, utilizarlo para clarificar fuentes de abastecimiento de agua. Hay comunidades en el Delta del río Paraná que no cuentan con servicio de potabilización del agua para consumo. El objetivo de este trabajo fue encontrar las mejores condiciones para clarificar el agua del río Paraná en su trayecto por Rosario, Argentina y el agua de la Presa San Antonio en Parras, Coahuila, México, empleando especies locales de nopal, realizando además el análisis de las propiedades nutricionales de dichas especies. Estos conocimientos pueden incrementar los argumentos para hacer extensivo el cultivo de nopal en Argentina.

**Palabras clave:** *coagulante natural; Río Paraná; Presa San Antonio; Brasilopuntia brasiliensis; Opuntia rastrera.*

#### Abstract

Mexico has different kinds of nopal patches: wild, for human consumption "nopalitos", fruit-producing (tuna) and those for animal consumption. They cover a total of around 1.6 million hectares. They have great potential to capture CO<sub>2</sub>, in addition to reducing emissions of this gas in low-fertility soils. The ecosystem services nopal provides are very varied (in Argentina, they call it "tuna"). It regulates air quality, captures carbon in agricultural lands and is food for humans and livestock. It sequesters CO<sub>2</sub> in the nocturnal phase of its metabolic cycle, transforming it into carbohydrates and other nutrients, and clarifies cloudy water. The latter is ancestral knowledge transmitted by ethnic groups that have inhabited

arid and semi-arid areas. In contrast, in Argentina, nopal crops are limited and are used only as forage. With the expansion of crops, Argentine people could benefit from the cactus as an alternative to remedy soils impoverished by soybean cultivation; integrate it into their diet, since in addition to being an excellent food, it has beneficial health or use it to clarify water supply sources. There are communities in the Paraná River Delta that do not have a water purification service for consumption. The objective of this work was to find the best conditions to clarify the water of the Paraná River on its way through Rosario, Argentina and the water of the San Antonio Dam in Parras, Coahuila, Mexico, using local species of nopales, also carrying out the analysis of the nutritional properties of these species. This knowledge may increase the arguments for expanding the cultivation of nopal in Argentina.

**Key words:** *natural coagulant; Río Paraná; Presa San Antonio; Brasilopuntia brasiliensis; Opuntia rastrera.*

## Introducción

El delta del Paraná se extiende por 300 km en Argentina, constituyendo un gran sistema de almacenamiento de agua dulce. Alrededor de 12 millones de personas lo habitan (WETLANDS-Argentina, 2019). Los sedimentos que arrastra el río dan un color marrón y un aspecto turbio al agua (Fundación Aquae, 2024). Los habitantes del Delta frecuentemente le agregan sulfato de aluminio, lo que representa riesgo para la salud, por las dificultades en su racionamiento (Tamashiro, 2019). En otro contexto, la Presa San Antonio se ubica en el ejido del mismo nombre, dentro del municipio de Parras de la Fuente, en el estado de Coahuila de Zaragoza, México. Es una zona de clima seco (Mendoza-Hernández, 2010; INEGI, 2011; CONAGUA, 2024). El agua es de color café claro y de aspecto turbio, por la gran cantidad de limo y arcilla. La población depende del agua almacenada en la presa para el riego de sus cultivos. Adicionalmente, la Región Hidrológica 36, Cuenca Nazas-Aguanaval, a la cual pertenece la Presa San Antonio, tiene acuíferos sobreexplotados, por lo que tener disponible un suministro de agua superficial de buena calidad para uso y consumo humano, representa una alternativa para el abastecimiento del recurso hídrico a las comunidades aledañas a la presa (INEGI-CONAGUA, 2007; Mendoza-Hernández, 2010; CONAGUA-UJED, 2014). El mucílago de nopal puede dar un servicio potabilizador de las aguas turbias ya que tiene la capacidad de remover colorantes y mantener el pH, entre otras. Sin embargo, estos trabajos se han realizado con mucílago extraído mediante técnicas que implican el uso de solventes químicos (Sandoval-Bautista, *et al.*, 2022; Terán-Sánchez, 2022). Adicional al servicio ecosistémico, el consumo de nopal genera efectos positivos a la salud debido a su contenido de fitoquímicos (Inglese *et al.*, 2018; Izuegbuna *et al.*, 2019; Ramzan y Saed, 2020). En México el nopal es ingrediente de platillos consumidos por la población y es una fuente de alimento para el ganado (SIAP, 2023). En contraste, el nopal en Argentina es una planta poco utilizada, existiendo solo escasas plantaciones de nopal forrajero en el noroeste de ese país (Infocampo, 2023, Mich, 2023). Este trabajo tiene el propósito de resaltar dos servicios ecosistémicos de abastecimiento que nos brinda el nopal: como fuente de alimento y como agente clarificador de agua, aprovechados en México y de importancia para Argentina, como argumento para proponer que se incrementen las plantaciones de nopal, siendo un cultivo que tiene gran potencial de reducir emisiones de CO<sub>2</sub> en suelos con baja fertilidad.

