

Contaminación textil en la cuenca del Alto Atoyac: retos ambientales y estrategias de gestión hídrica

La cuenca del Alto Atoyac abarca aproximadamente 4,000 km² dentro de la cuenca alta del río Balsas, en los estados de Puebla y Tlaxcala (CONAHCYT, 2023). Sus principales ríos, el Atoyac, el Zahuapan y el Alseseca, atraviesan una zona densamente poblada de México que comprende 69 municipios y alberga a más de 3.9 millones de personas. Estos ríos sustentan diversas actividades humanas, incluyendo la agricultura, la industria, el desarrollo urbano y la recreación. Debido a un crecimiento demográfico no planificado y a una rápida industrialización iniciada en la década de los 60's, que se sumó a la industria textil ya presente en la región, la calidad del agua del río Atoyac se ha deteriorado gravemente, convirtiéndolo en uno de los ríos más contaminado del país (Mora et al., 2021).

La contaminación en la cuenca del Alto Atoyac no solo ha causado el deterioro ambiental en la zona, sino que ha incrementado el riesgo a la salud de la población aledaña al río. En los últimos años, la exposición de la población aledaña a la zona del río Atoyac a contaminantes tóxicos de las industrias asentadas en el territorio se ha relacionado con enfermedades gastrointestinales, renales crónicas y niveles elevados de biomarcadores de cáncer en estas comunidades (CONAHCYT, 2023; Rodríguez-Tapia et al., 2017). Esta situación ha motivado la intervención de organizaciones de derechos humanos (CNDH, Recomendación 10/2017), la declaración oficial del área como Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA) por el gobierno federal mexicano, y la implementación de normativas ambientales más estrictas que los estándares nacionales (SEMARNAT, 2011).

El Informe Estratégico CONAHCYT (2023) documenta la existencia de una correlación espacial directa entre las tasas altas de enfermedad renal crónica y mortalidad por leucemia infantil, y el desarrollo industrial y agroindustrial en la zona, asociados a décadas de vertidos químicos y al uso agrícola intensivo de plaguicidas. Esta asociación se atribuye a que la cuenca concentra una mezcla multisectorial de químicos provenientes de las industrias con mayores emisiones de contaminantes (automotriz, eléctrica, química, textil) y la escorrentía agroquímica, incluyendo metales pesados, metaloides, químicos orgánico-sintéticos, y plaguicidas, entre otros (CONAHCYT, 2023).

Tipos de industria actual en la cuenca del Alto Atoyac

De acuerdo con los establecimientos registrados en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) (INEGI, 2026a, 2026b), se identificaron 26,728 establecimientos manufactureros dentro del área de la cuenca del Alto Atoyac correspondiente a Puebla y Tlaxcala. De este total, 14,522 establecimientos (54.33 %) se localizaron en el estado de Puebla y 12,206 (45.67 %) en Tlaxcala. Sin embargo, debe considerarse que el DENUE no incluye las unidades económicas que realizan sus actividades de manera no regular ni aquellas que operan en locales desmontables que se retiran diariamente (INEGI, 2026c).

La clasificación de las actividades económicas de los establecimientos del DENUE se realiza mediante el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) para la generación y presentación de estadísticas económicas en el marco del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG) (INEGI, 2026c).

Las industrias manufactureras identificadas en la Cuenca del Alto Atoyac se presentan en la Tabla 1. El subsector con mayor presencia fue la industria alimentaria con 9,925 establecimientos representando el 37.13 % del total. Le siguieron la fabricación de prendas de vestir con 3,822 establecimientos equivalente al 14.30 %; la fabricación de productos metálicos con 3,057 (11.44 %); y la fabricación de productos a base de minerales no metálicos con 2,572 establecimientos (9.62 %).

También en la Tabla 1, se muestra la presencia de la industria de la madera equivalente al 4.95 %, la industria de las bebidas y del tabaco con un 4.73 %, la impresión e industrias conexas con un 3.70 %, la fabricación de muebles, colchones y persianas con el 3.36 %. En conjunto, estos resultados muestran la diversidad de actividades manufactureras presentes en la cuenca y permiten dimensionar la importancia relativa de cada subsector dentro de la cuenca.

