Estrategia de Acompañamiento Técnico

MANUALES PRÁCTICOS PARA LA ELABORACIÓN DE BIOINSUMOS

6. Solución Steiner.

AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

INIFAP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

Producción para el Bienestar

ÍNDICE

1. Presentación..... 1
2. Introducción..... 3
3. ¿Qué es la solución Steiner?..... 6
   3.1. Funciones..... 7
   3.2. Ventajas..... 8
4. Un poco de historia..... 9
5. Elaboración de solución Steiner..... 11
   5.1. Ingredientes necesarios..... 11
   5.2. Materiales y herramientas..... 13
   5.3. Proceso de elaboración..... 16
6. Características físicas y químicas del producto final..... 20
7. Forma de aplicación..... 21
8. Almacenamiento y caducidad..... 22
9. Recomendaciones generales..... 22
10. Bitácora de seguimiento..... 23
11. Evaluación..... 26
12. Diagrama del proceso de producción..... 27
13. Referencias bibliográficas..... 28

1. Presentación

"Todo es mejorable y perfectible, constantemente y más en el campo, en la agricultura, en donde están implicados miles de factores para su realización" [1]

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) a través de la Estrategia de Acompañamiento Técnico (EAT)[2] del Programa Producción para el Bienestar, difunde y refuerza prácticas agroecológicas para el mejoramiento de la productividad y a su vez promueve sistemas locales de producción y consumo de alimentos sanos, nutritivos, resilientes, competitivos y socialmente responsables.

"Producción para el Bienestar aumentará la producción y con apoyos entregados de forma previa a las siembras, propiciará la inversión y mayor productividad en granos como el maíz, arroz, frijol, trigo harinero, además de sostener el esfuerzo productivo en café y caña de azúcar. Los apoyos del programa llevan bienestar a ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios."[3] Y, para 2021, se integran productoras y productores de cacao y miel.

Dentro del reforzamiento de las prácticas agroecológicas, la EAT promueve el uso y producción de bioinsumos, actividades indispensables para avanzar en el proceso de transición agroecológica. Los bioinsumos son más baratos, efectivos e inocuos, permitiendo que la actividad agrícola sea rentable y económicamente justa. Para el cumplimiento de dicho objetivo, se han contratado los servicios de técnicos profesionales de diversas disciplinas, a quienes se les ha llamado Técnicos Agroecológicos (TA), porque su mayor función es promover la utilización de metodologías que aseguren un manejo sustentable de los cultivos. Estos TA reciben el apoyo de Técnicos Sociales (TS), que procuran y alientan la organización de las y los productores enfocándose en la autoproducción de insumos y en el desarrollo de conocimientos.

En este sentido y con base en el convenio entre Agricultura y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para el ejercicio presupuestal 2021, ponemos a su disposición una serie de 16 manuales preparados como documentos de referencia. En ellos se plasma una metodología estandarizada y se homologan técnicas y prácticas agroecológicas, con el objetivo de facilitar la autoproducción de bioinsumos, y se proporciona información detallada sobre todo el proceso de preparación, manejo, utilización y aplicación eficiente en campo.

---

[1]Frase atribuida a un técnico agroecológico de la EAT.
[2]La EAT tiene su origen a mediados del 2019 cuyo objetivo central es: incrementar las capacidades de los pequeños productores para transitar hacia un modelo agrícola mas sustentable, resiliente y productivo.
[3]https://www.gob.mx/produccionparaelbienestar

Estos manuales además habrán de servir de herramienta para las y los técnicos agroecológicos de la EAT del Programa Producción para el Bienestar, para que las y los productores puedan desarrollar y ampliar sus conocimientos para la producción de bioinsumos, y de esa manera mejoren y aumenten la producción de alimentos y eliminar gradualmente el uso de fertilizantes y herbicidas químicos para cumplir el objetivo de alcanzar la autosuficiencia alimentaria.

A lo largo de esta serie de 16 manuales abordamos algunas de las diversas técnicas y prácticas agroecológicas para la auto producción de insumos. Dichos insumos orgánicos contribuyen, según sea el caso, al mejoramiento del suelo, al aumento de la nutrición vegetal y al control de plagas y enfermedades.

Para el tema del mejoramiento de suelo y del cultivo en general, ponemos a su disposición los manuales de: **Bocashi, Composta, Reproducción de microorganismos de montaña, Reproducción de microorganismos específicos, Humus de lombriz convencional y Lixiviado de lombriz; para aumentar la nutrición vegetal: Supermagro, Té de composta, Solución Steiner e Inoculación de semillas; para el control de plagas y enfermedades: Agua carbonatada, Caldo sulfocálcico, Caldo bordelés, Agua de vidrio, Extractos vegetales, y Trampas.**

El presente manual que corresponde al número 7 de la serie, atañe a la técnica agroecológica **Solución Steiner;** la fórmula que a continuación se presenta es para el cultivo de maíz, y ha sido utilizada en los últimos años por los productores como un nutriente vegetal que pone a disposición los elementos necesarios para un buen desarrollo vegetativo. Está enriquecida con macro y micronutrientes, ácidos orgánicos, aminoácidos, ácidos carboxílicos y lixiviado de lombriz.

Incluye una breve historia y un concepto general del uso de este insumo; además, los ingredientes, herramientas y materiales necesarios para su preparación paso por paso, sumando recomendaciones muy específicas, así como las características físicas y químicas que aseguren la calidad y buenos resultados en su aplicación. Se anexa una bitácora sencilla de seguimiento al proceso y a las aplicaciones, para garantizar un registro que pueda ser llevado a un análisis, revisión y en su caso a una investigación para la mejora del insumo.

Al final del manual se agrega una evaluación con preguntas puntuales que refuercen lo aprendido y con ello puedan desarrollar diversas técnicas y prácticas agroecológicas a partir de la autoproducción de bioinsumos y contribuir al objetivo de alcanzar la autosuficiencia alimentaria, planteada por el Gobierno de la Cuarta Transformación.

