

Capítulo 7

**Sustento económico y sostenible,
mediante la formulación de fertilizantes
nitrogenados líquidos (FNL) aplicados al
campo agrícola**

**Economic and sustainable support
through the formulation of liquid nitrogen
fertilizers (LNF) applied to agricultural
fields**

*Santiago Manuel López Araujo
Adalid Graciano Obeso
Jesús Ramón Rodríguez Apodaca
Elvia Nereyda Rodríguez Saucedo*

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE26003412>



Resumen

Al contemplar los alimentos puestos en nuestras casas, pasa por nuestras mentes el trabajo que resulta llevarlos hasta nuestra mesa; pero solo es el resultado del trabajo propio que realizamos por el cual obtenemos una remuneración; sin embargo hay que visualizar también del otro lado, es decir, del lado del campo agrícola tanto productos hortícolas así como los cereales; la compra de semilla, mantenimiento de tierra, mano de obra y por último los insumos agrícolas como fertilizantes y agua de riego; juntos conjugan la productividad del campo; la adquisición de estos bienes son un esfuerzo del agricultor, sin contar también del estado actual de nuestra entidad o zonas rurales donde el trabajo es escaso y solo se vive de jornadas laborales en el campo o como jornaleros. El objetivo de esta investigación es establecer, producir y formular un fertilizante líquido (FL) que contenga nitrógeno en proporciones del 30 al 32% por litro, el cual sirva de fuente de nitrógeno (N) para suplir en momentos de escasez de fertilizantes sólidos nitrogenados (FSN) además de presentar una oportunidad de obtener un trabajo remunerado que aparte de servir a la sociedad también busque hacer más eficiente el uso de los fertilizantes. La información recabada en esta investigación solo se pronuncia un fertilizante líquido conocido como UAN 32, del cual no se especificó proceso alguno para elaborarlo, solo se limitaron a referencias de contenido y ninguna dosificación al cultivo. Se proponen dos fórmulas que contienen N en su forma amoniacal, nítrica y ureica.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es originario de México y se sabe que su cultivo inicio hace 7,000 años; siendo este uno de los granos más antiguos y también uno de los cultivos más importantes a nivel mundial Marveles et al. (2025). Actualmente el campo agrícola mexicano atraviesa proble-

mas graves de costos de producción donde estos han aumentado hasta un 46%, en los últimos cinco años, donde las ganancias en el cultivo maíz, se han reducido del 50 al 12%. (EL ECONOMISTA, 2025). Los rendimientos están relacionados directamente con la semilla de uso, los insumos, además de los fertilizantes y agroquímicos, los cuales son indispensables en esta actividad y sin olvidar soporte o asistencia técnica hacen en conjunto con lo anterior, que la producción tenga buenos resultados. (Roció, y otros, 2020). La agricultura es uno de los sectores más importantes en la actividad económica de los países (Vicente Solano, 2024); de forma global, la agricultura familiar representa el 70 y 80% de las tierras cultivables y suministra el 80% del alimento (FAO, 2021); en México representa una oportunidad de hacer frente a los precios altos de los alimentos y además de hacer estos alimentos más accesibles para la población. (SAGARPA, 2012). De igual forma las plantas requieren de fertilizantes para desarrollo, nutrición y producción. (Vázquez et al., 2023)

Los insumos primordiales son los fertilizantes; los cuales, países con bajo desarrollo o mediano no tienen las tecnologías para producirlo internamente, por lo que es necesario importarlo; siendo China, Rusia y Canadá los principales exportadores en el 2022 (Mallen et al., 2025). Los fertilizantes han estado cambiando y continuando al alza en sus costos por factores como escasez de gas natural, el cual proporciona la energía y fuente de materia prima, por políticas internas de los países productores de Europa, como China, Reino Unido entre otros; además del cierre por ser incosteable su elaboración, problemas logísticos y sanciones a países como Rusia. (INFORURAL, 2022).