Tabla 1. Distribución de la industria manufacturera dentro la cuenca del Alto Atoyac

SCIAN	Subsector manufacturero	No establecimientos
311	Industria alimentaria	9925
315	Fabricación de prendas de vestir	3822
332	Fabricación de productos metálicos	3057
327	Productos a base de minerales no metálicos	2572
321	Industria de la madera	1323
312	Industria de las bebidas y del tabaco	1264
323	Impresión e industrias conexas	989
337	Fabricación de muebles, colchones y persianas	897

314	Productos textiles, excepto prendas de vestir	666
339	Otras industrias manufactureras	618
313	Insumos textiles y acabado de textiles	404

Fuente: Elaboración propia a partir del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (INEGI 2026a, 2026b), mediante selección y delimitación espacial de los establecimientos en QGIS.

La diversidad y concentración de actividades industriales en la cuenca del Alto Atoyac han favorecido el desarrollo económico de la región; no obstante, este proceso también ha generado importantes presiones ambientales y sanitarias, especialmente debido a las emisiones provenientes de sectores industriales como el automotriz, eléctrico, químico y textil (CONAHCYT, 2023).

La industria textil y las distintas actividades de la industria

Durante el siglo XIX, las primeras fábricas textiles se instalaron a lo largo del río Atoyac para aprovechar sus aguas con fines industriales, consolidándose posteriormente como complejos fabriles y núcleos de comunidades obreras (González, 2012).

Actualmente, se identificaron 4,892 establecimientos pertenecientes a la industria textil y de confección dentro del área delimitada de la cuenca del Alto Atoyac. Como se muestra en la Tabla 2, Tlaxcala concentró la mayor proporción de estos establecimientos, con 2,726 (55.72 %), mientras que Puebla registró 2,166 (44.28 %).

Tabla 2. Distribución de los establecimientos de la industria textil y de confección identificados en la cuenca del Alto Atoyac.

SCIAN	Actividad	Puebla	Tlaxcala	Total
313	Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	194	210	404
314	Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	276	390	666
315	Fabricación de prendas de vestir	1,696	2,126	3,822
Total		2,166	2,726	4,892

Fuente: Elaboración propia a partir del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (INEGI 2026a, 2026b).

La mayor parte de los establecimientos presentados en la tabla anterior correspondió a la fabricación de prendas de vestir (Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, SCIAN 315) con 3,822 unidades, equivalente al 78.13 % del total de la cadena textil identificada. Posteriormente la fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir (SCIAN 314) con 666 establecimientos (13.61 %), y la fabricación de insumos textiles y acabado de textiles (SCIAN 313) con 404 (8.26 %). Aunque este último subsector presenta un menor número de establecimientos, resulta de especial interés debido a que incluye actividades asociadas con el procesamiento y acabado de materiales textiles. Sin embargo, es necesario considerar que en la región de la cuenca del Alto Atoyac, también existen talleres domiciliarios que el DENU no captura y que tiene una contribución importante en cuestión de los volúmenes de aguas residuales generadas (Román, 2016; Estrada Rivera, 2018)

Anualmente la industria textil utiliza entre 79 y 93 billones de m³ de agua dulce (Tam, 2026), produciendo cantidades equivalentes de aguas residuales. Estos efluentes pueden contener sales minerales, aceites, metales, complejos metálicos, colorantes y otros compuestos de baja biodegradabilidad, por lo que su descarga sin un tratamiento adecuado puede representar un riesgo para los ecosistemas receptores (Thombre et al., 2025).