2. Introducción

“Mejor sería no hacer nada, dijo uno de los filósofos optimistas, los problemas del futuro, el futuro los resolverá. Lo malo es que el futuro es ya hoy, dijo uno de los pesimistas”, José Saramago. *Las intermitencias de la muerte*. 2005[4]

“El país enfrenta una situación de alta dependencia alimentaria del exterior. Importamos casi la mitad de los alimentos que comemos y también la mayor parte de insumos, maquinaria, equipo, implementos y combustibles para la agricultura. El campo mexicano tiene potencial y capital humano –particularmente en productores de pequeña y mediana escala– para elevar producción y productividad y reducir esas importaciones”. [5]

Desde 1982 el sector rural, en particular la agricultura campesina, ha vivido una guerra sin cuartel “económica, política, social e ideológica provocando la mayor crisis social y alimentaria desde tiempos de la Revolución Mexicana de 1910 y afectando a millones de campesinos y pobladores rurales, así como a la gran mayoría de los mexicanos”. [6]

Las y los campesinos de México y el mundo comenzaron a experimentar nuevas formas de hacerle frente a las crisis estructurales del modelo agroindustrial, de revolución verde y transgénico. “Los tecnócratas contemporáneos ostentaron el falso o dudoso privilegio de tener un papel único y sin precedentes en el desarrollo de la agricultura industrial para el logro del bienestar humano; sin embargo, los mismos son la especie que más ha desarrollado el poder de cometer un suicidio colectivo y de destruir toda la vida en la tierra a partir del invento, la producción y aplicación de tecnología (máquinas, venenos, fertilizante, etc.) inadecuada y de origen bélico en los ecosistemas agrarios”. [7]

La agricultura en México tiene dos problemas centrales que se deben resolver de manera diferenciada.

Por un lado, los altos costos de producción, ya que la agricultura como actividad económica dejó de ser rentable para las y los pequeños productores, debido al encarecimiento de los insumos. El otro problema es el enorme deterioro de los suelos. Aproximadamente el 93 por ciento de los suelos cultivables expresan una pérdida considerable de su fertilidad y a este factor se agrega la pérdida física de suelo, por arrastre fluvial y por viento fuerte.

---

[4]Suárez, Víctor. *Políticas públicas para la agricultura*. 2011.
[5]*https://www.gob.mx/produccionparaelbienestar*
[6]Varios autores. *Nuevo proyecto de nación, por el renacimiento de México*. 2011.
[7]Restrepo, Jairo. *Manual práctico, el ABC de la agricultura orgánica y harinas de roca*. 2007.

La incorporación de insumos químicos durante los 30 años recientes casi ha acabado con la biota original de los suelos: con los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos etc.) y con las pequeñas especies (todo tipo de insectos y pequeños mamíferos y aves). La incorporación de elementos químicos solubles y asimilables por la planta no ha impedido la desmineralización paulatina del suelo, y es necesario incrementar la inducción de más minerales elementales químicos para poder obtener cosecha.

Uno de los aspectos más importantes para la producción de alimentos sanos, nutritivos e inocuos es el cuidado del suelo. Parecería algo elemental y obvio, sin embargo, durante todo el proceso de revolución verde, los suelos agrícolas fueron desechados, despreciados, así como las y los campesinos, bajo la lógica productivista y por la implementación de grandes cantidades de agrotóxicos y fertilizantes químicos. "Desde inicios del siglo XX, diversos estudios han afirmado que la fertilidad de los suelos determinaba el contenido de nutrientes de los alimentos y, por ende, la salud humana, dado que suelos que proveen un medio saludable rico en nutrientes, dan lugar a tejidos vegetales que contienen la mayoría de los elementos que el ser humano requiere". [8]

La autoproducción de insumos es una solución para suministrarlos en forma oportuna, con calidad y en cantidades suficientes. Se habla de autoproducir los requerimientos minerales y biológicos que necesitan los miles de pequeñas industrias biológicas que se ponen a trabajar cuando se siembran, a veces 45, 60 u 80 mil plantas. Microscópicas calderas (células) transforman minerales en compuestos moleculares y después en enzimas nutritivas y reactivas con la ayuda del agua de lluvia (o de riego) como reactivo poderoso y con la energía lumínica y el calor del sol.

"La calidad de los suelos ha sido resumida por Astier, Maass y Etchevers (2002) en tres principios: a) la productividad del ecosistema o agroecosistema, es decir la habilidad del suelo para seguir produciendo sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas; b) la calidad medioambiental entendida como la capacidad del suelo para atenuar contaminantes ambientales y patógenos y seguir proveyendo servicios como la reserva de carbono, el mantenimiento de la biodiversidad y la infiltración de agua, entre otros, y c) la capacidad de un suelo para producir alimentos sanos y nutritivos para los seres humanos y otros organismos.[9]

---

[8]Cotler, Helena, *Transiciones agroecológicas para recuperar la calidad del suelo. Revista LEISA*.
[9]*Ídem*.

El conocimiento integrado de las y los campesinos y de las y los científicos ha conseguido que las diversas prácticas y procesos sean efectivos para la recuperación de la fertilidad y vida del suelo con bajos costos, y con insumos disponibles en las parcelas, en el bosque y en la montaña. Con ello, es posible hacer frente al deterioro de los suelos por el excesivo uso de plaguicidas y fertilizantes químicos, cuyos efectos cada día son más evidentes en la contaminación de ríos, plantas y suelos y daños en la salud humana.

Es necesario escalar en el dominio del proceso para la elaboración de insumos orgánicos, pero eso solo es posible si se escala también en el conocimiento que se requiere para comprender los procesos productivos de las plantas, del suelo y de los ecosistemas. Para poder incidir en el desarrollo de un cultivo con eficiencia, se requiere información, y el suelo y la planta la pueden proporcionar a través de diferentes mediciones, incluyendo que al inicio del ciclo productivo se cuente con análisis físico-químicos y biológicos de ambos elementos, que proporcionarán los datos que dan las pistas para actuar, y cultivar eficientemente un planta o miles de ellas, evitando al mismo tiempo el deterioro de la fertilidad de los suelos.