Un movimiento que actualmente está tomando auge en nuestra región de Sinaloa, es la creación de plantas productoras de fertilizante la cual vendría a bajar los precios en el mercado de estos productos, además de un costo menor en logística, una mayor disponibilidad de insumos y creación de fuentes de empleo. (Haro et al., 2024). Esto vendría hacer un apoyo en cuanto a las necesidades del campo de insumos primordiales para obtener producciones aceptables en los cultivos. Mientras esto sucede, es necesario la búsqueda de alternativas para satisfacer en los momentos de escasez o hacer uso de lo que se tienen mejorando su eficiencia en la aplicación. Una de las alternativas que apoyen al campo

y beneficien al agricultor o trabajador que requiera emprender una nueva fuente de sustento y con esto el ahorro de los nutrientes o fertilizantes nitrogenados, consistiría en la formulación de una alternativa de FL y su aplicación en el campo, vendría a replantear el uso de los nutrientes sólidos actuales como la urea; (Melgar y Torres et al., 2014) informa sobre que un FL fuente de N, tiene más efectividad en la conservación del N que el FSN (urea), y si su aplicación se hace por medio de fertirriego, el cual facilita la nutrición del cultivo como dice el autor (Camarillo et al., 2021).

Basados en esta eficiencia de un FL, es posible establecer una forma de producirlos y venderlos con el fin de mejorar las expectativas económicas de quien lo formula propiamente ablando del agricultor en su propia agricultura familiar o personas que desea mejorar su economía en zonas donde es difícil conseguir el sustento en otras labores más industriales que no sea proveniente de las labores del campo. Es necesario indagar y buscar información o el estado del arte como parte de esta investigación para poder establecer los puntos clave para formular un FL que sea fuente del nutriente N, que se acerque a las características principales y su proceso de elaboración. Con esta investigación, establecemos el desarrollo de un producto nuevo y que pueda ser aplicado al cultivo del maíz (*Zea mays* L.).

Considerando, además el planteamiento de los posibles costos que implica el formularlo y con esto también causar un impacto positivo y sostenible en la reducción de los efectos de contaminación, el cual es provocado por el uso excesivo de fertilizante sólido nitrogenado.

La formulación de un FL con proporción de N mínimo del 30 a 32% por litro, podría ser la forma más utilizable y asimilable en los cultivos; además de que, debido a su forma más asimilable, también el costo beneficio comparado con el sólido urea, beneficia al agricultor y al medio ambiente. Tomando en cuenta los aspectos económicos, social y ambiental, los cuales son cimiento de la sostenibilidad, que nos encamina al cumplimiento de políticas ambientales internacionales como aquellas escritas y plasmadas sobre la Agenda 2030 (NNUU, 2015), específicamente en los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) como lo son el ODS 1, ODS 2, ODS 8 y ODS 12 enfocados en fin de la pobreza, el

trabajo decente, la producción y consumo responsable, como también a una agricultura sostenible vista por Morillo et al. (2022).

Con todo esta información se genera una hipótesis de trabajo sobre la formulación de un FL, los cuales podrían ser más eficientes en cuanto al volumen usado y aplicación, con respecto al uso del fertilizante sólido nitrogenado (FSN), conocido como urea; y por el lado económico el costo beneficio del uso del FL pasaría a hacer una alternativa más económica para el agricultor reduciendo el fertilizante y enfocado a elaborarlo como trabajo decente; generando ingresos que podrían ser una mejor forma de vivir y cuidar el campo agrícola .

Si nos enfocamos más en los ODS, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en el 2015, dejó instalada la Agenda 2030, que trata sobre los ODS con los cuales se establecen las oportunidades para que los países y sus sociedades, emprendan un rumbo nuevo para mejorar la vida y el bienestar de las personas, cuidando de evitar dejar a alguien rezagado (NNUU, 2021). Como lo menciona, Morillo et al. (2022), dentro de esta agenda, han quedado establecidos 17 objetivos que permiten trabajar de una forma muy detallada en los temas sobre superación de niveles de desarrollo en las diferentes áreas como sociales, políticas y económicas. Estos 17 ODS, se relacionan y agrupan, en las áreas en las que más se observan las debilidades de todos los pueblos. Los cuales son: ODS 1: Fin de la pobreza mundial y total; ODS 2: Hambre cero, manteniendo la seguridad alimentaria, mediante la agricultura sostenible; ODS 3: Salud y bienestar de todas las personas, niños y adultos; ODS 4: Educación de calidad; ODS 5: Igualdad de género; ODS 6: Agua limpia y saneamiento, tanto calidad como disponibilidad; ODS 7: Energía segura no contaminante; ODS 8: Trabajo decente con lo que implica crecimiento económico; ODS 9: Industria, innovación e infraestructura; ODS 10: Mitigar y reducir las desigualdades entre los países; ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles; ODS 12: Producción y consumo responsable; ODS 13: Acciones por el clima, ODS 14: Conservar los océanos y mares con su vida submarina; ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres conservando la biodiversidad; ODS 16: Paz, justicia e instituciones sólidas; y por último, el ODS 17: que trata del mutuo apoyo en alianzas para lograr los objetivos establecidos en la Agenda 2030 por la ONU (ONU, 2015).