## Materiales y Métodos

Se tomaron muestras de agua del Río Paraná en tres puntos de su trayecto por la ciudad de Rosario, Provincia de Santa Fe, Argentina en el mes de noviembre de 2023. Las muestras se obtuvieron Rambla Catalunya lat:  $-32^{\circ}53'19''$ , long:  $-60^{\circ}41'9''$ ; Paseo del Caminante lat:  $-32^{\circ}52'38''$ , long:  $-60^{\circ}41'15''$  y la Estación Fluvial lat:  $-32^{\circ}56'56''$ , long:  $-60^{\circ}37'36''$ . Para realizar las pruebas de jarras se emplearon nopales de la especie *Brasilopuntia brasiliensis* y nopales de *Opuntia ficus-indica*. En las muestras de agua se midió pH, color, turbidez, conductividad eléctrica (Gutiérrez-Medina, 2024) y sólidos disueltos totales, antes y después del tratamiento con pulpa de nopal en base húmeda. Los análisis se realizaron en el Centro Universitario de Estudios Medioambientales (CUEM) de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina. Se emplearon técnicas puestas a punto en el CUEM (Rigalli, 2021) de acuerdo con las “Guías para la calidad del agua potable” emitidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018), la Ley Nacional 18284 (CAA, 1969), y ley 11220 (LP Santa Fe, 1994) y la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Límites permisibles de la calidad del agua (NOM 127, 2021). El proceso de la pulpa de nopal consistió en eliminar las espinas y la piel de cladodios mayores a un año (pencas). La pulpa se cortó de manera manual en cubos de 0.5 cm. Se realizaron pruebas de jarras a razón de 1, 2, 4, 8 y 16 g de pulpa por litro de agua. Se realizaron tres réplicas de cada tratamiento. Se determinó la mínima cantidad para clarificar el agua, el tiempo de agitación y de reposo óptimo para obtener la clarificación. Las pruebas se realizaron a temperatura ambiente de 22 a 30°C. El tratamiento del agua de la Presa San Antonio se realizó en el mes de marzo de 2024, con el nopal *Opuntia rastrera*, especie silvestre de la región sur del municipio de Parras de la Fuente, Coahuila, México. Los cladodios se obtuvieron de zonas pertenecientes al Ejido Presa San Antonio. Se midieron los mismos parámetros que para el agua del Paraná. Se realizó el análisis químico proximal de las 3 especies de nopal, en el Laboratorio de Nutrición Animal del Centro de Ciencias Agropecuarias (La Posta Zootécnica) de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), determinando humedad, materia seca, proteína cruda, fibra cruda, grasa cruda, cenizas, extracto libre de nitrógeno. En *Opuntia rastrera* se agregó la cuantificación de fibra detergente neutra y fibra detergente ácida. El análisis se realizó de acuerdo con los métodos oficiales de la AOAC Internacional, en los cuales se indica que las mediciones deben hacerse por duplicado (AOAC, 2019).