La información es conocimiento, el conocimiento es solución, la solución es producción, la producción es ingreso económico, y un mayor ingreso es mayor garantía de vida digna. Una idea implícita en las investigaciones agroecológicas es que, entendiendo estas relaciones y procesos ecológicos, los agroecosistemas pueden ser manejados para mejorar la producción de forma más sustentable, con menores impactos negativos ambientales y sociales y un menor uso de insumos externos. En la conferencia número 20, "Experiencias Agroecológicas Internacionales", como parte del ciclo Autosuficiencia Alimentaria e Innovación Tecnológica con Prácticas Sustentables, que organiza la Secretaría de Agricultura, los expositores (Walter Jehn --Australia--, Vijay Kummar --India-- y Sebastiao Pinheiro --Brasil--) coincidieron en que "la revolución verde, que difundió la agricultura industrial, ha llegado a su saturación y su fin".[10]

La agroecología es una alternativa sostenible frente al modelo de revolución verde, transgénico y agroindustrial, y por ello es necesario sumar esfuerzos de todas y todos los actores comprometidos con el presente y futuro de la agricultura. El presente manual, y toda la colección, es una herramienta útil que se suma a este propósito.

---

[10] Gillet, Eliana, *Cómo la revolución verde llega a su saturación y su fin.* 2021. *https://mundo.sputniknews.com/opinion/202101291094277992-como-la-revolucion-verde-llego-a-su-saturacion-y-su-fin/*

3. ¿Qué es la Solución Steiner?

La solución Steiner es una solución nutritiva, donde se encuentran disueltos los nutrientes esenciales para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas. La solución universal Steiner es un fertilizante, y se compone de macronutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio, que son los elementos más demandados para el desarrollo de los cultivos, y de micronutrientes como: cloro, calcio, magnesio, azufre, boro, fierro, manganeso, zinc y molibdeno, elementos que se requieren en menor proporción.

La fórmula que se presenta en este manual está diseñada para el cultivo de maíz y se compone de los siguientes elementos:

- **Macronutrientes:** nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio.
- **Micronutrientes:** hierro, molibdeno, boro, manganeso y cobre.
- **Ácidos orgánicos:** málico, benzoico, oxálico, glutámico y fólico.
- **Aminoácido:** prolina.
- **Ácidos carboxílicos:** liberex.
- **Humus líquido:** lixiviado de lombriz.

Los macro y micronutrientes son nutrientes minerales esenciales para las plantas ya que ayudan a completar su ciclo de vida, además de que están involucrados en funciones metabólicas o estructurales en las cuales no pueden ser sustituidos. Cada planta posee su mínimo, óptimo y máximo de tolerancia para cada uno de los elementos nutritivos, por ello su disponibilidad debe ser la adecuada. Si falta alguno de los nutrientes, se producen síntomas de deficiencia en las plantas que, de no ser corregidos a tiempo, pueden conllevar a que el crecimiento se detenga y en casos extremos causar la muerte. El mal uso de las soluciones nutritivas también puede causar un efecto de fitotoxicidad por exceso en el aporte de nutrientes.

Los ácidos orgánicos influyen en el proceso fisiológico del crecimiento de las plantas, ya que incrementan la disponibilidad de forma soluble de diferentes elementos nutritivos.

La prolina es un aminoácido que se encuentra en pequeñas cantidades en las plantas, cuando éstas crecen en condiciones óptimas; en condiciones de estrés, se ha encontrado que el contenido de prolina aumenta para actuar como un agente osmótico, protegiendo a la planta de la deshidratación.

Los ácidos carboxílicos incrementan notablemente la absorción, asimilación y movilización de los nutrientes, lo que les permite a las plantas un mejor desarrollo y ayuda a obtener mejores y mayores cosechas.

El lixiviado de lombriz está compuesto por una cantidad importante de minerales, como: azufre, boro, calcio, fósforo, nitrógeno, manganeso, magnesio, potasio, sodio y zinc, algunos en menores cantidades que otros, lo cual ayuda a cubrir cualquier tipo de carencia que tengan las plantas, a complementar los nutrientes que ya existen y a evitar la concentración de las sales.

Los elementos que componen la solución nutritiva estarán presentes en forma de iones para que las plantas puedan asimilarlos, ya que no pueden absorberlos en su forma elemental; la combinación de todos enriquecerá la solución y se obtendrán mejores resultados en el cultivo de maíz. Se puede aplicar en la etapa vegetativa y se recomienda hacerlo de manera foliar, ya que su asimilación es más rápida; también puede ser aplicada a través del riego o a drench con ayuda de una mochila aspersora.

3.1. Funciones

- A través de su aplicación continua, mantiene concentraciones constantes de iones, necesarios para el desarrollo del cultivo.
- Aporta las cantidades necesarias de aminoácidos, proteínas, enzimas y vitaminas para el efectivo desarrollo vegetativo de las plantas.

En la siguiente tabla se describen las funciones específicas de cada uno de los elementos que integran esta solución nutritiva.

Nutriente	Función en la planta
Nitrógeno (N)	Forma parte de los aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos y clorofila.
Fósforo (P)	Constituye enzimas, ácidos nucleicos, fosfolípidos, glucosa y ATP.
Potasio (K)	Activador de enzimas y síntesis de proteínas.
Calcio (Ca)	Actúa como regulador del transporte de carbohidratos y forma parte de la estructura de la pared celular.
Magnesio (Mg)	Parte esencial de la molécula de clorofila.
Azufre (S)	Constituyente de aminoácidos y proteínas.
Hierro (Fe)	Encargado de la síntesis de clorofila y como portador de electrones en la fotosíntesis.