Enfocando el trabajo a los ODS 1 poner fin a la pobreza, ODS 8 que refiere a un trabajo decente y ODS 9 industria innovación e infraestructura, ODS 12 producción y consumo responsable, el empleo de fuentes alternas de fertilización, como elaborarlas y establecer su venta puede ser un mejor sustento económico en la vida del agricultor o persona afín a este giro agroindustrial y beneficiando también a la agricultura. Por su parte Mier-Tous et al. (2023), nos menciona que unos de los sectores de más importancia en América Latina (AL), es la agricultura; ya que esta actividad está integrada en la económica del país. Es por esto que en lo específico la agricultura sostenible, contempla un enfoque en los aspectos, económicos, sociales y ambientales; por lo que se busca eficientar al máximo la producción agrícola y mantenerla a largo plazo, reduciendo al momento el impacto negativo en el medio ambiente y la salud humana.

En el tema sobre el FL más usado, se hace una breve descripción de la fórmula conocida como UAN (urea-nitrato de amonio), formulado con urea y nitrato de amonio (Melgar y Torres Duggan, 2014), el N32, que es una expresión sobre un líquido que contiene los tres tipos de N (ureico, amoniaco y nítrico) (Vera, 2002), y sus concentraciones van desde el 20 % al 32 % respectivamente en N (Palgrave, 1991).

Durante el análisis documental, se observa que el fertilizante conocido como urea, es el fertilizante nitrogenado más empleado para los cultivos, por ser fuente más económica; y que contiene el 46 % de N ureico. Pero este tipo de N, requiere de un proceso de degradación, una vez colocado en el suelo del cultivo; otro conocido como nitrato de amonio con el 33 % de N, seguido por el sulfato de amonio (SAM) con 21 % N y 24 % de azufre como sulfato (S04). También, contamos con el nitrato de calcio que, además de agregar el 12 % de N, agrega un 24 % Calcio (Ca), a los cuales los conocemos como fertilizantes químicos (Sadeghian y Osorio, 2022), y su aplicación por ser granulares sólidos, se hace en forma física, solos o combinados. Además, el fertilizante más conocido y económico es la urea el cual tiene desventaja al aplicarse al cultivo, ya que se fuga o pierde la mitad de nutrientes contenidos, según Lassaletta et al. (2021). Con estos datos, los agricultores adicionan más cantidad, lo cual hace de esto, un problema para el campo porque se generan pérdidas económicas para el agricultor por el excedente de este fertilizante. Esto se combina

con la poca asimilación del N por el cultivo; y para sumarle a este método de utilización de la urea, se podrían considerar las pérdidas de N por su uso excesivo, dando como resultado la formación de gases invernadero, entre los que encontramos el óxido de nitrógeno, que es uno de los principales generadores de calentamiento global, como se menciona en Quemada y Gabriel (2023).

Siguiendo con la descripción de la utilización de las fórmulas sólidos granulares de los productos nitrogenados, para su utilización en agricultura, se tienen que considerar, además, las pérdidas del N aplicado por la conversión realizada por los microorganismos en el suelo, causando mineralización, lo cual se refleja aún más pérdidas de N disponible para la utilización del cultivo (Larios-González et al., 2021).

Con lo anterior, podemos mencionar una forma más de alternativa como fuente nitrogenada para uso en los cultivos agrícolas y el propio campo; el empleo de los fertilizantes, utilizando otra vía de administración como la forma líquida, y utilizando el fertirriego, la cual podría dar mejores resultados de proporcionar los nutrientes en las dosis adecuadas (Camarillo et al., 2021). Generando investigación en los FL sobre la forma de elaborarlos y considerando también la propia aplicación de dicho producto nitrogenado líquido, con la posibilidad de ser usado en los cereales como el maíz y demás cultivos.

Como objetivo de esta investigación, es el recabar toda la información referente a los pasos que debemos seguir para establecer una formulación de un producto líquido nitrogenado formulado con una concentración mínima por litro de 30-0-0; además de costear dicha formulación y aplicarlo al cultivo de maíz. Con estos datos recabados e incluidos la forma de elaborarlo, se empleará en proyectos de investigación a campo abierto, mientras tanto se costea y se diseña la formulación para que el agricultor pueda elaborarla y así en lo más cercano, establecer su propio negocio beneficiándose tanto en el uso de este producto como en su venta.