Contaminantes en la industria textil

Durante la fabricación textil, el agua se transforma en un cóctel químico complejo contaminante (Kishor et al., 2021; Rofi & Rahman, 2025), dentro del cual destacan diversos colorantes sintéticos, tales como los azoicos, diseñados para ser altamente resistentes a la luz, al lavado y a la degradación microbiana (Kishor et al., 2021; Rofi & Rahman, 2025). A estos colorantes se suman metales pesados de alta toxicidad como plomo, cromo, cadmio, mercurio, níquel y arsénico, empleados frecuentemente en pigmentos y sustancias fijadoras (Kishor et al., 2021; Rofi & Rahman, 2025). Asimismo, el agua residual transporta sustancias químicas auxiliares como formaldehído, ftalatos, disolventes volátiles, tensoactivos (como los etoxilatos de nonilfenol) y sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS), acompañados de elevadas cargas de sales disueltas, carga orgánica (medida como demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO)), sólidos disueltos totales (SDT) y sólidos en suspensión totales (SST) (Kishor et al., 2021; Rofi & Rahman, 2025). Finalmente, los procesos de fabricación textil también contribuyen con la constante liberación de microplásticos y microfibras sintéticas durante las distintas etapas del procesamiento textil (Rofi & Rahman, 2025; Valeika, 2026).

Al verterse las aguas residuales de la industria textil sin un tratamiento adecuado, estas aguas provocan graves estragos en el entorno natural (Kishor et al., 2021; Rofi & Rahman, 2025). La intensa coloración del efluente bloquea el paso de la luz solar en ríos y arroyos, deteniendo la fotosíntesis de las plantas acuáticas, limitando el oxígeno. De igual manera, la oxidación de la materia orgánica consume el oxígeno disuelto. Ambos procesos generan condiciones de anoxia que asfixian a la fauna acuática (Kishor et al., 2021; Rofi & Rahman, 2025). Además, tanto las sustancias químicas sintéticas persistentes como las microfibras plásticas se acumulan en los tejidos de los seres vivos y se desplazan a lo largo de la cadena alimentaria (Kishor et al., 2021; Rofi & Rahman, 2025).

Para la población, el contacto directo o el consumo de agua y alimentos contaminados con residuos textiles representa una seria amenaza debido a sus efectos citotóxicos, genotóxicos, mutagénicos y carcinogénicos (Kishor et al., 2021; Rofi & Rahman, 2025). Asimismo, otros químicos como los compuestos perfluorados (PFAS), actúan como disruptores endocrinos, alterando el equilibrio hormonal y afectando la fertilidad y el desarrollo (Kishor et al., 2021). Por último, la exposición continua a metales pesados y disolventes tóxicos provoca daños crónicos en los riñones, el hígado, el sistema nervioso central y el sistema cardiovascular, además de desencadenar graves afecciones respiratorias y dermatitis (Kishor et al., 2021; Rofi & Rahman, 2025).

Posibles acciones para disminuir la contaminación

Para poder mitigar el daño al ecosistema de la cuenca del Atoyac se necesita un enfoque que combine la optimización en los procesos de producción y la implementación de tecnologías para el tratamiento de los efluentes provenientes de la industria textil. Para ello, es necesario integrar métodos físicos, químicos y biológicos, ya que ninguna técnica es suficiente por sí sola (Islam et al., 2025)

Estrategias en el proceso

Para que el proceso de tratamiento sea efectivo, es necesario comenzar desde la línea de producción. Si se minimiza la carga de contaminante y el volumen del efluente generado durante el proceso, es posible mejorar la sustentabilidad de estos procesos industriales. El proceso textil consta de varias etapas donde cada una utiliza químicos que dejan una variedad distinta de contaminantes (ver Figura 1).

