

Efecto del uso de lactosuero dulce en el riego de alfalfa y maíz

Alfonso Benítez de la Torre¹
Efraín Pérez-Ramírez^{1,5}
Yolanda E. Morales-García²
Jesús Muñoz-Rojas²
Ramón Díaz-Ruíz¹
Porfirio Morales-Almora¹

1 Campus Puebla-Colegio de Postgraduados. Boulevard Forjadores de Puebla núm. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México. CP. 72760. (dramon@colpos.mx; pmorales@colpos.mx; alfonsobenitezdelatorre@yahoo.com.mx).

2 Laboratorio de Ecología Molecular Microbiana del CICM-ICBUAP. Domicilio conocido, Ciudad Universitaria, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. (yolanda.moralesg@correo.buap.mx; jesus.munoz@correo.buap.mx).

Autor para correspondencia: eperezr@colpos.mx.

Resumen

El uso del lactosuero en aplicaciones agrícolas es una opción para disminuir el impacto ambiental que ocasiona cuando se vierte sin control. El propósito de este trabajo fue medir la fitotoxicidad del suero dulce que se genera durante la elaboración de queso fresco en semillas y plántulas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y maíz (*Zea mays* L.) como organismos de prueba-objetivo. Se realizaron cuatro experimentos individuales en el laboratorio de Ecología Molecular Microbiana del CICM-ICBUAP en la ciudad de Puebla, México durante junio a diciembre de 2018 y enero de 2019, bajo condiciones controladas, tanto en cajas Petri con medio de cultivo y en germinadores con soporte, en un diseño experimental completamente al azar (DECA) con cinco tratamientos (4, 8, 12, 16 y 20% de lactosuero y un control de agua potable). Las variables evaluadas fueron la concentración letal (CL₅₀), por inhibición de la germinación en ambas semillas y la concentración subletal (CSL), por disminución del desarrollo de germinados y plántulas. Los resultados obtenidos indican que el lactosuero dulce tiene una CL₅₀-5 de 53% y una CSL-10 de 12% en semillas de alfalfa ($p < 0.05$) y una CL₅₀-60 de 20% en plántulas de alfalfa y una CL₅₀-20 de 20% en plántulas de maíz. Se observó a 60 días que, a concentraciones entre 4 y 6%, el suero dulce tiene un efecto promotor de crecimiento en plántulas de alfalfa ($p < 0.05$) concluyendo que es posible utilizar el lactosuero diluido en prácticas agrícolas sustentables de manera segura.

Palabras clave:

fitotoxicidad, germinación, plántulas.



License (open-access): Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia **Creative Commons**

Introducción

En la industria del queso, de 100 L de leche procesada se obtienen entre 85 y 90 L de suero con retención hasta de 55% de los nutrientes de la leche (Utama *et al.*, 2017; Montalvo-Salinas *et al.*, 2018). A nivel mundial se generan al año entre 180-190 millones de toneladas de lactosuero (Guerrero-Rodríguez *et al.*, 2012; Mielles-Cedeño *et al.*, 2018). En México, se generan más de 2.4 millones de toneladas anuales de suero, pero sólo 50% es procesado (Mazorra-Manzano y Moreno-Hernández, 2019), el resto se desecha a los cuerpos de agua o en el suelo y ocasionan un grave daño ambiental (Dainka *et al.*, 2019).

González (2012) reporta una demanda biológica oxígeno (DBO) de 40 g L⁻¹ y una química (DQO) de 60 g L⁻¹ con un índice de biodegradabilidad (DBO5/COD) entre 0.4 a 0.8 que rebasan los límites permitidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, sobre los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales para uso agrícola, que es de 0.2 g L⁻¹ (DOF, 1997). Ramírez (2012) equipara la fuerza contaminante de 5 L de lactosuero a la de las aguas negras producidas en un día por una persona.

Para aprovechar la lactosa, proteínas y microelementos del lactosuero (Chandrapala *et al.*, 2015; Andrade *et al.*, 2017), se han realizado diversos estudios para aplicarlo en alimentación humana y animal, elaboración de bioplásticos y fertilizantes (Quille *et al.*, 2021) y para riego agrícola (Araújo *et al.*, 2017; Krause *et al.*, 2017; Araújo *et al.*, 2020). Donde predominan las queserías con baja tecnificación (Faría *et al.*, 2002; Villegas-Soto *et al.*, 2018), el uso de lactosuero dulce en aplicaciones agrícolas representa una buena opción.

Cuando el suero se vierte en el suelo agrícola afecta física y químicamente su estructura (Carvalho *et al.*, 2013) y por tanto disminuye el rendimiento agrícola (Parra, 2009; Araújo *et al.*, 2013). Sin embargo, en otros estudios se ha demostrado que mejora la agregación del suelo (Kelling, 1981) y su fertilidad (Robbins y Lehrsch, 1998; Jones *et al.*, 1993).