Pues bien, el principal motivo de la elaboración de un (FL) fuente de N, con una concentración mínima del 30% por litro, es el de buscar alternativas de fertilización para el campo tanto en la mejor forma de hacer eficiente su aplicación, el costo beneficio, así como dar sustento y bienestar económico tanto para el agricultor como para los nuevos

emprendedores que quiera ser suya esta tarea de una nueva fuente de empleo. Con esto, así establecer un proceso más beneficioso que permita; el ahorro del fertilizante, menos contaminación e impacto ambiental y el mejor uso del insumo agua; empleando el fertirriego, nos permitirá hacer más sostenible las aplicaciones de fertilizante y el insumo agua.

Metodología

Basando a investigación, en dos momentos metodológicos importantes; la primera fue la recopilación de información en bases de datos e información y la segunda, fue la formulación y costeo de un FL. La primera parte, consistió en la localización puntual de la información documental en la que se basa la teoría de la formulación, utilización y evaluación en los estudios de los FL.

Empleando la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), la cual consiste en la búsqueda sobre palabras claves que se relacionan tanto directamente como indirecta del tema de investigación del estado del arte (Page et al., 2021) en la aplicación sostenible de FL en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) y apoyados en trabajos anteriores se realizó la búsqueda de información documental en las bases de datos de libre acceso para comprobar y diferenciar las formulaciones enfocadas tema, así como la utilización y las posibles evaluaciones del FL reportados en la literatura.

La parte complementaria, fue basada en el desarrollo de una formulación de FL fuente de N; con base, en la información histórica recabada y evaluación de la literatura consultada, se encontró información valiosa sobre los nutrientes que se mencionan, como fuentes de N; estos son sulfato de amonio estadar (SAM) (21-0-0-24s), urea granular (46-0-0), nitrato de amonio (33-0-0), fosfonitrato (33-03-0) y sulfonit (33-0-0-3s).

Utilizando concentraciones basadas en las fuentes consultadas, se realizaron dos procesos de mezcla física, con el propósito el de desarrollar formulaciones propias de FL, que contendrían mínimamente de un 30 al 40% de N por litro, utilizando como diluyente agua y cuyas densidades estén entre 1.29 a 1.32.

En lo general, para la elaboración de las fórmulas nitrogenadas FL y

costearlas, se realizaron en un laboratorio de química y control de calidad, equipado con extractores y campana de trabajo para su adecuada ventilación. Además, de utilizar equipo de protección personal (EPP) como mascarilla-respirador con anteojos de seguridad y filtros especiales. Esto, con el objetivo de salvaguardar la salud e integridad física en el tiempo de que dure el proceso de cada formulación, evitando la exposición a gases y vapores, de tipo químicos y agrícolas emanados durante el proceso de disolución.

Los procesos y pasos a seguir para cada formulación se mencionan en las siguientes líneas:

Proceso de formulación 1

Se utilizó un vaso de precipitado 1000 ml o recipiente capaz de contener el volumen total y resistencia a la temperatura máxima 45°C, totalmente limpio como recipiente; y se agregó agua corriente; el porcentaje que debe contener estará entre los 22 y 25% del volumen total a producir; si se desea producir 1,290 g de fertilizante líquido, le corresponde agregar 284 g de agua. Posteriormente, el primer nutriente utilizado; basada en las propiedades hidroskopias y su concentración fue la urea (46-0-0), ya que esta, es una de las fuentes de N más fuertes en esta propiedad, precedido del SAM (21-0-024s). Acto seguido, fueron agregados 486 g al medio de dilución; para este caso solo agua corriente, en el vaso de precipitados inicial. Una vez finalizada la dilución del primer ingrediente nitrogenado, se agregó la segunda fuente nitrogenada, que corresponde al fertilizante, que aparte de ser higroscópico, debe de contener un grado de solubilidad alto; generalmente le corresponde al nitrato de amonio (33-0-0), sulfonit (33-0-0-3s) o fosfonitrato (33-03-0), una cantidad de 527 g; Dependiendo de las condiciones climáticas o ambientales del lugar donde se formule ocupara calentar previamente el agua destilada inicial mínimamente a 45°C.

Generalmente, las mezclas nitrogenadas generan una reacción endotérmica, es decir, la mezcla utiliza la energía de sus alrededores para mejorar la disolución de los componentes sólidos y quedar homogéneas; esta propiedad física, causa un efecto de enfriamiento. Finalmente, lle-

vada a cabo la homogenización de la mezcla que contiene el fertilizante, se procedió a medir la densidad de la mezcla homogénea, la cual debe presentar medidas entre los 1.29 – 1.32 kilogramos por litro (kg/l).