Manganeso (Mn)	Participa en la producción fotosintética de oxígeno a partir del agua y forma parte en la formación de clorofila.
Cobre (Cu)	Se involucra en la formación de la pared celular y es parte de algunas enzimas.
Boro (B)	También se encarga en el transporte de carbohidratos y viabilidad del polen.
Molibdeno (Mo)	El molibdeno es un componente clave en dos enzimas que convierten el nitrato a nitrito, para luego transformarlo a amoníaco. Esto, antes de usarlo para sintetizar aminoácidos dentro de la planta. Otra función del molibdeno en las plantas es convertir el fósforo inorgánico a formas orgánicas dentro de ellas.
Cloro (Cl)	Actúa como activador de enzimas para producción de oxígeno a partir del agua en la fotosíntesis.
Ac. Málico Ac. Benzoico Ac. Oxálico Ac. Glutámico Ac. Fólico Prolina Acidos Carboxílicos Lixiviado de Lombriz	• Estimulación de la floración. • Mejora del cuajado del fruto. • Mejora la relación de azúcar y acidez en la planta (grados Brix). • Inducen precocidad en el desarrollo vegetativo y la división celular, así como la diferenciación sexual. • Mejora el tamaño y la maduración del fruto. • Aumenta la absorción de nutrientes. • Favorece la producción de fitohormonas. • Mejora las propiedades del suelo. • Estimula el sistema inmunológico de la planta. • El benzoico, como precursor del ácido salicílico, participa en la cascada de señalización que da lugar a respuestas de adaptación, a la expresión de los sistemas de control de daño oxidativo y a la inducción de resistencia sistémica inducida en el caso de patogénesis. • La prolina es un regulador del funcionamiento interno de la planta y suele estimularse en situaciones de estrés de la planta. Por lo cual, ante una sequía, bajada de temperatura, viento o granizo, las aplicaciones externas de este aminoácido son muy favorables para permitir una salida de la situación negativa. • Los ácidos carboxílicos incrementan notablemente la absorción, asimilación y movilización de los nutrientes, lo que permite a las plantas un mejor desarrollo y ayuda a obtener mejores y mayores cosechas. • El lixiviado de lombriz está compuesto por una cantidad importante de minerales como: azufre, boro, calcio, fósforo, nitrógeno, manganeso, magnesio, potasio, sodio y zinc, algunos en menores cantidades que otros, lo cual ayuda a cubrir cualquier tipo de carencia que tengan las plantas, a complementar los nutrientes que ya existen y a evitar la concentración de las sales en el suelo.

3.2. Ventajas

- Es de fácil aplicación.
- Esta solución es completa y satisface la demanda nutricional del maíz.
- Puede aplicarse en la etapa vegetativa del maíz.
- Puede almacenarse hasta por un año.

4. Un poco de historia

Una solución nutritiva es una solución acuosa con una concentración conocida de nutrimentos disueltos, y se utiliza en la mayoría de los sistemas de producción de la agricultura protegida, mediante la técnica conocida como fertirriego, cuando el cultivo se establece en sustratos sólidos e hidroponía, es decir cuando el sistema de producción se realiza sin suelo, donde las raíces de las plantas son ubicadas directamente en la solución nutritiva, o bien, la solución nutritiva es asperjada en las raíces de éstas (aeroponia).

El holandés Abram A. Steiner estableció en 1961 el concepto de relación mutua entre los aniones NO3-, H2PO4- y SO4-, y entre los cationes K+, Ca2+ y Mg2+. Para esto se basó en que una solución nutritiva debe estar regulada en sus macronutrientes contenidos en los iones mencionados (i.e., N, P, K, Ca, etc.). Desarrolló un método para calcular una fórmula para la composición de una solución nutritiva, la cual satisface ciertos requerimientos nutrimentales de las plantas. Con ayuda de otros investigadores, se determinó que la composición y concentración de una solución nutritiva depende de la clase de cultivo, de la fase de desarrollo, del medio ambiente y del tipo de hidroponía (frecuencia de renovación de soluciones). Se estableció también que las plantas poseen una cierta elasticidad con relación al ambiente nutritivo; es decir, que la planta absorbe los iones en su propia relación mutua, dentro de amplios límites, independientemente de la relación mutua entre los iones de la solución nutritiva.

La metodología propuesta por Steiner para el estudio comparativo de soluciones nutritivas determina que debe cumplirse los siguientes requisitos:

- La misma relación mutua de aniones.
- La misma relación mutua de cationes.
- La misma presión osmótica.
- El mismo pH.

Debe contener nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, molibdeno, manganeso, boro, zinc y cobre. En la solución nutritiva estos elementos están en forma de iones para que las plantas puedan tomarlos, ya que no pueden absorberlos en su forma elemental. Debido a esto, cualquier cultivo establecido en diferentes niveles de tecnología, ya sea en alta, media, o baja, tanto en suelo como en sustrato, requiere el monitoreo de los niveles nutrimentales de la solución nutritiva.

Steiner sugirió que la solución nutritiva universal debía contener las proporciones entre aniones y cationes, como se muestra a continuación:

Cuadro 1. Relaciones de concentraciones (me/L) para aniones y cationes, (Steiner, 1980).

NO_3^-	$H_2PO_4^-$	$SO_4^=$
60%	5%	35%
Ca++	k+	Mg
45%	35%	20%

Existen varias fórmulas para realizar soluciones nutritivas y que han sido usadas en varios países. En el manejo agronómico actual estas soluciones se conocen más como solución Steiner en honor a su creador.

5. Elaboración de la solución Steiner

La fórmula que a continuación se presenta está desarrollada para el cultivo de maíz y rinde para una hectárea de superficie.

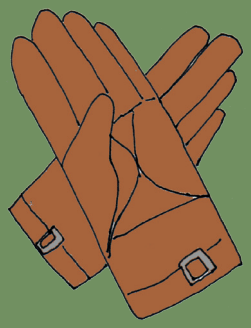
5.1. Ingredientes necesarios

Esta fórmula es para preparar 200 litros de solución.