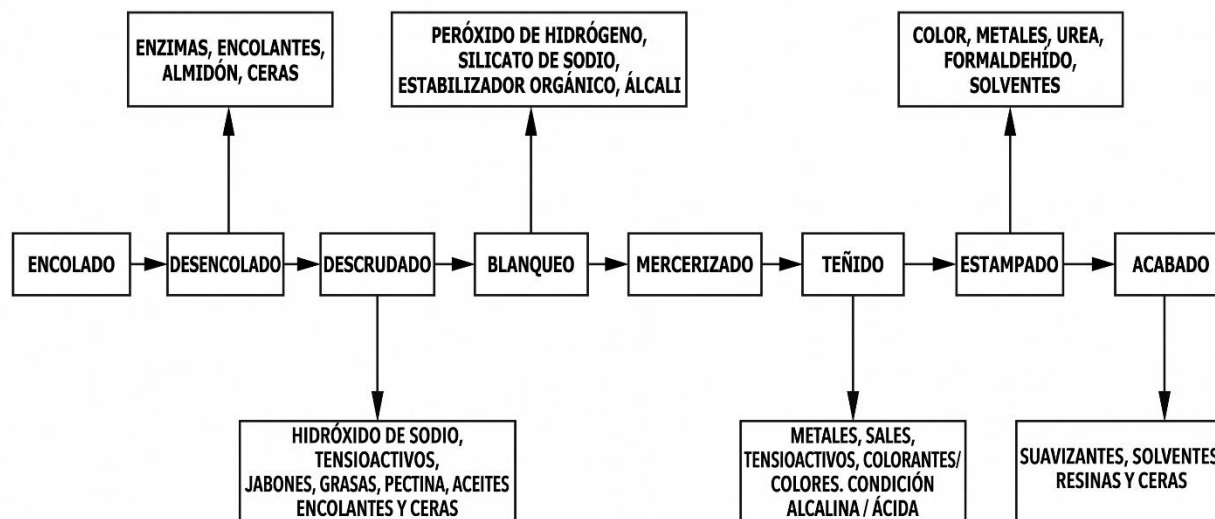


Figura 1. Etapas y contaminantes principales. Fuente: Holkar et al. (2016).

A continuación, se presentan algunas estrategias previamente identificadas.

Bioprocesos y enzimas biocatalizadoras. Una de las medidas más efectivas es sustituir reactivos químicos sintéticos agresivos por enzimas, que son biodegradables y requieren menos agua y energía (Thombre et al., 2025). Por ejemplo, el descolado consiste en eliminar las sustancias adhesivas (como el almidón) que se aplican a los hilos de urdimbre para protegerlos y evitar que se rompan durante el proceso de tejido (Ltly, 2026). Para esta etapa se pueden utilizar alfa-amilasas a temperaturas moderadas, para reemplazar el uso tradicional de hidróxido de sodio a altas temperaturas ya que las alfa-amilasas catalizan la hidrólisis del almidón (CymitQuimica, 2024); esto, reduce el uso de energía, químicos y agua (Thombre et al., 2025). En el proceso de descrudado se le da un tratamiento químico y térmico a las fibras, hilos o telas crudas para eliminar impurezas naturales (Scouring & Bleaching Chemicals, s. f.). El empleo de pectinasas, quitinasas, proteasas y xilanasas para remover pectinas opera bajo condiciones suaves, reduciendo el uso de energía, la carga orgánica y los sólidos disueltos totales en efluentes en más del 50% (Catarino et al., 2025).

Asimismo, en el blanqueo (*bleaching*) se puede utilizar glucosa oxidasa para generar peróxido de hidrógeno *in situ* y catalasa para neutralizar los residuos, evitando la necesidad de múltiples ciclos de enjuague, ahorrando grandes volúmenes de agua (Catarino et al., 2025). Para los acabados de mezclilla, la combinación de celulasas y lacasas permite lograr efectos de desgaste estético (*stone-wash*) sin requerir lavados intensivos ni abrasión química (Catarino et al., 2025).

Insumos sostenibles, biopolímeros y biomordientes. Uno de los productos químicos más importantes en la industria textil son los colorantes. Los colorantes sintéticos implican mayores riesgos ecotoxicológicos que los colorantes naturales por sus estructuras complejas y no biodegradables, por ello, se sugiere priorizar a la transición a colorantes naturales o a alternativas sintéticas menos dañinas (Islam et al., 2025). Estos colores se fijan permanentemente con mordientes (principalmente sales metálicas y ácidos), por lo que el uso de bio-mordientes a base de aloe vera, quitosano o jugos cítricos puede reemplazar los químicos contaminantes como las sales metálicas de cromo o cobre (Catarino et al., 2025). Esto se logra por la aportación de carga positiva (cationizar) a las fibras, logrando un teñido eficiente, sin necesidad de agregar otros químicos. Adicionalmente, los detergentes pueden ser sustituidos por etoxilatos de alcoholes grasos para reemplazar los compuestos fluorocarbonados por alternativas más seguras (Catarino et al., 2025).