Los bioensayos realizados en DBO y DQO se utilizan para estimar la toxicidad o impacto biológico potencial que tiene la exposición de los efluentes industriales en la función fisiológica de organismos vivos (Schultz *et al.*, 2002). En estas pruebas se determinó la concentración que inhibe la germinación de 50% de los organismos expuestos, lo que se conoce como concentración letal media (CL₅₀), así como la concentración a la que se produce un efecto subletal (CSL), caracterizado por el retraso de su crecimiento (Uc-Peraza y Delgado-Blas, 2012).

Además de las pruebas realizadas *in vitro*, Teac# y Bod#rl#u (2008) proponen bioensayos de fitotoxicidad en sistemas hidropónicos. Por tanto, el objetivo fue evaluar la toxicidad de diferentes concentraciones de lactosuero en el riego de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y maíz. (*Zea mays* L.) en las etapas de germinación y desarrollo de plántulas.

Materiales y métodos

Los experimentos se realizaron en el Laboratorio de Ecología Molecular Microbiana del Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas (CICM) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (ICUAP-BUAP). Preparación y análisis del lactosuero. Se obtuvo suero dulce de la elaboración de queso fresco en la quesería 'Lácteos Galeazzi' en Chipilo Puebla, el cual se caracteriza por su baja acidez, pH neutro y ausencia de sales. Inmediatamente se refrigeró a 4 °C en frascos Schott de 1 L hasta su uso. Para caracterizarlo se midió por triplicado su pH con un potenciómetro Hanna 2010 y su acidez por titulación expresada en grados Dornic (°D) (AOAC, 1995).

Material biológico

Se utilizaron semillas de productores locales sin esterilizar de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y maíz (*Zea mays* L.) seleccionadas según su forma y tamaño, almacenadas en frascos ámbar herméticos a temperatura ambiente. Diseño experimental, tratamientos y variables. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DECA).

Se evaluaron seis concentraciones del lactosuero en un rango entre 0 y 100% para medir la variable CL₅₀, (concentración del efluente que causa 50% de mortalidad de la población en cinco días) y seis concentraciones entre 0 y 20% para evaluar la CSL (disminución significativa del desarrollo de germinados y plántulas medida por biomasa total, longitud total y de hipocótilo) en cuatro bioensayos de toxicidad aguda y crónica (Eaton *et al.*, 1995) con 3-10 repeticiones con dos especies vegetales en dos etapas fenológicas conforme se describe en el (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diseño experimental.

Variable	Tiempo (días)	Especie	Etapas fenológica	Nivel experimentación	Tratamientos (concentración % lactosuero)
CL50	5	Alfalfa	Germinación semilla	<i>in vitro</i> *	0, 20, 40, 60, 80, 100
CL50	5	Maíz	Germinación semilla	<i>in vitro</i> *	0, 20, 40, 60, 80, 100
CSL	10	Alfalfa	Desarrollo germinado	<i>in vitro</i>	0, 4, 8, 12, 16, 20
CSL	10	Maíz	Desarrollo germinado	<i>in vitro</i>	0, 4, 8, 12, 16, 20
CL50	60	Alfalfa	Emergencia plántula	hidropónico**	0, 20, 40, 60, 80, 100
CL50	20	Maíz	Emergencia plántula	hidropónico	0, 20, 40, 60, 80, 100
CSL	60	Alfalfa	Desarrollo plántula	hidropónico	0, 4, 8, 12, 16, 20
CSL	20	Maíz	Desarrollo plántula	hidropónico	0, 4, 8, 12, 16, 20

* = en cajas Petri, oscuridad y temperatura controlada. ** = en germinadores y tubos Falcon, vermiculita estéril y condiciones de temperatura-fotoperiodo controladas.

Descripción de experimentos

La determinación de la CL₅₀ se hizo con el objetivo de determinar la concentración a la cual un residuo produce el 50% y más de la muerte de los organismos a los que se expone y que se considera como potencialmente tóxica. Para calcular la CL₅₀ del lactosuero en semillas de alfalfa y maíz se prepararon cajas Petri con papel Whatman saturado con 5 ml de cada dilución. Se pusieron 10 semillas por caja y por dilución separándolas al máximo para permitir su desarrollo (tres cajas por dilución). Cada caja se selló con Parafilm®, se envolvieron en plástico negro y se incubaron a 20 ±2 °C durante 5 días (Wang, 1987; Navarro *et al.*, 2006).

Se graficó el porcentaje de semillas germinadas contra la concentración del lactosuero y se obtuvo el valor que produjo la inhibición de la germinación en el 50% de la población por extrapolación, así por la ecuación obtenida de la regresión polinómica. Se consideraron como semillas muertas aquellas que no germinaron después de 20 días aún regadas con agua potable. El experimento se hizo tres veces, con lactosueros de diferente lote y fechas y se reportaron los resultados del experimento más ilustrativo.