	Solución Steiner para el cultivo de maíz		
	Ingredientes	Forma químia	Unidad de Medida
Minerales (macro y micronutrientes)	S Azufre	Azufre	500 gramos
	N Nitrógeno	Urea (sulfato de amonio)	1 kilogramo
	P Fósforo	Súper fosfato	200 gramos
	K Potasio	Nitrato de potasio	600 gramos
	Mg Magnesio	Sulfato de magnesio	200 gramos
	Ca Calcio	Nitrato de calcio (nombre comercial: calcinit)	400 gramos
	Fe Hierro	Quelato de hierro	30 gramos
	Mo Molibdeno	Molibdato de amonio	2 gramos
	B Boro	Ácido bórico	10 gramos
	Mn Manganeso	Sulfato de manganeso	10 gramos
	Cu Cobre	Sulfato de cobre	6 gramos
Ácidos orgánicos	Ácido málico	Ácido málico	4 gramos
	Ácido benzoico	Ácido benzoico	4 gramos
	Ácido oxálico	Ácido oxálico	2 gramos
	Ácido glutámico	Ácido glutámico	4 gramos
	Ácido fólico	Ácido fólico	2 gramos

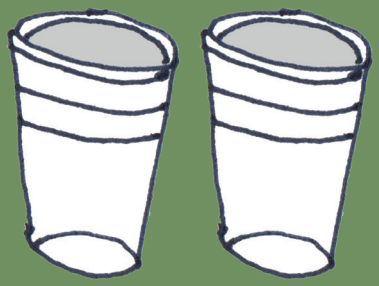
Aminoácidos	Prolina	Prolina	2 gramos
Ácidos carboxílicos	Ácidos carboxílicos	Liberex	1 kilogramo
Humus liquído	Lixiviado de Lombricomposta	Lixiviado de Lombricomposta	200 litros
	Agua No clorada		200 litros
	Hidróxico de Potasio		20 gramos

5.2. Materiales y herramientas



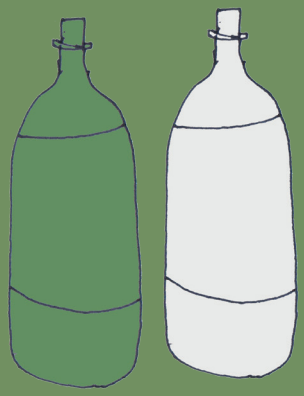
Equipo de protección personal: guantes de carnaza, goggles de seguridad industrial, mascarilla respiradora semifacial contra gases y vapores (protección contra gases y vapores irritantes y nocivos) y una bata para trabajo industrial con manga larga de algodón.

Un tanque de capacidad de 200 litros, no metálico, al que llamaremos “tanque depósito”.



2 vasos de plástico desechables de capacidad de 500 mililitros.

1 recipiente de plástico de capacidad de 2 litros.

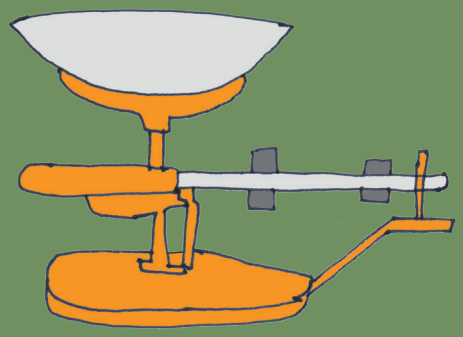


1 recipiente de plástico de capacidad de 3 litros.

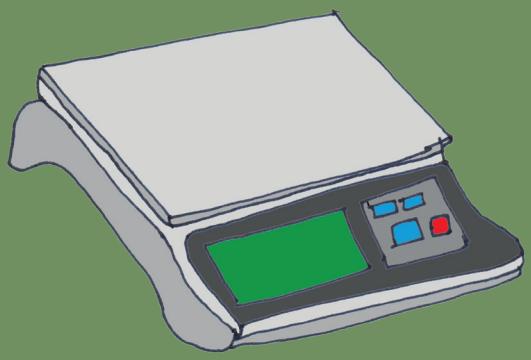
Una cubeta de plástico de capacidad de 20 litros a la que llamaremos “cubeta premezcladora”.

Un palo batidor; puede ser de madera o plástico y deberá ser largo para poder mezclar en el tanque depósito.

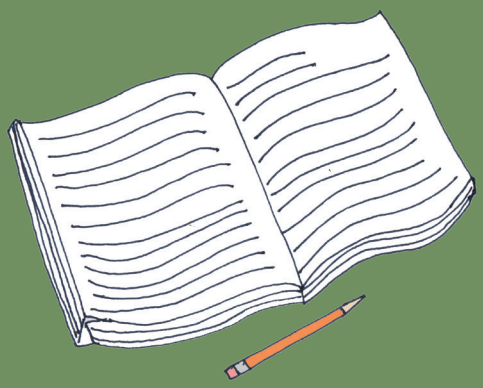
10 cucharas de plástico desechables pequeñas.



Una báscula mecánica o electrónica con capacidad de medición de kilogramos.

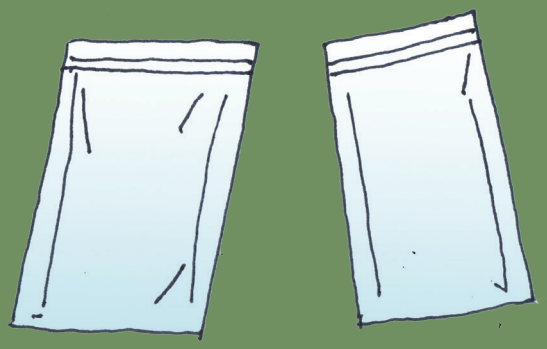


Una báscula digital gramera.

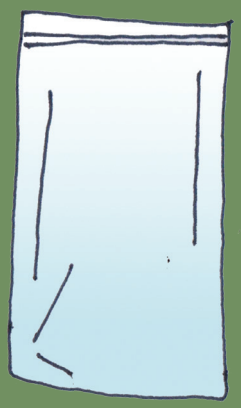


Un cuaderno para realizar el registro y monitoreo de la preparación de la fórmula.

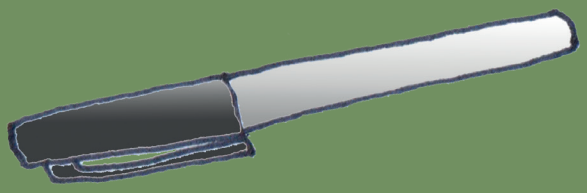
7 bolsas de plástico de capacidad de 1 kilogramo.



