

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Química Industrial



Utilización de arcilla como agente modificador reológico para aumentar la concentración de fertilizantes foliares líquidos presentes en el mercado

Trabajo de graduación presentado por Luis Mariano Argueta Dubón para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química Industrial

Guatemala
2021

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Química Industrial



Utilización de arcilla como agente modificador reológico para aumentar la concentración de fertilizantes foliares líquidos presentes en el mercado

Trabajo de graduación presentado por Luis Mariano Argueta Dubón para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química Industrial

Guatemala
2021

Vo. Bo.:

(f) Carlo Martínez
Lic. Carlo Roberto Martínez Joachin

Tribunal Examinador:

(f) Ing. Gamaliel Zambrano

(f) Ing. Carmen Ortiz

(f) Carlo Martínez
Lic. Carlo Martínez

Fecha de aprobación: Guatemala, 8 de diciembre de 2021

PREFACIO

La realización del presente trabajo inició en la primera mitad del año 2020, a partir del requerimiento de producir un fertilizante foliar líquido con mayor contenido nutricional para la planta. El motivo por el cual se buscó producir un fertilizante foliar líquido ya que al ser de este tipo, permite que se pueda corregir de forma rápida las deficiencias de nutrientes en la planta, ya que al encontrarse estos en solución, la asimilación de nutrientes por parte de la planta es más sencilla. El tema investigado se limitó a utilizar arcilla abundante en minerales para la formación de soluciones en suspensión, y lograr mantener de forma homogénea los sólidos no disueltos en los productos con mayor cantidad de nutrientes y así determinar la cantidad de unidades que la empresa debe de comercializar para llegar al punto de equilibrio económico.

Este trabajo no hubiese sido posible sin el apoyo de mis padres que siempre han estado presentes y apoyándome de forma incondicional en cada una de las diferentes etapas de mi vida, a mis hermanos que siempre me han motivado a salir adelante y a mis amigos. De igual manera reconozco el apoyo brindado y la orientación del Licenciado Carlo Martínez, durante el desarrollo del mismo.

LISTA DE CONTENIDO

PREFACIO	V
LISTA DE CONTENIDO	VI
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE ILUSTRACIONES	XI
LISTA DE CÁLCULOS	XVII
RESUMEN	XVIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
A. Objetivo general	2
B. Objetivos específicos	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. MARCO TEÓRICO	4
V. METODOLOGÍA	19
A. Equipo de trabajo	19
B. Selección de arcilla	19
C. Importación de arcilla abundante en minerales	19
D. Determinación de productos foliares líquidos a los cuales se les aumentó su concentración en nutrientes utilizando arcilla abundante en minerales....	19
E. Nombramiento de productos foliares líquidos utilizados para la producción de fertilizantes líquidos concentrados.....	20
F. Evaluación de la cantidad de arcilla a utilizar	20
G. Formulación de 500 mL de los productos A, B y C con una concentración de arcilla abundante en minerales de 6% p/p.....	20
H. Prueba de degradación térmica agresiva	22
I. Determinación de pH.....	22
J. Determinación de la densidad de productos foliares líquidos concentrados formulados	22
K. Cotización de material de empaque utilizando 6 presentaciones de producto final	23
L. Determinación de costos variables.....	23
M. Determinación de costos fijos	24
N. Determinación del punto de equilibrio.....	24
VI. RESULTADOS.....	25
VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS	29
VIII. CONCLUSIONES.....	36
IX. RECOMENDACIONES.....	38

X.	BIBLIOGRAFÍA	39
XI.	APÉNDICES	40
A.	Cálculos de muestra	40
B.	Análisis de error.....	44
C.	Datos calculados	45
D.	Imágenes del proceso experimental	56
E.	Cotización de material de empaque	84