El objetivo de determinar la concentración subletal (CSL) es conocer si un residuo, aunque no sea tóxico, afecta el crecimiento en etapas tempranas de un organismo. La CSL de lactosuero dulce se determinó a los 10 días en diluciones menores al 20%, en el cual se evaluó la disminución del desarrollo de germinados (longitud del hipocótilo, longitud y peso total), en las mismas condiciones del experimento anterior conforme al método descrito por Tiquia y Tam (2000). Para evaluar la CL₅₀ del lactosuero dulce en plántulas de alfalfa y maíz se preparó un

germinador de unicel con vermiculita estéril como sustrato con 10 semillas de alfalfa por pozo y después se asignaron cinco de ellos para cada tratamiento.

Paralelamente se prepararon tubos Falcon de 50 ml con 30 ml de vermiculita estéril y se sembró una semilla de maíz por tubo con 10 repeticiones por tratamiento. El material se puso en condiciones de incubación controlada (20 ± 4 °C con fotoperiodo 12-12) en una cámara climática TE-4002 Tecnal Trae® y se regó con 5 ml de cada tratamiento durante 20 días para el caso de maíz con pipeta serológica y 60 días para la alfalfa con una jeringa hipodérmica. Se contabilizó el número de plántulas emergidas, se graficó el porcentaje de estas contra la concentración del lactosuero y se obtuvo el valor que inhibió la emergencia en 50% de la población por interpolación y mediante la ecuación obtenida por la regresión de la curva polinómica.

Para determinar la CSL del lactosuero dulce en plántulas de alfalfa y maíz se probaron diluciones menores al 20%. Se evaluó la disminución del desarrollo (biomasa expresada en peso seco, longitud total y longitud de la raíz con respecto al control de agua potable) conforme al método descrito por Tiquia y Tam (2000) a 20 días para maíz y 60 para alfalfa, se empezó el riego con los tratamientos una vez que emergieron las plántulas y se regaron en su base. Se consideró que había un efecto subletal significativo cuando la comparación de medias entre cada tratamiento contra el control resultó menor de manera estadísticamente significativa según la prueba t-Student ($p < 0.05$).

Para la determinación de la longitud de germinados y plántulas se utilizó un vernier electrónico digital LCD Metric® con capacidad máxima de 150 mm. Las determinaciones de biomasa se hicieron por gravimetría a peso constante; es decir, se comprobó que no había variación en la lectura por exposición sucesiva a secado en estufa de convección en una balanza analítica Ohaus Adventurer® con capacidad máxima de 420 g y resolución de 0.001 g. El secado se realizó en una estufa de convección Thermo Cientific® equipada con termómetro para ajustar la temperatura de secado.

Análisis estadístico. Para lograr que el coeficiente de variación se mantuviera por debajo de 30% se eliminó, cuando fue necesario, un par de datos (máximo y mínimo). Se utilizaron los paquetes estadísticos Excel y SAS v 9.4 (2004).

Resultados y discusión

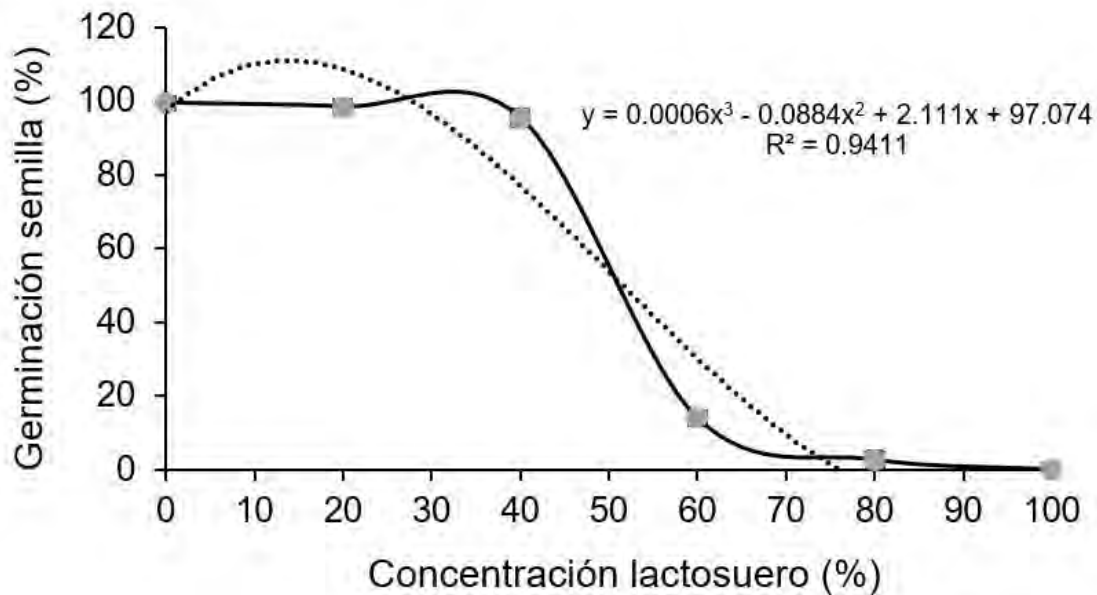
Análisis fisicoquímico. Se encontraron dos tipos de lactosuero como subproducto de la elaboración de queso: dulce y salado. El primero, que proviene principalmente de la elaboración de queso fresco, presentó un pH cercano al neutro (6.8 ± 0.3) y baja acidez (19 ± 0.5 °Dornic) por no tener sales añadidas y con bajas concentraciones de cloruro de calcio. El segundo, que proviene de la elaboración de quesillo, requesón y queso ranchero, presentó un pH de 5.41 ± 0.3 y acidez de 38 ± 0.6 °Dornic. Estos resultados son similares a los reportados por Panesar *et al.* (2010) para el lactosuero dulce y por Guerrero-Rodríguez *et al.* (2012) para el ácido.