4 bolsas de plástico de capacidad de 50 gramos.



8 bolsas de plástico de capacidad de 20 gramos.



1 marcador de tinta permanente de punto mediano color negro.

Instrumentos de medición de: pH, potencial de óxido reducción (ORP) y conductividad eléctrica (CE).

5.3. Proceso de elaboración

Actividades previas

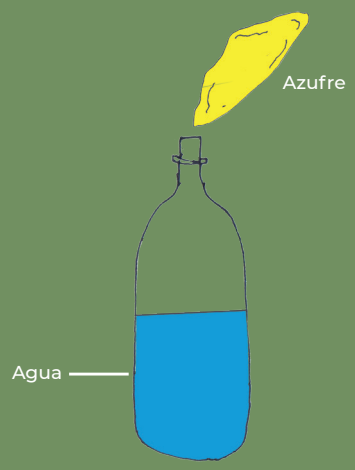
- Tener listos todos los materiales y herramientas.
- Con el marcador negro, escribir en cada bolsa el nombre de los ingredientes, de acuerdo con la cantidad que se va a pesar. Ver ejemplo en la imagen.
- En la libreta elaborar una tabla de ingredientes para poder tener un control de los elementos pesados, las diluciones y el mezclado.
- Pesar en la bolsa correspondiente, etiquetada previamente, todos los ingredientes por separado, de acuerdo con lo indicado en el apartado 5.1. Ingredientes necesarios.

Paso 1. Colocarse el equipo de protección personal.

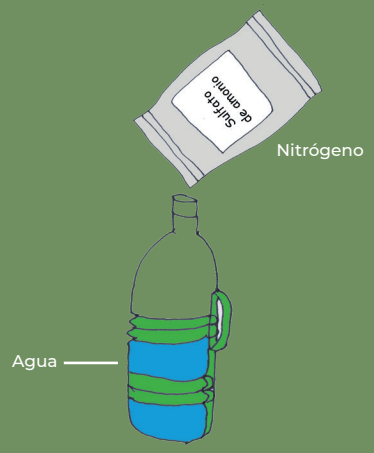
Paso 2. Disolver cada uno de los ingredientes por separado:

Azufre: Este mineral es poco soluble; en el recipiente de 3 litros, se verterán 1.5 litros de agua tibia, posteriormente agregar los 500 gramos de azufre y mezclar homogéneamente con rapidez.Una vez disuelto, se agregará a la cubeta premezcladora.

El azufre es el primer elemento en disolver ya que acidificará la solución

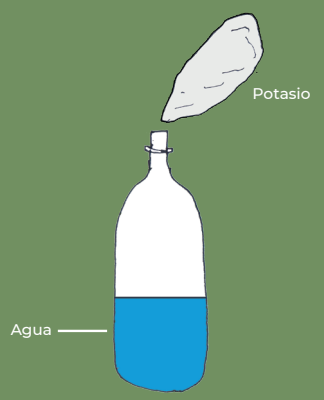


Nitrógeno: En el recipiente de dos litros, disolver 1 kilogramo de nitrógeno en 1.5 litros de agua y mezclar homogéneamente; una vez disuelto, se agregará a la cubeta premezcladora. Enjuagar el recipiente con poca agua y agregar el agua de enjuague a la cubeta premezcladora.

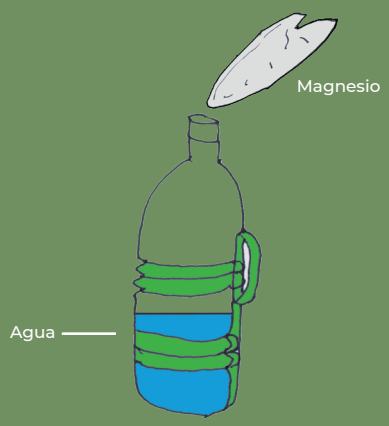


Fósforo: En el recipiente de dos litros, disolver los 200 gramos de fósforo en 3 litros de agua y mezclar homogéneamente; una vez disuelto, se agregará a la cubeta premezcladora. Enjuagar el recipiente con poca agua y agregar el agua de enjuague a la cubeta premezcladora.

Potasio: En el recipiente de tres litros, disolver los 600 gramos de potasio en 1 litro de agua y mezclar homogéneamente; una vez disuelto, se agregará a la cubeta premezcladora. Enjuagar el recipiente con poca agua y agregar el agua de enjuague a la cubeta premezcladora.



Magnesio: En el recipiente de dos litros, disolver los 200 gramos de magnesio en medio litro de agua y mezclar homogéneamente; una vez disuelto, se agregará a la cubeta premezcladora. Enjuagar el recipiente con agua y agregar el agua de enjuague a la cubeta premezcladora.



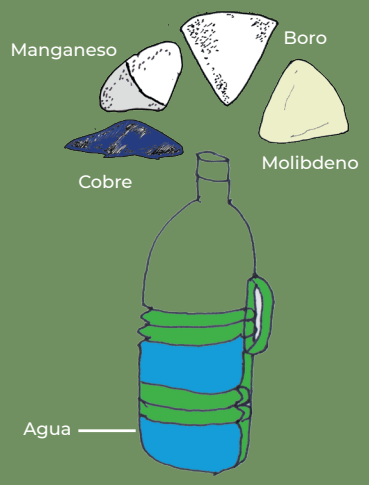
Calcio: En el recipiente de dos litros, disolver los 400 gramos de calcio en 200 mililitros de agua y mezclar homogéneamente, una vez disuelto se agregará a la cubeta premezcladora. Enjuagar el recipiente con agua y agregar el agua de enjuague a la cubeta premezcladora.

Hierro: En el recipiente de 2 litros, disolver los 30 gramos de hierro en 200 mililitros de agua tibia y mezclar homogéneamente con rapidez, una vez disuelto se agregará a la cubeta premezcladora. Enjuagar el recipiente con agua y agregar el agua de enjuague a la cubeta premezcladora.