Proceso de formulación 2

Se mantiene dentro de un rango de 45 a 50°C el agua corriente utilizada como diluyente. Para la elaboración de 1,300 g de mezcla nitrogenada. El proceso de formulación se lleva a cabo agregando 312 g de agua a un vaso de precipitado con capacidad de 1000 ml o recipiente, manteniendo la temperatura, se agregan 65 g del primer nutriente que correspondería al SAM (21-0-0-24s) y el cual es un fertilizante que se diluye rápido en agua agitándose suavemente. Diluido este ingrediente nitrogenado, continuar con el segundo elemento que corresponde al producto fosfonitrato (33-03-0), del cual se pesan 535 g, se agrega a la mezcla anterior y se sigue con la agitación. Por último, agregamos la urea granular (46-0-0) de la cual se pesan 433 g, se agrega a la mezcla anterior y seguido de agitación hasta diluir por completo bajo el mismo criterio de temperatura al rango mencionado al inicio. Los datos de formulación arrojan una mezcla que contiene mínimamente el 30% de nitrógeno por volumen, además de una densidad cercana al rango de 1.28 a 1.31 Kg. L-1; que contendría N nítrico, amoniacal y ureico.

En la Tabla 1, establecemos los costos de formulación aproximados en base a las cantidades utilizadas de los ingredientes nitrogenados de dos FL, que serían la opción más adecuada para suplir al fertilizante sólido como la urea.

Tabla 1*Costos de formulación.*

Formulación 1	Materiales	kg por litro de formula	Costo por kilo	Precio	\$ /l
	Urea	.355	9.4	3.337	
	Fosfonitrato	.420	9.3	3.906	
	Agua	.225	.01	0.003	
					7.246
Formulación 2	Materiales	Kg por litro de formula	Costo por kilo	Precio kg	\$ /l
	Urea	.385	9.4	3.62	
	Sam	.065	8.0	0.52	
	Fosfonitrato	.363	9.3	3.38	
	Agua	.312	.01	.031	7.55

Fuente: Elaboración propia.

Como se observan, los costos para elaborar un FL en cada formulación de prueba se encuentran entre los 7 a 7.6 pesos litros; son costos de solo las materias primas utilizadas para formular este fertilizante líquido. Actualmente, en el mercado el costo por litro de un fertilizante líquido nitrogenado ronda por los 17 a los 24 pesos litro; lo cual genera una ganancia bruta arriba del 100%; desde luego que la venta ya sería un estira y afloja con el cliente, además del costo de mano de obra y energía eléctrica que generalmente se refleja en la productividad que se tenga. Sin considerar, que este producto es empleado en grandes volúmenes, es decir que se vende en volúmenes grandes; así que con ganancias mínimas se establece una obtención de remuneración por formular y vender aceptables.

Sobre este tipo de formulaciones nitrogenadas, existen investigaciones, tal es el caso de Melgar-Torres et al. (2014) que afirman que las FL evitan perdidas de amoniaco comparada a la urea; así como Morales et al. (2019) y Barbieri et al. (2010), que establece que la urea granular solo se aprovecha el 75% o 25 % pérdidas en fertilizante aplicado; estas mismas afirmaciones llevan al propio agricultor a agregar más del ferti-

lizante sólido granular; lo cual genera pérdidas y provocaría un aumento de óxido de nitrógeno NO y óxido nitroso N₂O principales gases de calentamiento o invernadero, como lo relacionan autores como Zhang et al. (2020) y Quemada – Gabriel (2023).

Resultados y discusión

La búsqueda bibliográfica realizada, los artículos seleccionados apropiados por tener información relevante sobre el maíz, la fertilización nitrogenada empleada, las diversas formas en que las tierras de cultivo son tratadas previamente antes de la siembra, hacen complemento en dicha investigación actual. Entre esta preparación previa de la tierra de cultivo se observa limpieza, arado y acondicionamiento de área de siembra, también se toma en cuenta la cantidad de plantas o población por hectárea o metro lineal, así como la fertilización que en su mayoría se realiza convencionalmente, esto es utilizando fertilizantes granulados nitrogenados (FGN) como fuente de la nutrición del cultivo de maíz. Se comenta a continuación, datos de trabajos más esenciales en esta investigación.