Integración de procesos y tecnologías sin agua. Algunos de los procesos pueden fusionarse y convertirse en una sola etapa, por ejemplo, el desencolado con el desencrudado (Catarino et al., 2025). Los sistemas de baño único reducen el uso de agua, energía y reactivos (Catarino et al., 2025). Adicionalmente, es posible integrar el reúso del agua dentro de los procesos, recuperando entre el 95% y 98% del agua utilizada (Thombre et al., 2025). Otra opción es inmovilizar las enzimas en soportes poliméricos para restringir la degradación excesiva de fibra y permitir la reutilización de las enzimas para varios ciclos industriales (Catarino et al., 2025). Además, el dióxido de carbono supercrítico se puede utilizar como solvente en la etapa del teñido sin generar efluentes líquidos, permitiendo recuperar el tinte sobrante y el gas (Thombre et al., 2025). También, el uso de plasma frío a presión atmosférica modifica la superficie de las fibras para aumentar su capacidad de teñido y eliminar agentes de encolado sin la necesidad de lavados (Thombre et al., 2025). Finalmente, se pueden implementar sistemas de teñido de circuito cerrado para mejorar la eficiencia de fijación del tinte en la fibra reduciendo los volúmenes de agua consumidos (Islam et al., 2025).

Uso de colectores. Por último, debido a los costos de infraestructura y energía, una opción viable en áreas en donde la distancia es corta entre múltiples industrias de giros industriales con aguas residuales similares, es la construcción de colectores y plantas de tratamiento que reciban y tratamiento de aguas de múltiples industrias (Thombre et al., 2025).

Estrategias de tratamiento de agua y efluentes

Como se mencionó anteriormente, los efluentes de la industria textil requieren de una combinación de métodos físicos, químicos y biológicos para su tratamiento y/o reúso (Thombre et al., 2025). Debido a la diversidad de procesos textiles y químicos utilizados, las propuestas de tratamiento dependerán de las características de las aguas residuales, tipo de sustancias químicas tóxicas, carga orgánica y la presencia de otros constituyentes que promuevan o afecten el tratamiento propuesto. Más aún, un tratamiento completo normalmente incluirá una mezcla de procesos fisicoquímicos, químicos y

biológicos. A continuación, se presenta de forma resumida los procesos más comúnmente empleados en el tratamiento de aguas residuales de la industria química.

Procesos físicos. Debido a la serie de procesos en serie o paralelo que se llevan a cabo dentro de la industria textil con múltiples productos, es de particular importancia contar con procesos de ecualización y homogeneización. El uso de cribado, tamizado, o tanques de flotación por aire disuelto pueden utilizarse para la remoción parcial de materia flotante, incluyendo fibras. Finalmente, la adsorción es un proceso comúnmente utilizado para la remoción de tintes y/u otros compuestos no biodegradables sobre material adsorbente. Ejemplos de materiales adsorbentes incluyen carbón activado, zeolitas, arcillas, compuestos modificados con quitosano y subproductos agrícolas como el carbón de cáscara de coco (Islam et al., 2025; Siddique et al. 2017).

Procesos químicos/fisicoquímicos. Existen una amplia gama de tratamientos químicos y fisicoquímicos que pueden ser utilizados. Entre ellos uno de los más utilizados es la coagulación/floculación seguido de sedimentación. Sin embargo, cada vez existen más procesos utilizados para la remoción y eliminación de contaminantes de la industria textil. Entre ellos, se encuentran los procesos de oxidación avanzada (por ejemplo, ozonación, reacción Fenton, radiación UV en presencia de H_2O_2 que se pueden usar solos o mezclas de ellos), intercambio iónico, electrocoagulación, ósmosis inversa y nanofiltración, entre otros. Dichos procesos pueden utilizarse para separar y coagular compuestos orgánicos y óxidos de metal, separar sales y mineralizar compuestos orgánicos, sólidos y pigmentos (que biológicamente no se pueden degradar) (Siddique et al., 2017; Islam et al., 2025; Thombre et al., 2025). Sin embargo, algo importante a considerar de algunos de estos procesos, son la generación de subproductos, la cantidad y el tratamiento de los lodos generados, el alto consumo energético y los costos de instalación y operación (Islam et al., 2025; Thombre et al., 2025).