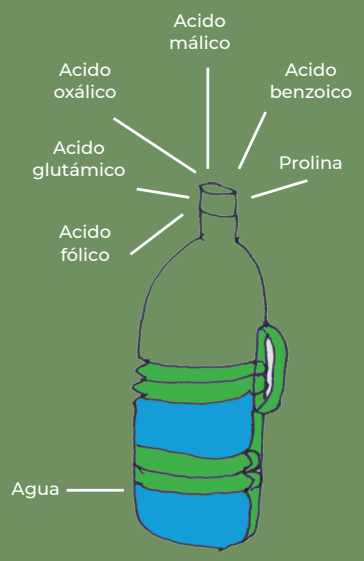
Zinc: En el recipiente de dos litros, disolver los 10 gramos de zinc en 1.2 litros de agua y mezclar homogéneamente; una vez disuelto, se agregará a la cubeta premezcladora. Enjuagar el recipiente con agua y agregar el agua de enjuague a la cubeta premezcladora.

Molibdeno, boro, manganeso y cobre: En el recipiente de dos litros se agregará un litro de agua, de acuerdo con el siguiente orden: se deberán disolver estos elementos, primero los 2 gramos de molibdeno, posteriormente en la misma mezcla agregar los 10 gramos de boro y revolver, después agregar los 10 gramos de manganeso y disolver, por último, se agregarán los 6 gramos de cobre; una vez mezclados, se agregarán a la cubeta premezcladora.

*Es importante **NO** cambiar el orden ni la cantidad de agua para disolver a fin de evitar que la mezcla se precipite.*



Ácidos orgánicos (ácido málico, benzoico, oxálico, glutámico y fólico) y Aminoácido (prolina): En recipiente de 2 litros, agregar 1 litro de agua con 2 gramos de hidróxido de potasio; una vez disuelto el hidróxido de potasio, el agua alcanzará una temperatura capaz de disolver los ingredientes; primero agregar los 4 gramos del ácido málico y mezclar homogéneamente, en la misma mezcla agregar los 4 gramos de ácido benzoico y disolver; posteriormente, agregar los 2 gramos del ácido oxálico y disolver; después agregar los 4 gramos de ácido glutámico y disolver; en la misma mezcla agregar los 2 gramos del ácido fólico y disolver; finalmente agregar los 2 gramos de prolina y mezclar homogéneamente; una vez mezclados, se agregaran a la cubeta premezcladora.



Ácidos carboxílicos (Liberex): En el recipiente de dos litros, verter 2 litros de agua y agregar el kilogramo de liberex, mezclar homogéneamente para posteriormente agregarlo a la cubeta premezcladora.

Paso 3. Una vez que se han disuelto todos los ingredientes y agregado a la cubeta premezcladora, se deberá verter con mucho cuidado al "tanque depósito", en donde previamente se deberá agregar 190 litros de agua NO clorada y se mezclará homogéneamente. Luego se deberá medir el pH, con ayuda del potenciómetro o tiras de papel medidoras de pH, el pH deberá estar entre 6 y 7.5. Normalmente la solución final resulta estar en un pH ácido, por lo que se debe agregar de gramo en gramo hidróxido de potasio hasta alcanzar el rango de pH deseado.

El lixiviado de lombriz se utilizará al momento de la aplicación.

6. Características físicas y químicas del producto final

- La solución final es traslúcida, color café con cero viscosidades (de fácil desplazamiento) y con un aroma a minerales.
- El pH deberá quedar entre 6 y 7.5.
- El ORP dará positivo.

7. Forma de aplicación

La aplicación en el cultivo de maíz deberá ser en la etapa vegetativa en tres fases fenológicas: V4 – V7 o V8 y VT. Para aplicar, se deberán disolver 4 litros de la solución en 200 litros de agua NO clorada y su aplicación puede ser foliar o a drench con ayuda de una mochila aspersora, deberá ser por la mañana antes de las 10:00 am o después de las 6:00 pm, **NUNCA** cuando el sol este a su máxima exposición.

Se pueden sustituir los 200 litros de agua por 200 litros de lixiviado de lombriz, con la finalidad de enriquecer la solución, sin embargo, si no tiene accesibilidad al lixiviado, el agua es suficiente.

Durante la aplicación es importante utilizar el equipo de protección personal, por la reacción que pueda tener ésta con el medio ambiente.

8. Almacenamiento y caducidad

- La solución Steiner puede almacenarse hasta por un año, siempre y cuando mantenga las condiciones adecuadas de pH. Se almacena en un tambo bien sellado en un espacio que esté protegido de la luz directa del sol y donde haya una temperatura fresca. Antes de aplicar, es recomendable verificar el pH para garantizar que no se haya disminuido la disponibilidad de asimilación de los nutrientes.

- Siempre se debe etiquetar el tambo donde se almacena, anotarle la fecha de preparación y en letras grandes la leyenda: **NO INGERIR.**

9. Recomendaciones generales

- Es importante seguir paso a paso la preparación de la solución y **NUNCA** combinarla con otros ingredientes químicos.

- Diluir y mezclar los ingredientes tal y como se indica.

- Utilizar en todo el momento de la preparación el equipo de protección personal.

- Se deberá controlar el pH en los rangos sugeridos para evitar que se precipite, además de que se puede provocar la inmovilización de varios nutrientes causando una baja asimilación por la planta que puede bajar hasta un 70%.

- **NO** utilizar tanques metálicos para disolver o mezclar la solución.