Es importante considerar que las características de los lactosueros varían dependiendo del tipo de queso que se procese, y que su uso agrícola dependerá principalmente de que esté libre de sal añadida. Por otra parte, el lactosuero, aunque tiene una acidez baja en el momento en que se genera, tiende a acidificarse rápidamente de manera natural por efecto del desarrollo de su flora microbiana: el ácido láctico generado en dicho proceso puede tener un efecto benéfico en procesos agrícolas como en la quelación y solubilización de fosfatos (Paredes-Mendoza y Espinosa-Victoria, 2010) pero será prioritario cuidar el desarrollo de microorganismos patógenos con procesos de fermentación controlada; por ejemplo, con la tecnología de microorganismos benéficos o eficientes (Morochó y Leiva, 2019).

CL₅₀ en la germinación de semillas. En concentraciones de 0 a 40% de lactosuero, la germinación se mantiene casi al 100%; sin embargo, con una CL₅₀-5, la germinación bajó hasta 53% en semillas de alfalfa (Figura 1) valor obtenido gráficamente por interpolación y que coincide al sustituir el valor $y = 50$ (50% de la población que no sobrevive) en la ecuación polinómica.

La disminución de la germinación a partir de 40% de concentración de suero se debe a la alta concentración de NaCl que eleva la presión osmótica y causó un efecto fisiológico adverso.

Figura 1. Efecto tóxico de lactosuero dulce a diferentes concentraciones en la germinación de semillas de alfalfa a five días. Valores corregidos que se consideraron con un 83.5% de germinación del control.



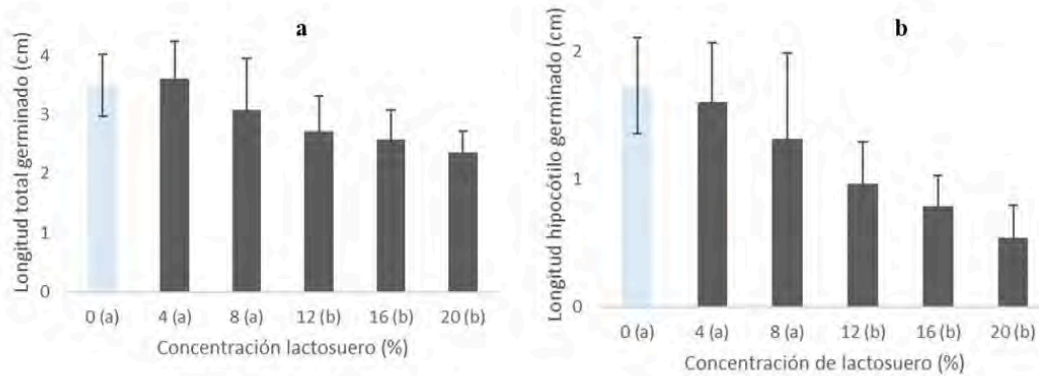
Dantas *et al.* (2005) encontraron resultados similares en la germinación de semillas de alfalfa expuestas a estrés salino. Laynez-Garsaball *et al.* (2008) observaron una disminución de la germinación por efecto del aumento del potencial osmótico ejercido por el NaCl, mientras que Porta *et al.* (1999) demostraron que la inhibición total de la germinación en altas concentraciones de sal es debida a la acumulación de cloruro que disminuye la absorción de agua y afecta la tasa de germinación.

Por su parte Mahdavi y Sanavy (2007) reportan que los iones presentes en el suero de leche también pueden causar endurecimiento de las paredes celulares y afectar el crecimiento de la plántula. No se obtuvo la CL_{50} en maíz, debido a que en todos los tratamientos hubo contaminación por hongos filamentosos. Esto puede ser debido a la carga microbiana natural del maíz, la cual se ve favorecida con el aporte de nutrientes del lactosuero.

CSL en el desarrollo de germinados. El suero dulce presentó un efecto subletal a concentraciones mayores al 12% en el desarrollo de germinados de alfalfa a los 10 días de exposición, observándose diferencias significativas entre la longitud total de los germinados y de los hipocótilos en comparación al control de agua potable ($p < 0.05$) (Figura 2 a y b), aunque no se observaron efectos en la biomasa total (datos no presentados). En trabajos similares Navarro *et al.* (2006) reportan la inhibición en el crecimiento de hipocótilos de semillas de achicoria, lechuga y escarola expuestas a efluentes neutralizados de industrias citrícolas y vitivinícolas diluidos al 10^3 .