Sánchez et al. (2023), en su investigación “Efecto de la densidad de población y la fertilización sobre la productividad del agua y rendimientos de híbridos de maíz en el Valle de México”, empleo métodos estadísticos de bloques al azar usando dos densidades de siembra e indicando tres tipos de tratamientos de fertilización N y P, los cuales fueron evaluados en el cultivo y su reacción de estas en el propio crecimiento del maíz.

Por su parte Barbieri et al. (2023), hace hincapié en las “Pérdidas de N por volatilización y eficiencia de uso en maíz desde urea aplicada en diferentes momentos”, con una densidad de 70,000 plantas por hectárea, utilizando un diseño experimental de bloques completos aleatorios y un arreglo factorial de 3 X 2; la fertilización nitrogenada fue también en dos fracciones, una cuando la planta tenía tres hojas y el resto cuando el cultivo alcanza seis hojas; los resultados fueron basados en la concentración de N en grano y el rendimiento total del cultivo.

Núñez-Ramírez et al. (2020), en su trabajo titulado “Tensión de humedad del suelo, crecimiento, eficiencia en el uso del agua y rendimiento de maíz cultivado en el noroeste de México”, realizó su experimento en

bloques al azar y en el punto de la fertilización, se fertilizó con N y P, la fuente fue SAM, MAP, UAN 32, y urea. Los resultados, fueron obtenidos a mediante el uso de variables que se establecieron en la investigación como altura y cantidad de hojas en diez muestras de plantas en cada sub parcela.

Debido a la escasa información sobre el método para poder formular un FL que lleve mínimamente el 30% de N, fuentes como Vera (2002), “Consideraciones necesarias en la preparación de la solución nutritiva”, establece que el UAN 32, corresponde aun mezcla de N ureico, amoniacal y nítrico. El cual del ureico comprende el 50% del total de este nutriente. En cambio, Melgar y Torres Duggan, (2014) “Manual de fertilizantes fluidos. Buenos Aires, Argentina: fluid fertilizer foundation”, nos comentan que el fertilizante líquido UAN, está constituido por una solución acuosa de urea a 120° C, y una solución de nitrato de amonio al 40%, que para dar la concentración deseada se agrega agua.

En consideración de Palgrave (1991), un fertilizante líquido UAN, debe de contener del 30 al 32% de N es una fórmula con buena estabilidad. Para lo cual, es un excelente dato que nos proporciona para la formulación de un FL. Esta información, se contrastó con otros datos y fuentes que mencionan a los nitrogenados comerciales denominados UAN, posicionándolos entre concentraciones que van del 28 al 32% de N disponible; en su caso, también se menciona que estos productos formulados deben de contener un inhibidor de corrosión para la protección de los tanques de almacenamiento (International Plant Nutrition Institute, 2017).

En una revisión sistemática referida a la sostenibilidad del uso de fertilizantes nitrogenados en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.), López et al. (2024), detalló la aplicación de la metodología PRISMA, encontrado solo resultados referentes al uso de los fertilizantes nitrogenados convencionales en su mayoría; no se encontró detalles de formulación paso a paso, dosis o proceso de elaboración de un fertilizante liquido (FL) fuente de N, como alternativa de fertilización.

Con base en toda la información recabada y reportada, se pudo observar que solo se reporta el uso de un tipo de fertilizante líquido denominado UAN 32, omitiendo su formulación y las dosis de uso comparado con

granulares como la urea que el fertilizante más usado convencionalmente y otros de marcas comerciales disponibles en el mercado. Se desarrolló un FL con características similares al UAN 32, y evaluaremos en campo abierto en cultivos de cereales como el maíz en otras investigaciones futuras del grupo de trabajo.

Considerando por su parte, que la formulación de un FL con concentraciones del 30 , no se estableció en ninguna información recabada ya sea artículo o libro consultado, únicamente se indican de manera muy superficial como se obtienen y cuáles deberían ser sus posibles concentraciones y también el tipo de N que debiera contener; para nuestro trabajo se implementará el proceso de formulación en el que consistirá hacer una serie de pasos y posteriormente, con la información recabada de concentraciones y densidad que son específicas para mezclas nitrogenadas se llegó a obtener un FL que se empleará en el cultivo del maíz y como fuente de ingresos para los emprendedores en este ramo agroindustrial.