En los procesos de coagulación, también es posible utilizar alternativas naturales derivadas de plantas como semillas de *Moringa oleífera* o cáscaras de algodón para desestabilizar y remover partículas contaminantes (Islam et al., 2025).

Procesos biológicos. En comparación con algunos tratamientos químicos y fisicoquímicos, los tratamientos biológicos pueden representar alternativas más económicas, siempre y cuando los compuestos no sean tóxicos para los organismos presentes. Por ejemplo, los colorantes azoicos pueden degradarse con consorcios microbianos y bacterias como *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus*, entre otras (Islam et al., 2025; Thombre et al., 2025). También existe evidencia de que algunos hongos de pudrición blanca, levaduras y microalgas pueden ser capaces de descomponer o adsorber las moléculas complejas de los tintes (Islam et al., 2025). Otra opción son los humedales artificiales con vegetación acuática. Un estudio reciente, con el uso de *Typha angustifolia* y *Canna*, reporta porcentajes de remoción del colorante azoico Yellow 2G 98%, a la vez que se obtuvo el 83.2 % de remoción de DQO (Thombre et al., 2025).

Aplicación en la cuenca del Alto Atoyac

La infraestructura requerida para la construcción y el mantenimiento de plantas de tratamiento con uno o varios de los procesos antes mencionados conlleva un costo importante, el cual requiere inversiones por parte del gobierno, industrias establecidas, asociaciones civiles no gubernamentales, o microempresas. A escala municipio, parque industrial, grande o mediana empresa, o grupo de empresas, la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales con un tren de tratamiento enfocado al tipo de contaminantes presente en las aguas es una alternativa viable para reducir la carga de contaminantes y cumplir con la normativa aplicable (NOM-001-SEMARNAT-2021).

Sin embargo, dado que existe un número importante de talleres domiciliarios en la cuenca del Alto Atoyac, es importante también considerar procesos de tratamiento de aguas a menor escala que sean aplicables. Ejemplos incluyen el uso de coagulantes/floculantes de fuentes naturales, adsorbentes y/o bioadsorbentes, procesos biológicos, y/o otros procesos efectivos y de bajo costo, locales, y que sean aplicables para la remoción de contaminantes de procesos específicos, según sea el caso.

Con el fin de contribuir al saneamiento del río Atoyac, es importante la participación de todos los actores involucrados, la ciudadanía, la industria en todos sus niveles, los gobiernos municipales, estatales y federales, y CONAGUA. Es importante que toda agua residual, ya sea urbana, de la industria, o de talleres domiciliarios, sea tratada antes de verse al río cumpliendo con la NOM-001-SEMARNAT-2021. De igual forma es importante garantizar la aplicación del marco normativo. El resultado será una mejora en la salud ambiental y humana de la zona, una reducción de gasto gubernamental en salud y gasto familiar por la reducción en enfermedades crónico-degenerativas, y una mejora en el desarrollo económico de la región al tener espacios recreativos y turísticos limpios, y al producir alimentos regados con aguas libres de contaminantes.

Referencias:

- Catalán-Vázquez, M., Riojas-Rodríguez, H., Pelcastre-Villafuerte, B. E., & Baltazar-Reyes, M. C. (2018). "There's a lot of cancer here..." Environmental risk perception and mortality among women who live in an industrial corridor in Mexico. A sequential mixed study. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 34(4), 565-581.
- Catarino, M. L., Sampaio, F., Pacheco, L., & Gonçalves, A. L. (2025). The shift to bio-based auxiliaries in textile wet processing: Recent advances and industrial potential. *Molecules*, 30, 4016. <https://doi.org/10.3390/molecules30194016>
- Central Pollution Control Board (CPCB), Ministry of Environment, Forest and Climate Change, Government of India. Status of Common Effluent Treatment Plants (CETPs) and Zero Liquid Discharge Implementation in Textile Clusters. https://cpcb.gov.in/openpdf?file_id=UmVwb3JlORmlsZXMyNDZlEwXzE0OTU3MTQzMzZfbWVkaWFwaG90bzQ1MjIucGRm
- CymitQuímica. (2024, 15 diciembre). CAS 9000-90-2: A-Amilasa. CymitQuímica. <https://cymitquimica.com/es/cas/9000-90-2> Comisión de Nacional de Derechos Humanos, CNDH, Recomendación 10/2017.
- Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT). (2023). *1ER INFORME ESTRATÉGICO CUENCA DEL ALTO ATOYAC (TLAXCALA Y PUEBLA): REGIÓN DE EMERGENCIA SANITARIA Y AMBIENTAL; PROBLEMÁTICA SOCIOAMBIENTAL Y RECOMENDACIONES PARA SU ATENCIÓN INTEGRAL*. <https://cdn.conahcyt.mx/enis/toxicologia/resa-atoyac/inicio/descargables/informe-caa.pdf>
- Estrada Rivera, A. (2018). Evaluación toxicológica del agua residual textil (proceso Denim) vertida al río Atoyac. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/7620>
- González, L. (2012). *La evolución de las fábricas textiles de Puebla en el corredor Atoyac*. 37-56. <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/items/867c1477-28f7-40d4-8039-4dbc8f36e7e4>
- INEGI. (2026a). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas del Estado de Puebla 2026/05 [Dataset]. En *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. https://www.inegi.org.mx/img/ico/ico_csv.png
- INEGI. (2026b). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas del Estado de Tlaxcala 2026/05 [Dataset]. En *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. https://www.inegi.org.mx/img/ico/ico_csv.png
- INEGI. (2026c). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. DENUE 05/2026. Documento metodológico*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463930044.pdf

- Islam, M. M., Aidid, A. R., Mohshin, J. N., Mondal, H., Ganguli, S., & Chakraborty, A. K. (2025). A critical review on textile dye-containing wastewater: Ecotoxicity, health risks, and remediation strategies for environmental safety. *Cleaner Chemical Engineering*, 11, 100165. <https://doi.org/10.1016/j.clce.2025.100165>
- Johnpaul, V., Govindaraj, V., & Mohanarathinam, A. (2024). The Ecological Crisis of the Noyyal River: A Comprehensive Analysis. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 21(6), 143-149. <https://doi.org/10.3233/AJW240081>
- Kishor, R., Purchase, D., Saratale, G. D., Saratale, R. G., Ferreira, L. F. R., Bilal, M., Chandra, R., & Bharagava, R. N. (2021). Ecotoxicological and health concerns of persistent coloring pollutants of textile industry wastewater and treatment approaches for environmental safety. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2), Article 105012. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.105012>
- Ltly. (2026, 13 septiembre). Desizing Process in Textile: Types, Chemicals, Methods and Quality Control - Textile Tester. Textile Tester. <https://es.darongtester.com/desizing-process-in-textile/>
- Mora, A., García-Gamboa, M., Sánchez-Luna, M. S., Gloria-García, L., Cervantes-Avilés, P. and Mahlkecht, J., A review of the current environmental status and human health implications of one of the most polluted rivers of Mexico: The Atoyac River, Puebla, *Sci. Total Environ.*, 2021, 782, 146788.
- Prasath, R., & Velmurugan, R. (2024). Groundwater Quality of Regions Surrounding the Noyyal River in Tiruppur District and its Impact on Agriculture. *Asian Research Journal of Agriculture*, 17(3), 43-51. <https://doi.org/10.9734/arja/2024/v17i3471>
- Rodríguez-Tapia, L. and Morales-Novelo, J., Bacterial Pollution in River Waters and Gastrointestinal Diseases, *Int. J. Environ. Res. Public. Health*, 2017, 14, 479.
- Rofi, M. R. I., & Rahman, M. R. (2025). A critical review on environmental pollution caused by the textile industry. *Explora: Environment and Resource*, Article e025160032. <https://doi.org/10.36922/FFR025160032>
- Román, J. V. (2016). Talleres de mezclilla y transformaciones sociambientales en un municipio rural. El caso de Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala, México. *Sociedad y Ambiente*, (11), 68-91.
- Scouring & bleaching chemicals. (s. f.). RawSource. <https://rawsource.com/es/industrias/textiles/productos/quimicos-de-descrude-y-blanqueo/>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Declaratoria de clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan, y sus afluentes., 2011.
- Sepulveda, C. M. (2025, 11 febrero). Sosa Cáustica – Riesgos, medidas preventivas y mejores prácticas. ITURRI Blog. <https://shop.iturri.com/blog/epi/como-evitar-accidentes-por-sosa->