## Resultados y Discusión

Determinación del tiempo de agitación: la formación de flóculos fue inmediata, a los 5 min de agitación (40 rpm) se formaron flóculos de mayor tamaño y a los 15 min, ya estaban en el fondo del recipiente, junto con los trozos de nopal. Entonces el agua, ya transparente, estaba lista para decantarse. El comportamiento fue similar para las tres especies de nopal. En el Cuadro 1 se muestran los análisis realizados).

**Cuadro 1. Prueba de Jarras con agua del río Paraná empleando *Brasilopuntia Brasiliensis* y *Opuntia ficus indica* como coagulante**

ID	Nopal (g L <sup>-1</sup> )	pH	CE (μS.cm <sup>-1</sup> )	SDT (ppm)	Densidad (g mL <sup>-1</sup> )	Sabor	Apariencia
Agua Cruda	0	8.25 ± 0.03	100 ± 25	60 ± 14	0.998 ± 0.003	no se probó	lechosa
1	1	7.49 ± 0.04	110 ± 14	85 ± 12	1.004 ± 0.003	insípida	líquida
2	2	7.02 ± 0.02	110 ± 08	81 ± 10	1.000 ± 0.002	insípida	líquida
3	4	7.00 ± 0.04	108 ± 16	89 ± 07	0.998 ± 0.003	insípida	líquida
4	8	7.04 ± 0.04	110 ± 23	93 ± 15	0.994 ± 0.004	clorofila suave	poco viscosa
5	16	6.97 ± 0.02	107 ± 19	99 ± 17	1.004 ± 0.006	clorofila intenso	muy viscosa

ID: identificación de la solución, CE: conductividad eléctrica, SDT: Sólidos disueltos totales. Los resultados son promedios de cuatro mediciones con su Desviación Estándar, dos de ellas con *Brasilopuntia brasiliensis* y otras dos empleando *Opuntia ficus-indica*. Se identificó como Agua Cruda del río Paraná a la mezcla de agua obtenida de los tres puntos de muestreo.

Cuando se agregaron 2 gramos de nopal a un litro de agua se obtuvo un agua con características fisicoquímicas que se encontraron dentro de las normas que establece la OMS. Las aguas tratadas con nopal fueron inodoras a partir de  $1 \text{ g L}^{-1}$  e incoloras para 2 y  $4 \text{ g L}^{-1}$ . En cuanto a los SDT, los valores fueron incrementando conforme se aumentó la cantidad de nopal, aunque el agua se mostraba transparente. Si bien la pulpa de nopal aglutinó los sólidos presentes en el agua cruda para ser retirados, los carbohidratos que componen al mucílago del nopal pudieron haberse disuelto en el agua. Se identificó que, a los 8 y  $16 \text{ g L}^{-1}$  de nopal, se modificaron las características del agua, haciéndola viscosa e imprimiendo un sabor a clorofila agradable al gusto. Se observó que la especie *Brasilopuntia brasiliensis* da origen a que el agua adquiera una tonalidad verde clara, cuando se agregan dichas cantidades de pulpa de nopal. En el Cuadro 2 se muestran los resultados de las Pruebas de Jarras realizadas con agua de la Presa San Antonio y empleando como coagulante el nopal rastrero (*Opuntia rastrera*).

**Cuadro 2. Prueba de Jarras con agua de la Presa San Antonio empleando el nopal *Opuntia rastrera* como coagulante.**

ID	Nopal ( $\text{g L}^{-1}$ )	pH	CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	SDT (ppm)	Densidad ( $\text{g mL}^{-1}$ )	Sabor	Apariencia
Agua Cruda	0	$8.14 \pm 0.2$	$430 \pm 5.0$	$470 \pm 5.0$	$0.977 \pm 0.03$	No se probó	lechosa
1	1	$7.74 \pm 0.3$	$410 \pm 2.0$	$430 \pm 8.0$	$0.989 \pm 0.02$	insípida	líquida
2	2	$7.71 \pm 0.5$	$400 \pm 3.0$	$370 \pm 7.0$	$0.984 \pm 0.03$	insípida	líquida
3	4	$7.70 \pm 0.6$	$440 \pm 15.0$	$390 \pm 6.0$	$0.992 \pm 0.03$	insípida	líquida
4	6	$7.73 \pm 0.3$	$420 \pm 7.0$	$400 \pm 11.0$	$1.000 \pm 0.02$	clorofila suave	líquida
5	8	$7.69 \pm 0.5$	$390 \pm 5.0$	$420 \pm 7.0$	$0.998 \pm 0.04$	clorofila suave	poco viscosa

ID: identificación de la solución, CE: conductividad eléctrica, SDT: Sólidos disueltos totales. Los resultados son promedios de dos mediciones con su Desviación Estándar.