Figura 2. Efecto subletal de lactosuero dulce en la longitud total (a) y longitud del hipocótilo; y (b) de germinados de alfalfa de 10 días. Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa (t-Student $p < 0.05$).

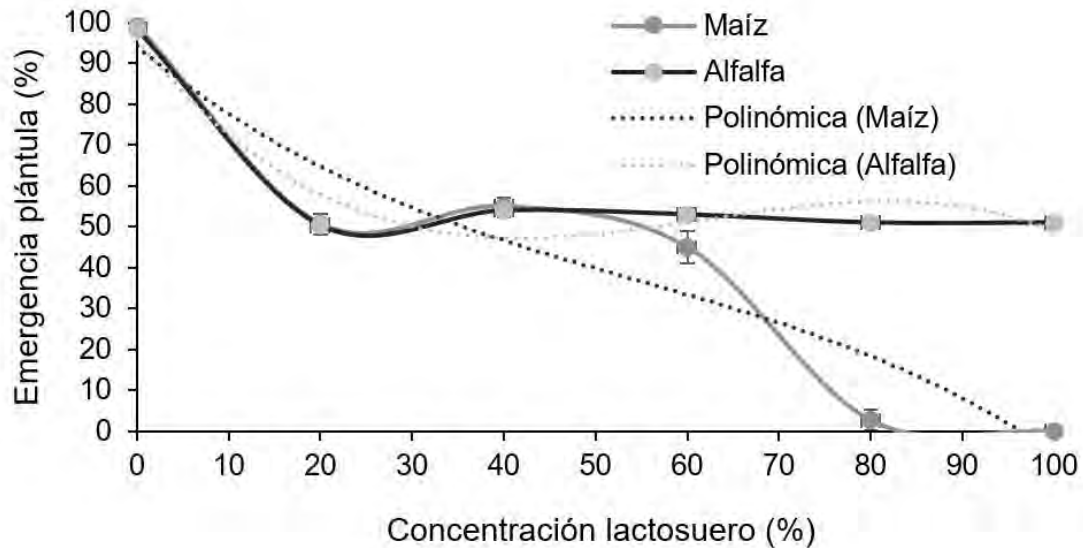


Si se compara este valor con el obtenido en el presente trabajo, en el cual se observó inhibición del desarrollo del hipocótilo a una concentración de 12% (10^1), entonces se puede afirmar que el lactosuero dulce tiene una toxicidad baja. Por otro lado, no se obtuvieron valores de CSL para maíz debido a que, al igual que en el experimento anterior, las semillas se contaminaron con hongos filamentosos en todos los tratamientos.

CL_{50} en la emergencia de plántulas. La concentración letal de suero dulce en plántulas de maíz se obtuvo a una concentración de 40% y de forma similar en plántulas de alfalfa, aunque no se observó letalidad al 100% en alfalfa a altas concentraciones de lactosuero, la sobrevivencia de 50% de la población es evidencia de que esta especie es más tolerante al lactosuero dulce que el maíz (Figura 3). Diversos autores como Wang (1987); Navarro *et al.* (2006), en trabajos realizados en lechuga, encontraron diferencias de tolerancia a la toxicidad de diferentes sustancias en diferentes especies, siendo la lechuga una de las especies más utilizadas en este tipo de estudio por su alta sensibilidad.



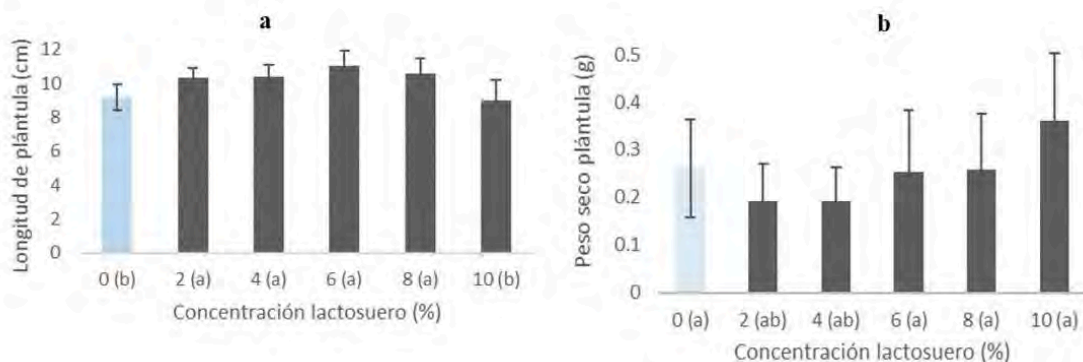
Figura 3. Efecto tóxico de lactosuero dulce a diferentes concentraciones en la emergencia de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) y alfalfa (*Medicago sativa* L.).



La tolerancia de la alfalfa se puede explicar por ser una semilla más resistente a pH bajo, como ha sido reportado por Köpp *et al.* (2011) quienes encontraron que la alfalfa puede crecer de manera óptima entre pH 5 y 6 pero que puede tolerar valores de pH aún más bajos, mientras que el pH óptimo de crecimiento de maíz es de 6 a 7.2 y presenta inhibición de crecimiento en valores de pH menores de 5 (Aldrich y Long, 1994).