10. Bitácora de seguimiento

Preparación

Fecha de preparación: _____

Cantidad preparada (litros): _____

Costo total del insumo: _____

Marcar con una X

Hoja de preparación – monitoreo

Ingrediente	Forma química	Unidad de Medida	Pesado	Diluido	Mezclado
S Azufre	Azufre	500 gramos			
N Nitrógeno	Urea (sulfato de amonio)	1 kilogramo			
P Fósforo	Súper fosfato	200 gramos			
K Potasio	Nitrato de potasio	600 gramos			
Mg Magnesio	Sulfato de magnesio	200 gramos			
Ca Calcio	Nitrato de calcio (nombre comercial: calcinit)	400 gramos			
Fe Hierro	Quelato de hierro	30 gramos			
Mo Molibdeno	Molibdato de amonio	2 gramos			
B Boro	Ácido bórico	10 gramos			
Mn Manganeso	Sulfato de manganeso	10 gramos			
Cu Cobre	Sulfato de cobre	6 gramos			
Ácido málico	Ácido málico	4 gramos			
Ácido benzoico	Ácido benzoico	4 gramos			
Ácido oxálico	Ácido oxálico	2 gramos			
Ácido glutámico	Ácido glutámico	4 gramos			
Ácido fólico	Ácido fólico	2 gramos			
Prolina	Prolina	2 gramos			
Ácidos carboxílicos	Ácidos carboxílicos	1 kilogramo			
Lixiviado de Lombricomposta	Lixiviado de Lombricomposta	200 litros			

Aplicación

Fecha de aplicación: _____
Hora de aplicación: _____
Forma de aplicación (foliar o drench): _____
Ciclo de cultivo: _____
Cultivo: _____
Etapa fenológica de aplicación: _____

Resultados obtenidos de acuerdo con su función:

_____

_____

Sugerencias y recomendaciones:

_____

_____

11. Evaluación

Las siguientes preguntas servirán como reforzamiento del aprendizaje (marcar con una x, el inciso o incisos que correspondan):

1. ¿Cuánto tiempo puede ser almacenado este insumo?

_____

2. ¿Qué nutrientes son aportados con esta solución a la planta?

_____

3. ¿En qué etapas fenológicas del maíz se debe aplicar?

_____

4. ¿Qué parámetros debemos cuidar antes de su aplicación?

_____

5. ¿Por qué baja la efectividad de la solución con el paso del tiempo?

_____

6. ¿Para qué sirve el lixiviado de lombriz?

_____

7. ¿Qué aminoácido se recomienda en esta formulación nutritiva?

_____

8. ¿Cuántos elementos incluye esta formulación?

_____

9. ¿Por qué es importante la relación mutua de los iones?

_____

12. Diagrama del proceso de elaboración

1. 1.5 l de Agua tibia + 500 g de Azufre

Diluir y Añadir en cubeta premezcladora

2. 1.5 l de Agua + 1 kg de Nitrógeno

Diluir y Añadir en cubeta premezcladora

3. 1.5 l de Agua + 200 g de Fósforo

Diluir y Añadir en cubeta premezcladora

4. 1.5 l de Agua + 600 g de Potasio

5. 500 ml de Agua + 200 g de Magnesio

Diluir y Añadir en cubeta premezcladora

6. 200 ml de Agua + 400 g de Calcio

Diluir y Añadir en cubeta premezcladora

7. 200 ml de Agua + 30 g de Hierro

Diluir y Añadir en cubeta premezcladora

8. 1.2 l de Agua + 2 g de Molibdeno + 10 g de Boro + 10 g de Manganeso

9. En 1 l de agua + 2 g de hidróxido de potasio. Disolver: + 4 g de ácido málico + 4 g de ácido benzoico + 2 g de ácido oxálico + 4 g de ácido glutamico + 2 g de ácido fólico + 2 g de prolina

Diluir y Añadir en cubeta premezcladora

10. 2 l de Agua + 1 kg de Liberex

Diluir y Añadir en cubeta premezcladora

190 l de Agua NO Clorada

Contenido de la cubeta premezcladora

Tanque depósito

Mezclar con el bastón de madera hasta homogeneizar

Solución Nutritiva

13. Referencias Bibliográficas

- Solución nutritiva: Hidroponía Simplificada Cartillas de capacitación FAO. http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/aup/pdf/hidrosim/6.pdf
- Esteban Favela Chávez, Pablo Preciado Rangel, Adalberto Benavides Mendoza: Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- https://www.researchgate.net/publication/305280176_Manual_para_la_preparacion_de_soluciones_nutritivas
- Castellanos, J. Z. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. Editorial INTAGRI. México. 132-133.
- Las soluciones nutritivas para cultivos protegidos https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/soluciones-nutritivas-para-cultivos-protegidos
- Solución nutritiva y su monitoreo mediante análisis químico completo.
- https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/solucion-nutritiva-y-su-monitoreo-mediante-analisis-quimico-completo
- ¿Qué es una solución nutritiva?
- https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=33
- http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442006000400003&script=sci_arttext&tlng=pt
- https://www.agromatica.es/aminoacidos-en-las-plantas/
- https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/solucion-nutritiva-y-su-monitoreo-mediante-
- analisis-quimico-completo
- https://www.redalyc.org/pdf/573/57317306.pdf
- https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4781/sistemas_de_produccion_vegetal_2.pdf
- https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/11011/Proy.Final.Edu[1]_1_.pdf?sequence=1#:~:text=La%20prolina%20es%20un%20amino%C3%A1cido,la%20planta%20de%20la%20deshidrataci%C3%B3n.

Glosario

- *Anión:* Un anión es un ion con carga eléctrica negativa, es decir, que ha ganado más electrones. Los aniones monoatómicos se describen con un estado de oxidación negativo.
- *Catión:* Un catión es un ion con carga eléctrica positiva, es decir, que ha perdido electrones. Los cationes se describen con un estado de oxidación positivo. En términos químicos, es cuando un átomo neutro pierde uno o más electrones de su dotación original, este fenómeno se conoce como ionización.
- *Homogeneizar:* Hacer homogéneo, por medios físicos o químicos, un compuesto o mezcla de elementos diversos.
- *Ion:* Átomo con carga eléctrica.
- *Macronutriente:* Sustancia esencial para el desarrollo de un organismo, que se debe ingerir en cantidades elevadas
- *Micronutriente:* Elemento esencial para el crecimiento de las plantas, aunque en pequeñas cantidades si se compara con los nutrientes principales o secundarios.
- *Viscosidad:* Propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas.
- *pH:* Índice que expresa el grado de acidez o alcalinidad de una disolución.
- *Lixiviado:* Cualquier líquido que percole a través de los residuos depositados y que rezume desde un vertedero o esté contenido en él.

gob.mx/agricultura