La cantidad mínima de pulpa de nopal que clarificó el agua de la Presa San Antonio fue  $2 \text{ g L}^{-1}$ . Las mediciones realizadas en este tratamiento estuvieron dentro de las normas establecidas por la OMS (2018) para agua potable. Las aguas tratadas con nopal fueron inodoras partir de  $1 \text{ g L}^{-1}$  e incoloras a partir de  $2 \text{ g L}^{-1}$ . Se presentó dificultad para filtrar el agua tratada con  $8 \text{ g L}^{-1}$  debido a su viscosidad.

Comparando los valores de turbidez del agua cruda con el agua tratada con nopal a  $2 \text{ g L}^{-1}$ , se observó que este parámetro hace más evidente la eficiencia del nopal en la clarificación del agua (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Turbidez y Color Verdadero del agua, antes y después de ser tratada con pulpa de nopal a  $2 \text{ g L}^{-1}$ .**

Sitios de muestreo	Turbidez (NTU)		Color (UCV)		Remoción de
	Agua Cruda	Agua+Nopal	Agua Cruda	Agua+Nopal	Turbidez (% de NTU)
Rambla Catalunya. Argentina	$17.92 \pm 0.04$	$0.32 \pm 0.055$	10	10	98
Costa Alta. Argentina	$20.65 \pm 0.27$	$0.37 \pm 0.028$	10	10	98
Estación Fluvial. Argentina	$20.44 \pm 2.16$	$0.43 \pm 0.063$	10	10	89
Presa San Antonio. México	$33.30 \pm 0.09$	$4.00 \pm 0.030$	12	12	88
°Norma OMS	5	--	15	--	
°Código Alimentario Argentino	3	--	5	--	
°Norma Oficial Mexicana: NOM-127-SSA1-2021	4	--	15	--	

UCV: Unidades de Color Verdadero. Los valores son el promedio de las determinaciones realizadas por duplicado más su desviación estándar. °Valor de referencia: es la concentración o medida de un componente que no ocasiona un riesgo para la salud superior al tolerable cuando se consume durante toda una vida (OMS, 2018).

En el Cuadro 3 se muestra como los valores de turbidez disminuyeron cuando el agua cruda fue tratada con pulpa de nopal a  $2 \text{ g L}^{-1}$ . Se obtuvo una remoción de turbidez desde el 88% hasta el 98%, a diferencia de estudios realizados con mucílago de nopal en gel extraído con etanol, con el cual se obtuvo

el 60% (Carhuas-Rojas, 2023) o con harina de nopal 79% en la remoción de la turbidez (Vargas-Rodríguez *et al.*, 2016; Terán-Sánchez, 2022). La turbidez visible reduce la aceptabilidad del agua potable, puede indicar la presencia de contaminantes químicos y microbianos peligrosos y los consumidores asocian la turbidez con su seguridad para beber (OMS, 2022). Por otra parte, no se encontró diferencia en el color, medido antes y después del tratamiento con nopal, ya que la técnica establece hacer un filtrado de las muestras. El agua de uso doméstico tiene como parámetro de aceptación la de ser incolora. Las aguas superficiales pueden estar coloridas debido a la presencia de hierro y manganeso, humus, materia orgánica y contaminantes domésticos e industriales. El color que en el agua produce la materia suspendida y disuelta, se le denomina "Color aparente", una vez eliminado el material suspendido, al color remanente se le conoce como "Color verdadero", siendo este último el que se mide en la determinación. Se consideran aceptables, niveles debajo de 15 UCV. En general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación (OMS, 2018). Las características nutricionales de las tres especies de nopal empleadas en el presente trabajo se presentan en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Propiedades nutricionales de especies de nopal crecidas en Argentina (*Opuntia ficus-indica* y *Brasilopuntia brasiliensis*) y en México (*Opuntia rastrera*).**