[caustica-en-el-lugar-de-trabajo-medidas-preventivas-y-mejores-practicas/?srsId=AU7gw4W4vcHe4hjWlKV-gT67cFDkukclqLB7bHLyAbDZvVHBU5g8FcHf](#)

- Siddique, K., Rizwan, M., Shahid, M.J., Ali, S., Ahmad, R., Rizvi, H. (2017). Textile Wastewater Treatment Options: A Critical Review. In: Anjum, N., Gill, S., Tuteja, N. (eds) Enhancing Cleanup of Environmental Pollutants. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-55423-5_6
- Srivastava, A., & Bandhu, S. (2022). Biotechnological advancements and challenges in textile effluents management for a sustainable bioeconomy: Indian case studies. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 5(100186), 100186. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100186>
- Tam. (2026, August 7). Textile water consumption: How much water does the industry really use in 2026? K.B. Exports. <https://kbexports.com/textile-water-consumption/>
- Thombre, N., Patil, P., Yadav, A., & Patwardhan, A. (2025). A short review on water management and reuse in textile industry - a sustainable approach. *Discover Water*, 5(1). <https://doi.org/10.1007/s43832-025-00215-z>
- Valeika, V. (2026). Leather, textiles and bio-based materials [Editorial]. *Materials*, 19, Article 4122. <https://doi.org/10.3390/ma1904122>
- Venkatesh, V. G. (2025, 27 junio). Tiruppur Recycles 130 Million Litres of Water Every Day. The Better India. <https://thebetterindia.com/456530/tiruppur-water-recycling-zld-textile-sustainability/>

Sobre las autoras:

Victoria Vázquez Arteaga

Estudiante de séptimo semestre de Ingeniería Ambiental en la Universidad de las Américas Puebla (UDLAP) y miembro del Programa de Honores. Sus principales áreas de interés son el tratamiento y calidad del agua, la remediación ambiental y el desarrollo de procesos sostenibles. Actualmente participa en proyectos de investigación relacionados con la contaminación por microplásticos.

Contacto: victoria.vazquezaa@udlap.mx

Tania Gómez Camacho

Estudiante de licenciatura en Ingeniería Ambiental de la Universidad de las Américas Puebla. Cursó estancias de investigación en la Humboldt University en Berlín y en la University of New Brunswick en Canadá. Actualmente enfoca sus proyectos e interés profesional en el tratamiento y calidad de aguas residuales y consumo humano.

Contacto: tania.gomezco@udlap.mx

Mtra. Samira Dominguez Villanueva

Licenciada en Ingeniera Química Industrial por la UPAEP y maestra en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable en la misma institución. Actualmente cursa el Doctorado en Ciencias del Agua en la UDLAP como estudiante de tiempo completo. Su investigación doctoral se enfocará en el tratamiento de aguas residuales de la industria textil mediante el uso de biocoagulantes y biochar para la remoción de color y microplásticos.

Contacto: samira.dominguezva@udlap.mx

Dra. Déborah Xanat Flores Cervantes

Catedrática-investigadora (SNII Nivel 1) del Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental de la UDLAP. Doctora en Ingeniería Civil y Ambiental, con especialidad en Química Ambiental por el Massachusetts Institute of Technology (MIT). Sus proyectos de investigación incluyen el desarrollo de nuevas tecnologías y materiales para la remoción de contaminantes en el agua, y el desarrollo de metodologías para la detección y cuantificación de contaminantes emergentes en el agua.

Contacto: deborah.flores@udlap.mx