LISTA DE CUADROS

1. Cantidad de arcilla necesaria para mantener en suspensión las partículas no disueltas del fertilizante foliar líquido concentrado con pH ácido.....	25
2. Cantidad de arcilla utilizada para mantener en suspensión las partículas no disueltas de los fertilizantes foliares líquidos concentrados con pH ácido, neutro y básico para un volumen de 1 L de producto.....	25
3. Características de los fertilizantes foliares líquidos concentrados analizados.....	25
4. Lectura del pH de tres soluciones de fertilizantes foliares líquidos concentrados.....	26
5. Determinación del peso de tres fertilizantes líquidos foliares concentrados para un volumen de 25 mL.....	26
6. Determinación del punto de equilibrio para el producto foliar líquido concentrado A, por presentación de producto final.....	26
7. Determinación del punto de equilibrio para el producto foliar líquido concentrado B, por presentación de producto final.....	26
8. Determinación del punto de equilibrio para el producto foliar líquido concentrado C por presentación de producto final.....	27
9. Comparación de contenido nutricional entre el producto A fórmula original y producto concentrado utilizando arcilla abundante en minerales.....	27
10. Comparación de contenido nutricional entre el producto B fórmula original y producto concentrado utilizando arcilla abundante en minerales.....	27
11. Comparación de contenido nutricional entre el producto C fórmula original y producto concentrado utilizando arcilla abundante en minerales.....	28
12. Detalle de costos de materia prima para la elaboración de un litro de producto A.....	45
13. Detalle de costos de materia prima para la elaboración de un litro de producto B.....	45
14. Detalle de costos de materia prima para la elaboración de un litro de producto C.....	46

15. Resumen de costos de materia prima para los tres fertilizantes foliares líquidos concentrados.....	46
16. Costo de material de empaque al utilizar como presentación final el litro blanco.....	46
17. Costo de material de empaque al utilizar como presentación final el galón blanco.....	47
18. Costo de material de empaque al utilizar como presentación final la caneca de color blanco.....	47
19. Costo de material de empaque al utilizar como presentación final la caneca de color azul.....	47
20. Costo de material de empaque al utilizar como presentación final barril elanillado.....	47
21. Resumen de los costos del material de empaque por presentación de producto final.....	47
22. Costos de mano de obra por operario, por presentación de producto final envasada.....	48
23. Costos variables para la producción del fertilizante líquido foliar concentrado A.....	48
24. Costos variables para la producción del fertilizante líquido foliar concentrado B.....	48
25. Costos variables para la producción del fertilizante líquido foliar concentrado C.....	48
26. Costos fijos promedio a cubrir durante el mes.....	50
27. Distribución de cobertura de costos fijos por línea de producto manejada por la empresa.....	50
28. Distribución de ventas en quetzales por presentación de material de empaque.....	51
29. Distribución de ventas de foliares líquidos no concentrados en promedio, en los últimos tres años.....	51
30. Distribución de costos fijos por producto foliar líquido concentrado por presentación de producto final.....	51
31. Precio de venta establecido con base en el margen de contribución estipulado por producto por presentación de producto final.....	52

32. Comparación de propiedades reológicas de los fertilizantes foliares
líquidos concentrados y sus similares no concentrados.....52

LISTA DE ILUSTRACIONES

1. Estructura molecular del triacontanol.....	8
2. Disponibilidad de nutrientes respecto al pH del suelo.....	12
3. Corrección de deficiencia de macronutrientes en cultivos.....	13
4. Preparación y mezcla del producto A para su aplicación en cultivos.....	17
5. Preparación y mezcla del producto B para su aplicación en cultivos.....	18
6. Preparación y mezcla del producto C para su aplicación en cultivos.....	18
7. Costo de producción por litro de contenido neto.....	49
8. Costo de producción por volumen de 200 litros.....	49
9. Balance de masa del producto a	52
10. Balance de masa del producto b	53
11. Balance de masa del producto c	53
12. Balance de masa del producto A	54
13. Balance de masa del producto B	54
14. Balance de masa del producto C	53
15. Pesaje del recipiente para la evaluación del producto A con una concentración de arcilla del 2% p/p.....	56
16. Pesaje del recipiente para la evaluación del producto A con una concentración de arcilla del 4% p/p.....	56
17. Pesaje del recipiente para la evaluación del producto A con una concentración de arcilla del 6% p/p.....	57
18. Pesaje del producto A contenido en el recipiente antes de agregar la arcilla para obtener una concentración de 2% p/p.....	57
19. Pesaje del producto A contenido en el recipiente antes de agregar la arcilla para obtener una concentración de 4% p/p.....	58
20. Pesaje del producto A contenido en el recipiente antes de agregar la arcilla para obtener una concentración de 6% p/p.....	58