Conclusiones

Se ha encontrado que los fertilizantes más utilizados en los cultivos como el maíz, son en forma sólida, siendo la urea uno de los principales, además de usarse en conjunto con otras fuentes nitrogenadas como MAP o SAM. Y en el caso de los FL como fuente de N, se ha encontrado muy pocas referencias.

El aprender a formular un FL, constituye una fuente de trabajo noble y honrado, además de presentar un bienestar económico para quien lo realizaría, independientemente de que sea un agricultor o persona con giro empresarial diferente al agroindustrial; cumpliendo así con ODS 1 poner fin a la pobreza, aunado a el ODS 8 sobre trabajo decente, que involucra a la actividad de sacar ganancia de lo elaborado o formulado, y por último, pensar en que poco a poco las personas que se dedicaran a esta giro, cumplirían con el ODS 12, sobre producción y consumo responsable de los fertilizantes elaborados.

Una ventaja más que contemplaríamos, que al ser más eficiente el FL en su aplicación arrojará como efecto la disminución en las pérdidas de N, un ahorro económico y reduciendo los daños de contaminación al

medio ambiente que antes se apreciaba por el uso excesivo de fertilizantes granulares, además de cumplir con los ODS relacionados sobre cuidado del ambiente y seguridad alimentaria.

Referente al objetivo planteado el cual era desarrollar dos formulaciones de un fertilizante líquido de las consideraciones planteadas en literatura citada y consultada como bases de datos de libre acceso, costearlas y comparar previamente los posibles beneficios económicos, se concluye que se cumplió al momento de la elaboración de las formulaciones descritas en la metodología y en los resultados.

El proceso y desarrollo de estas nuevas formulaciones, fueron basadas en la fórmula UAN 32 (Palgrave, 1991) siguiendo un porcentaje promedio del 30 % de la literatura citada. Se obtuvieron dos formulaciones nitrogenadas líquidas a partir del 30 % de N en volumen como contenido mínimo, las cuales presentaron un rango de densidad de 1.29 al 1.33 kg. L-1, como datos más relevantes en el proceso, basados en la literatura revisada.

La aplicación de los fertilizantes en el campo agrícola, para una mejor producción de los cultivos viene a ser tan necesaria como la utilización del agua, lo cual no podemos evitar el uso de estos, desde luego que tienen que ser apegado a los principios de conservación, sostenibilidad y sustentabilidad, haciendo un correcto uso de estos. El aspecto económico del costo de los fertilizantes tiene que ver su elaboración y abastecimiento, la logística de entregas y el costo final de este.

Lo que sería excelente para beneficio del campo agrícola y las cosechas, es la producción de fertilizantes líquidos y sólidos en nuestro país; con volúmenes que puedan sustentar las necesidades del campo; finalmente, considerando los factores; el de formulación y costos, se considera un aporte a la utilización de FL como fuente de N, como una opción de alternativa económica para el agricultor, orientado a los objetivos de poner fin a la pobreza, trabajo decente y desarrollo e innovación, marcado en las políticas internacionales de la Agenda 2030, en los ODS.

Referencias

- Camarillo, D. A., Aguilar, L. A., Dovala, J. M., Arriaga, M. R., y Pineda, J. P. (2021). Aplicación fraccionada de fertilizantes vía fertirriego y la eficiencia del nitrógeno, fósforo y potasio en calabacita. *ACTA AGRÍCOLA Y PECUARIA*, 1-8. doi:doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071001 (19 de febrero de 2021)
- Delgado, J. A., Salazar, J. A., Flores, J. S., y Aguillón, C. B. (2025). Efectos de la Política de Precios de Garantía y del Programa de Fertilizantes sobre la producción de maíz y el sistema agroalimentario mexicano. Estado de México: Acta Universitaria. doi:https://doi.org/10.15174/au.2025.4439
- EL ECONOMISTA. (2025). México vive una crisis agrícola sin precedentes; alertan falta de políticas públicas. Obtenido de <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/mexico-vive-crisis-agricola-precedentes-alertan-falta-politicas-publicas-20251014-781491.html>
- Haro, P. A., Ceceña, M. G., y Camiade, R. P. (2024). La planta de fertilizantes GPO y el movimiento “Aquí NO” en Topolobampo, Sinaloa. *SASKAB*, 1-8.
- INFORURAL. (2022). Alto precio de fertilizantes elevará costos de producción agrícola en México. Inforural. Obtenido de <https://inforural.com.mx/articulo/alto-precio-de-fertilizantes-eleva-costos-de-produccion-agricola-en-mexico>
- IPN INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. (s.f.). *FUENTES DE NUTRIENTES ESPECIFICOS*. 7.
- Larios-González, R. G. (2021). Pérdidas de nitrógeno por volatilización a partir de dos fuentes nitrogenadas y dos métodos de aplicación. *SIEMBRA*, 1 -12.
- Lassaletta, L., Sanz-Cobena, A., Aguilera, E., Quemada, M., Billen, G., Bondeau, A., . . . Vallejo, A. (2021). Dinámica del nitrógeno en sistemas de cultivo bajo clima mediterráneo: un análisis sistémico. *environmental reseach*, 1 - 24.
- Mallen, R. C., Coral, C., Hambloch, C., y Macías, A. G. (2025). Dependencia de las importaciones de fertilizantes y ventaja comparativa revelada 2016 - 2023:Perpectivas para México y Ecuador. *SOCIEDA-*