Especie de nopal Tipo de análisis	<i>Opuntia ficus-indica</i>		<i>Brasilopuntia brasiliensis</i>		<i>Opuntia rastrera</i>	
	*BTC	**BMS	BTC	BMS	BTC	BMS
Humedad (%)	81.25	---	76.93	---	87.83	---
Materia Seca (%)	18.75	100	23.07	100	12.17	100
Proteína cruda (%)	2.86	15.28	3.26	14.14	0.49	4.05
Fibra Cruda (%)	3.44	18.38	4.54	19.82	1.93	15.88
Grasa cruda (%)	1.32	7.04	1.74	7.56	0.66	5.45
Cenizas (%)	4.90	26.14	6.96	30.20	4.46	36.72
ELN (%)	6.23	33.16	6.57	28.28	4.63	37.90
<sup>β</sup> FDN (%)					2.19	18.07
<sup>γ</sup> FDA (%)					0.59	4.90

\*BTC: Base Tal Cual o Base Húmeda, \*\*BMS: Base Materia Seca, <sup>α</sup>ELN: Extracto Libre de Nitrógeno, <sup>β</sup>Fibra Detergente Neutra: es la porción compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina. <sup>γ</sup>Fibra Detergente Ácida: contenido de celulosa y lignina.

El nopal de Brasil (*Brasilopuntia brasiliensis*) fue la especie con un porcentaje de proteína mayor en base húmeda, así también mostró un contenido importante de fibra cruda y de grasa cruda. El porcentaje de cenizas representa el contenido de minerales, el cual fue mayor en esta especie que en las otras dos especies de nopal analizadas. El Extracto Libre de Nitrógeno corresponde al porcentaje de carbohidratos contenidos, el cual también fue mayor con respecto al nopal común y al nopal rastrero. Los principales carbohidratos que conforman el mucílago del nopal son arabinosa 44.04%, xilosa 22.13%, galactosa 20.43%, ramnosa 7.02% y ácido galacturónico 6.38% (Medina-Torres *et al.*, 2000). Es importante mencionar que las especies de nopal empleadas fueron aquellas adaptadas a las condiciones climáticas de cada región. Así se puede tener una idea de los cultivos que pueden prosperar al hacerlos de manera extensiva. Uno de los vegetales más consumidos en Argentina es el Tomate (Alimentos argentinos, 2018). Sus características nutricionales en base húmeda son las siguientes: 94% de humedad, 1.0% de proteína, 1.40% de fibra, 0.11% de grasa y 3.5% de carbohidratos. Si se comparan los valores del tomate con aquéllos de las especies estudiadas de nopal, se puede observar claramente que el nopal tiene ventaja. Se debe considerar además que el nopal tiene efectos benéficos para la salud como antiinflamatorio, cicatrizante, antiviral, acción reductora de colesterol, anticáncer, protector del ADN, antígenotóxico, neuroprotector, hepatoprotector, hipoglucemiante, antiulcerogénico, antihiperlipidémico y antiobesidad (Torres-Ponce *et al.*, 2015, Inglese *et al.*, 2018).

## Conclusiones

Bajo condiciones de tiempo de agitación media de 40 rpm durante 10 min, tiempo de sedimentación de 15 min y de pulpa fresca de nopal 2 g L<sup>-1</sup> de agua, se pudo clarificar el agua de la Presa San Antonio en México y el agua del Río Paraná. Los hallazgos anteriores se pueden proponer para clarificar fuentes de agua no tratada y así satisfacer una necesidad crítica en comunidades del Delta del río Paraná que carecen de servicios de potabilización del agua. El agua resultante del tratamiento se encuentra dentro de las normas establecidas por la OMS en cuanto a conductividad, pH, SDT, turbidez y color.