CSL en el desarrollo de plántula. No se observaron diferencias en variaciones de longitud total en todas las concentraciones estudiadas ($p < 0.5$) por lo que se asume que el suero dulce no tiene efecto subletal a una concentración menor al 10%, en plántulas de maíz o alfalfa; sin embargo, se observó un efecto benéfico a una concentración de $5 \pm 2.6\%$ para la longitud de alfalfa ($p < 0.05$) (Figura 4a y 4b).

Figura 4. Efecto subletal de lactosuero dulce en la longitud (a) y biomasa (b) de plántulas de alfalfa de 60 días. Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa (t-Student $p < 0.05$).



Las diferencias observadas entre los experimentos con semillas y plántulas indican que es menor la fitotoxicidad para la alfalfa que para el maíz y que en ambas especies el lactosuero es más tóxico en las etapas tempranas del desarrollo. Por otro lado, es necesario llevar a cabo más investigaciones para evaluar cuál es la concentración óptima en otras etapas del desarrollo de las plantas estudiadas, así como del uso del suero en condiciones de campo.

Las diferencias observadas entre los experimentos con semillas y plántulas indican que es menor la fitotoxicidad para la alfalfa que para el maíz y que en ambas especies el lactosuero es más tóxico en las etapas tempranas del desarrollo. Por otro lado, es necesario llevar a cabo más investigaciones para evaluar cuál es la concentración óptima en otras etapas del desarrollo de las plantas estudiadas, así como del uso del suero en condiciones de campo.

Conclusiones

De acuerdo con la caracterización química realizada, se encontró que los principales sueros que se generan en Chipilo Puebla son dulce y ácido-salado. El primero es el que mayor potencial de uso biotecnológico presenta, ya que tiene una toxicidad baja (CL50 de 55%) aunque se determinó que a una concentración de 12% presenta un efecto negativo en el crecimiento de germinados de alfalfa de 10 días, lo que indica que el suero dulce presenta una toxicidad baja, con altas probabilidades para utilizarse de manera segura en el riego agrícola de especies como alfalfa y maíz.

Se recomienda su uso a concentraciones menores al 12% con la finalidad de maximizar su aprovechamiento y a concentraciones menores al 4% como promotor de crecimiento vegetal. El aprovechamiento de subproductos agroindustriales representa un área de investigación con mucho potencial.

El uso de lactosuero para la elaboración de productos de interés comercial, y particularmente como materia prima para la elaboración de biocombustibles, metabolitos y biofertilizantes por transformación biotecnológica, gana cada día mayor atención. Se sugiere seguir investigando su uso como medio nutritivo para propiciar el crecimiento de microorganismos de interés agrícola como hongos y bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo y antagonicas de fitopatógenos y comparar su efecto en maíz y alfalfa en comparación con el lactosuero sin tratar.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento de la beca de doctorado en el programa de Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional en el Colegio de Postgraduados, Puebla.

Bibliografía

- 1 Andrade, R. P.; Melo, C. N.; Genisheva, Z.; Schwan, R. F. and Duarte, W. F. 2017. Yeasts from canastra cheese production process: isolation and evaluation of their potential for cheese whey fermentation. *Food Res. Inter.* 91:72-79. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.11.032>.
- 2 Aldrich, S. R. y Leng, E. R. 1994. Producción moderna del maíz. Agencia para el desarrollo internacional México. <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=00004857>.
- 3 AOAC. 1995. Association of Official Analytical Chemists. Manual of Official Methods of Analysis 15th Ed. Washington, USA.
- 4 Araújo, C. S.; Lunz, A. M. P; dos Santos, V. B.; Andrade, N. R.C.; Nogueira, S. R. and dos Santos, R. S. 2020. Use of agro-industry residues as substrate for the production of *Euterpe precatória* seedlings. *Pesq. Agropec. Tropic.* 50:1-9. <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5058709>.