- DES RURALES, PRODUCCIÓN Y MEDIO AMBIENTE , 71-96.
- Melgar, R., y Torres Duggan, M. (2014). Manual de fertilizantes fluidos. Buenos Aires ,Argentina,.
- Mier-Tous, J.-M., Pineda-Vides, F., Hernández-Ureche, J., Troncoso-Palacio, A., Andrade-Perez, J., & Padilla-Barrios, J.-I. (2023). Una Revisión Preliminar de la Literatura Sobre los Retos en la Agricultura Sostenible de America Latina. *BILO*, 95-105. doi:DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.5.1.2023.09>
- Morillo, J. P., Franco, Y. A., & Ruiz, T. F. (2022). Información, educación y la sociedad en la perspectiva 2030. panamá: Ediciones Clío. Obtenido de <https://www.edicionesclio.com>
- Núñez - Ramírez, F. -G.-S.-C.-I.-R.-R. (2020). Tensión de humedad del suelo, crecimiento, eficiencia en el uso del agua y rendimiento de maíz cultivado en el noroeste de México. *Terra Latinoamericana*, 805 - 815. doi:doi.org/10.28940/terra.v38i4.763
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. (2021). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Obtenido de <https://www.fao.org/3/cb4476es/cb4476es.pdf>
- PALGRAVE, D. (1991). *FLUID FERTILIZER SCIENCE AND TECHNOLOGY*. NEW YORK: PRENSA CRC.
- Quemada, M., y Gabriel, J. L. (2023). Impacto de los fertilizantes y la energía en producción de alimentos. *Fundación de Estudios Rurales*, 98-102.
- Rocio, R. J., Alberto, G. S., Roberto, G. M., Elena, G. B., J., E. M., y Marcos, P. V. (2020). DETERMINACIÓN DE LAS REGIONES MÁS COMPETITIVAS DE MAÍZ EN EL ESTADO DE MÉXICO EN FUNCIÓN DE LA PRODUCCIÓN POTENCIAL. *Interciencia*, 150-157.
- Sadeghian, S., y González-Osorio, H. (2022). Fertilizantes nitrogenados Implicaciones agronómicas para el cultivo del café en Colombia. *Cenicafé*, 1 -8. doi:doi.org/10.38141/10779/0544
- SADER. (2023). Cultivando el Futuro: Agricultura Sostenible y Sustentable. Recuperado el 17 de Septiembre de 2025, de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cultivando-el-futuro-agricultura-sostenible-y-sustentable>

- SAGARPA. (2012). Agricultura familiar con potencial productivo en México. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-agricultura-familiar-con-potencial-productivo-en-mexico.pdf>
- Vázquez, F. A., Fuente, M. C., Mendoza, A. B., Torres, V. R., Maldonado, A. J., León, Á. G., y Rangel, A. S. (2023). Influencia de cuatro concentraciones de solución Steiner sobre los nutrientes en la solución del suelo y productividad en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *TERRA LATINOAMERICANA*, 1-12.
- VERA, A. L. (2002). CONSIDERACIONES NECESARIAS EN LA PREPARACION DE LA SOLUCION NUTRITIVA. *VIDA RURAL*, 36-40.
- Vicente Solano, S. V. (2024). Fertilizers in Agricultural Production: An Analysis of the Perception of Use. *Apuntes del Cenes*, 209-234.
- Zhang, C., Lia, X., Yanb, H., Ullah, I., Zuo, Z., Li, L., & Yu, J. (2020). Effects of irrigation quantity and biochar on soil physical properties, growth characteristics, yield and quality of greenhouse tomato. *ScienceDirect*, 7. doi:10.1016/j.agwat.2020.106263.