Si bien en México ya se utilizan las especies locales de nopal como alimento y como agente coagulante para clarificar agua superficial, es necesario hacer extensivos estos conocimientos, sobre todo a comunidades rurales donde hay escasez de agua de lluvia y las fuentes de nutrientes son limitadas.

Los servicios ecosistémicos que brinda el nopal como agente clarificante de agua y fuente de alimento pueden fortalecer la propuesta de incrementar las zonas de cultivo de nopal en Argentina, ya que los agroecosistemas de nopal tienen el mismo potencial de captura de CO<sub>2</sub> que los bosques de pino y encino. Es decir, se propone el cultivo del nopal para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en suelos con baja fertilidad.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACyT), al Centro Universitario de Estudios Medioambientales, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Argentina. Al Instituto Tecnológico El Llano, El Llano, Aguascalientes, México. Al Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Jesús María, Aguascalientes, México. Al personal del Laboratorio de Investigación-Análisis de Aguas Industriales del Instituto Tecnológico de Aguascalientes. Aguascalientes, Aguascalientes, México.

## Literatura citada

- Alimentos Argentinos. 2018. Secretaría de alimentos y bioeconomía. Subsecretaría de alimentos y bebidas. Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación. 73:84 p. [https://alimentosargentinos.magyp.gov.ar/HomeAlimentos/difusion-y-publicaciones/Revistas/AA\\_73.pdf](https://alimentosargentinos.magyp.gov.ar/HomeAlimentos/difusion-y-publicaciones/Revistas/AA_73.pdf) (Consulta: julio 13, 2024).
- AOAC (Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International). 2019. 21<sup>st</sup> Edition. AOAC, Washington DC. ISBN 0-935584-89-7. 700 p.
- Rigalli Alfredo, 2021. Libro digital, PDF Archivo Digital: descarga ISBN 978-987-88-0853-6 1. Agua Potable. 2. Medio Ambiente Acuático. 3. Técnicas de Laboratorio. I. Badín, Julieta. CDD 663.61. 431 p.
- CAA (Código Alimentario Argentino). 1969. Ley Nacional 18.284 del Código alimentario argentino. Normas para la producción, elaboración y circulación de alimentos de consumo humano en todo el país. Poder ejecutivo nacional (P.E.N.) 1969-07-28. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-18284-21841>.
- Carhuas-Rojas, K. G. 2023. Aplicación del mucílago de nopal en la remoción de turbidez en aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos en la provincia de Huancayo 2020. Tesis de Licenciatura. Universidad Continental. Huancayo, Lima, Perú. 144 p.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024. Calidad del Agua en México. Blog de la Comisión Nacional del Agua. México. <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua> (Consulta: julio 06, 2024).
- CONAGUA-UJED (Comisión nacional del agua y la Universidad Juárez del estado de Durango). 2014. Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía (PMPMS) en el consejo de cuenca Nazas-Aguanaval. Torreón, Coahuila. 129 p.
- Fundación Aqueae. 2024. Características generales del río Paraná. <https://www.fundacionaqueae.org/wiki/rio-parana/#:~:text=Caracter%3%ADsticas%20generales%20del%20R%C3%ADo%20Paran%C3%A1&text> (Consulta: junio 28, 2024).
- Gutiérrez-Medina C. 2024. Conductimetría, fundamentos y metodologías. Centro Universitario de Estudios Medioambientales (CUEM). Facultad de Ciencias Médicas. Universidad Nacional de Rosario (UNR). <https://rephip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/420cb67b-2e55-47e0-a60b-adf2201e4467/content> (Consulta: junio 30, 2024).