- 5 Araújo, E. F.; Aguiar, A. S.; Arauco, A. M. S.; Gonçalves, E. O. y Almeida, K. N. S. 2017. Crecimiento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos a base de resíduos orgânicos. *Nativa*. 1(5):16-23. <https://oaji.net/articles/2017/5202-1499345514.pdf>.
- 6 Araújo, G. S.; Monsalve, L. M. y Quintero, A. L. 2013. Aprovechamiento del lactosuero como fuente de energía nutricional para minimizar el problema de la contaminación ambiental. *Rev. de Investigación Agraria y Ambiental*. 4(2):55-65. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.12.038>.
- 7 Carvalho, F.; Prazeres, A. R. and Rivas, J. 2013. Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. *Science of the total environment*. 445-446 pp. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969712015896>.
- 8 Chandrapala, J.; Duke, M. C.; Gray, S. R.; Zisu, B.; Weeks, M.; Palmer, M. and Vasiljevic, T. 2015. Properties of acid whey as function of pH and temperature. *J. Dairy Sci.* 98(7):352-363. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9435>.
- 9 Dinika, I. and Utama, G. L. 2019. Cheese Whey as potential resource for antimicrobial edible film and active packing production. *Foods and Raw Materials*. 7(2):229-239. <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-2-229-239>.
- 10 Dantas, B. F.; Ribeiro, L. S. and Arago, C. A. 2005. Physiological response of cowpea seeds to salinity stress. *Revista Brasileira de Sementes*. 27(1):144-148. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000100018>.
- 11 DOF. 1997. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.
- 12 Faría, R. J. F.; García, U. A. C. y Hernández, A. 2002. Efecto de la tecnología quesera sobre la composición del suero lácteo. *Multiciencias*. 2(2):126-130. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90420206>.
- 13 Eaton, A. D.; L. S. Clesceri; A. E. and Greenberg, W. E. 1995. Standard method for examination of water and wastewater. 19th Edn., Published by E and FN SPON, Washington DC., ISBN: 0875532233.
- 14 González, C. M. J. 2012. Aspectos medio ambientales asociados a los procesos de la industria láctea. *Mundo Pecuario*. 1(8):16-32. <https://www.produccion-animal.com.ar/produccion-bovina-de-leche/leche-subproductos/37-industria.pdf>.
- 15 Guerrero-Rodríguez, W. J.; Castilla-Hernández, P.; Cárdenas-Medina, K. N.; Gómez-Aldapa, C. A. y Castro-Rosas, J. 2012. Degradación anaerobia de dos tipos de lactosuero en reactores UASB. *Tecnología Química*. 33(1):99-106. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S2224-61852012000100012>.
- 16 Jones, S. B.; Robbins, C. W. and Hansen, C. L. 1993. Sodic soil reclamation using cottage cheese, acid whey. *Arid. Soil Res. Rehab.* 7(1):51-61. <https://doi.org/10.1080/15324989309381334>.
- 17 Kelling, K. A. 1981. Using whey on agricultural land: a disposal alternative. Cooperative extension programs. Univ. of Wisconsin, Madison, Wisconsin. https://books.google.com.mx/books/about/Using-Whey-on-Agricultural-Land-a-Dispos.html?id=N8cpAQAAAMAJ&redir_esc=y.
- 18 Köpp, M. M.; Passos, L. P.; Verneue R. S.; Lédo, F. J. S.; Coimbra, J. L. M. and Oliveira, A. C. 2011. Effects of nutrient solution pH on growth parameters of alfalfa (*Medicago sativa* L.) genotypes. *Comunicata Scientiae*. 2(3):135-141. <https://www.comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/39>.
- 19 Krause, M. R.; Monaco, P. A.; Haddade, I. R.; Meneghelli, L. A. y Souza, T. D. 2017. Aproveitamento de resíduos agrícolas na composição de substratos para produção de mudas de tomateiro. *Horticultura Brasileira*. 35(2):305-310. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620170224>.
- 20 Laynez-Garsaball, J.; Méndez-Natera, J. y Mayz-Figueroa, J. 2008. Efecto de la salinidad y del tamaño de la semilla sobre la germinación y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea*

- mays* L.) bajo condiciones de laboratorio. *Tip Rev. especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 11(1):17-25. <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-888X2008000100017&script=sci-arttext>.
- 21 Mahdavi, B. and Sanavy, S. A. M. M. 2007. Germination and seedling growth in grasspea (*Lathyrus sativus*) cultivars under salinity conditions. *Pakistan J. Biol. Sci.* 10(2):273-279. <https://scialert.net/fulltext/?doi=pjbs.2007.273.279>.
 - 22 Mazorra-Manzano, M. y Moreno-Hernández, J. 2019. Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal. *CienciaUAT*. 14(1):133-144. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1134>.
 - 23 Mieles-Cedeño, M.; Yépez-Tamayo, L. y Ramírez-Cárdenas, L. 2018. Elaboración de una bebida utilizando subproductos de la industria láctea. *Enfoque UTE*. 9(2):59-69. <https://www.redalyc.org/journal/5722/572262061006/html/>.
 - 24 Montalvo-Salinas, D.; Ruíz-Terán, F.; Luna-Solano, G and Cantú-Lozano, D. 2018. Modeling rheological of whey on function of shear rate, temperatura and total solids concentration. *Rev. Tec. Ing. Univ. Zulia*. 41(3):156-164. <https://www.redalyc.org/exportarcita.oa?id=605766523006>.
 - 25 Morocho, M. T. y Leiva-Mora, M. 2019. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro agrícola. Universidad Central 'Marta Abreu' de las Villas*. 46(2):93-103. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S0253-57852019000200093>.
 - 26 Navarro, A. R.; Arrueta, R. G. y Maldonado, M. C. 2006. Determinación del efecto de diferentes compuestos a través de ensayos de fitotoxicidad usando semillas de lechuga, escarola y achicoria. *Rev. Toxicol.* 23(2-3):125-129. <https://www.redalyc.org/pdf/919/91923306.pdf>.
 - 27 Panesar, P. S.; Kennedy, J. F.; Knill, C. J. and Kosseva, M. 2010. Production of L(+) lactic acid using *Lactobacillus casei* from whey. *Braz. arch. biol. Technol.* 53(1):43-54. <https://www.scielo.br/j/babt/a/NB5tWRQhM3ymdtH4TZ5rrxw/?lang=en#:~:text=Fermentation%20medium&text=The%20treated%20whey%20was%20supplemented,lactic%20acid%20using%20Lactobacillus%20cells>.
 - 28 Paredes-Mendoza, M. y Espinosa-Victoria, D. 2010. Ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfato: una revisión crítica. *Terra Latinoam. Chapingo*. 28(1):61-70. <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S0187-57792010000100007>.
 - 29 Parra, H. R. A. 2009. Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Rev. de la Facultad Nacional Agrícola de Medellín*. 62(1):4967-4982. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24892>.
 - 30 Porta, C. J.; López-Acevedo, R. y Roquero, L. C. 1999. *Edafología*. Editorial Mundi-Prensa, España.
 - 31 Quille, Q. L.; Luque, V. O. M. y Aruhuanca, O. F. P. 2021. Potencialidades del lactosuero generado por la industria quesera y su valorización. *Rev. Científica I+D Aswan Science*. 1(2):16-24. <https://doi.org/10.51392/rcidas.v1i2.10>.
 - 32 Ramírez, N. J. S. 2012. Aprovechamiento industrial de Lactosuero mediante procesos fermentativos. *Rev. especializada en ingeniería de procesos en alimentos y biomateriales*. 6:69-83. <https://doi.org/10.22490/25394088.1100>.
 - 33 Robbins, C. W and Lehrs, G. A. 1998. Cheese whey as a soil conditioner. Ed. *Handbook of soil conditioners: substances that enhance the physical properties of soil*. Marcel Dekker Inc. New York, 167-186 pp. <https://www.researchgate.net/publication/290802080-Cheese-whey-as-a-soil-conditioner>.
 - 34 Schultz, E.; Vaajasaari, K.; Joutti, A. and Ahtiainen, J. 2002. Toxicity of industrial wastes and waste leaching test eluates containing organic compounds. *Ecotoxicology and environment safety*. *Environ. Res.* 52(3) 248-255. <https://doi.org/10.1006/eesa.2002.2183>

- 35 SAS. 2004. Statistical Analysis System Institute Inc. /STAT 9.0 User guide. Cary, NC: SAS.
- 36 Teac#, C. and Bod#rl#u, R. 2008. Assessment of toxicity of industrial wastes using crop plant assays. *BioResources*. 3(4):1130-1145. <https://www.semanticscholar.org/paper/assessment-of-toxicity-of-industrial-wastes-usingTeac%C4%83Bod%C4%ADr%C7%8Eu/6ec7fe8ca924267096e6328c476044b1574b02ae>.
- 37 Tiquia, S. M. and Tam, N. F. Y. 2000. Co-composting of spent pig litter and sludge with forced aeration. *Biores. Technol.* 72(1):1-7. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852499900925>.
- 38 Uc-Peraza, R. G. y Delgado-Blas, V. H. 2012. Determinación de la concentración letal media (CL50) de cuatro detergentes domésticos biodegradables en *Laeonereis culveri* (Webster 1879) (Polychaeta; annelida). *Rev. Int. de contaminación ambiental UNAM*. 28(2):137-144. <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S0188-4999-2012000200004>.
- 39 Utama, G. L; Kurnani, T. B. A. and Sunardi, S. and Roostita, L. B. 2017. Reducing cheese-making by product disposal through ethanol fermentation and utilization of distillery waste for fertilizer. *Inter. J. Geomate*. 13(37):103-107. <https://www.researchgate.net/publication/319424532-Reducing-cheese-making-byproduct-disposal-through-ethanol-fermentation-and-the-utilization-of-distillery-waste-for-fertilizer>.
- 40 Villegas-Soto, N. R.; Hernández-Monzón, A. y Díaz-Abreu, J. A. 2018. Nuevo sistema tecnológico para producción de queso fresco con máximo aprovechamiento de componentes de leche. *Tecnología Química* . 38(3):135-165. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445558835008>.
- 41 Wang, W. 1987. Root elongation method for toxicity testing of organic and inorganic pollutant. *Environmental toxicology and chemistry*. 6(5):409-414. <https://doi.org/10.1002/etc.5620060509>.





Efecto del uso de lactosuero dulce en el riego de alfalfa y maíz

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 January 2023
Date accepted: 01 April 2023
Publication date: 20 September 2023
Publication date: August 2023
Volume: 14
Issue: 29 Suppl Especial
Electronic Location Identifier: e3532
DOI: 10.29312/remexca.v14i29.3532

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

fitotoxicidad
germinación
plántulas

Counts

Figures: 4

Tables: 1

Equations: 0

References: 41

Pages: 0