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2011. Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2011. México. <https://beta.cuentame.inegi.org.mx/descubre/geografia/climas/> (Consultado: julio 12, 2024).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática)-CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2007. Atlas del Agua. Regiones hidrológicas administrativas. México. 26 p. [https://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador/enlace/atlas2010/atlas\\_agua.pdf](https://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador/enlace/atlas2010/atlas_agua.pdf) (Consultado junio 30, 2024).
- Izuegbuna O, G. Otunola y G. Bradley. 2019. Chemical composition, antioxidant, anti-inflammatory, and cytotoxic activities of *Opuntia stricta* cladodes. PLoS One 14(1): e0209682. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209682>. PMID: 30695064; PMCID: PMC6350967.
- LP Santa FE (Ley Provincial Santa Fe). 1994. Ley provincial N° 11 220. Prestación y regulación de servicios sanitarios. Transformación del sector público de agua potable, desagües cloacales y saneamiento. Boletín oficial 12 de diciembre de 1994. <https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/>.
- Mendoza-Hernández J. M. 2010. Escenarios Climáticos para Coahuila. Descripción de las proyecciones climáticas: 2020, 2050 y 2080 del clima de Coahuila por los modelos PRECIS, ECHAMPS y GFDL. Depto. de Agrometeorología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 125 p.
- Mich, L. 2023. Tuna: el cultivo multipropósito que busca su norte en Argentina. infocampo. Argentina. <https://www.infocampo.com.ar/tuna-el-cultivo-multiproposito-que-busca-su-norte-en-argentina> (Consulta: junio 27, 2023).
- NOM 127 (Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021). 2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Diario Oficial de la Federación 02/05/2022. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0).
- OMS. 2018. Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda [Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum]. Ginebra. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 636 p.
- OMS. 2022. Desarrollo de reglamentos y normas de calidad del agua de consumo humano: orientación general con especial atención a los países con recursos limitados [Developing drinking-water quality regulations and standards: general guidance with a special focus on countries with limited resources]. Ginebra: Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 69 p.
- Ramzan, S and M. Saeed. 2020. *Opuntia ficus-indica* as Nutritious Food Ingredient; Prevalence for Therapeutic Speciality. RADS. Journal of Biological Research and Applied Sciences.11(2):144-153.
- Sandoval-Bautista A., K. X. Ávalos-García, A. M. Llamas-Cervera, F. M. Vázquez-Domínguez, D. G. Hernández-Guerrero, N. E. Pacheco-Guerra, Y. M. Morales-Padilla. 2022. Uso del mucílago del nopal en el tratamiento de aguas para su potabilización. XXVII Verano de la Ciencia. Vol. 16. ISSN 2395-9797. [www.jovenesenlicencia.ugto.mx](http://www.jovenesenlicencia.ugto.mx). 9 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2023. ¡Y el nopal ingresó en la dieta simbólica y real de los mexicanos! Cifras y datos sobre esta ancestral planta. México. <https://www.gob.mx/siap/articulos/y-el-nopal-ingreso-en-la-dieta-simbolica-y-real-de-los-mexicanos> (Consulta: julio 02, 2024).
- Tamashiro, S. 2019. Delta del Paraná: los tratamientos caseros no potabilizan el agua. Revista Sobre la Tierra (SLT), Facultad de Agronomía de Buenos Aires (UBA). Av. San Martín 4453 (1417), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. <http://sobrelatierra.agro.uba.ar> (Consulta: junio 10, 2024).
- Terán-Sánchez, J. L. 2022. Evaluación de la eficiencia del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para la disminución de la turbidez del río carrizal en época lluviosa. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí, Manuel Félix López. Calceta, Ecuador. 75 p.
- Vargas-Rodríguez, L., G. Arroyo-Figueroa, C. H. Herrera-Méndez, A. Pérez-Nieto, M. I. García-Vieyra y J. R. Rodríguez-Núñez, J. 2016. Propiedades físicas del mucílago de nopal. Acta Universitaria. 26(NE-1):8-11. DOI: 10.15174/ au.2016.839.
- WETLANDS International Argentina, Fundación Humedales. 2019. El Delta del Paraná. [https://lac.wetlands.org/wp-content/uploads/sites/2/dlm\\_uploads/2019/04/El-Delta-del-Parana.pdf](https://lac.wetlands.org/wp-content/uploads/sites/2/dlm_uploads/2019/04/El-Delta-del-Parana.pdf) (Consulta: julio 01, 2024).