21. Pesaje de la arcilla abundante en minerales importada por parte de la empresa para la producción de fertilizantes foliares líquidos concentrados.....	59
22. Pesaje de la arcilla abundante en minerales para realizar mezcla con el producto A para una concentración de arcilla al 2% p/p.....	59
23. Recipientes con producto A antes de agregarle la arcilla abundante en minerales y solución de arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 2% p/p.....	60
24. Pesaje del producto A en solución con arcilla abundante en minerales para una concentración al 2% p/p.....	60
25. Pesaje de la arcilla abundante en minerales para realizar mezcla con el producto A para una concentración de arcilla al 4% p/p.....	61
26. Producto A en solución con arcilla abundante en minerales para una concentración al 4% p/p.....	61
27. Pesaje de la arcilla abundante en minerales para realizar mezcla con el producto A para una concentración de arcilla al 6% p/p.....	62
28. Recipientes con producto A antes de agregarle la arcilla abundante en minerales y solución de arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p, vista frontal.....	62
29. Recipientes con producto A antes de agregarle la arcilla abundante en minerales y solución de arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p, vista en elevación.....	63
30. Pesaje del producto A en solución con arcilla abundante en minerales para una concentración al 6% p/p.....	63
31. Pesaje del recipiente con producto B antes de agregarle la arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p.....	64
32. Pesaje de arcilla abundante en minerales para realizar mezcla con el producto B para una concentración de arcilla al 6% p/p.....	64
33. Recipientes con producto B antes de agregarle la arcilla abundante en minerales y solución de arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p, vista frontal.....	65
34. Recipientes con producto B antes de agregarle la arcilla abundante en minerales y solución de arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p, vista en elevación.....	65
35. Pesaje del producto B en solución con arcilla abundante en minerales para una concentración al 6% p/p.....	66

36. Pesaje del recipiente con producto C antes de agregarle la arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p.....	66
37. Pesaje de arcilla abundante en minerales para realizar mezcla con el producto C para una concentración de arcilla al 6% p/p.....	67
38. Recipientes con producto C antes de agregarle la arcilla abundante en minerales y solución de arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p, vista frontal.....	67
39. Recipientes con producto C antes de agregarle la arcilla abundante en minerales y solución de arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p, vista en elevación.....	68
40. Pesaje del producto C en solución con arcilla abundante en minerales para una concentración al 6% p/p.....	68
41. Tres fertilizantes foliares líquidos concentrados utilizando arcilla abundante en minerales a una concentración del 6% p/p.....	69
42. Producto A en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL para ser sometido a prueba de degradación térmica al día 2 de haber realizado la formulación.....	69
43. Producto B en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL para ser sometido a prueba de degradación térmica al día 2 de haber realizado la formulación.....	70
44. Producto C en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL para ser sometido a prueba de degradación térmica al día 2 de haber realizado la formulación.....	70
45. Producto A en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL como control al día 2 de haber realizado la formulación.....	71
46. Producto B en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL como control al día 2 de haber realizado la formulación.....	71
47. Producto C en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL como control al día 2 de haber realizado la formulación.....	72
48. Producto A en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL como control al día 65 de haber realizado la formulación.....	72
49. Producto B en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL como control al día 65 de haber realizado la formulación.....	73
50. Producto C en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL como control al día 65 de haber realizado la formulación.....	73

51. Producto A en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL al día 65 de su formulación, luego de haber sido sometido a una prueba de degradación térmica agresiva por 15 días.....	74
52. Producto B en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL al día 65 de su formulación, luego de haber sido sometido a una prueba de degradación térmica agresiva por 15 días.....	74
53. Producto C en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL al día 65 de su formulación, luego de haber sido sometido a una prueba de degradación térmica agresiva por 15 días.....	75
54. Soluciones buffer utilizadas para la calibración del potenciómetro para la determinación del pH de las diferentes soluciones de fertilizantes foliares líquidos concentrados.....	75
55. Determinación de pH al recipiente con el producto A que no fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva.....	76
56. Determinación de pH al recipiente con el producto A que fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva.....	76
57. Determinación de pH al recipiente con el producto B que no fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva.....	77
58. Determinación de pH al recipiente con el producto B que fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva.....	77
59. Determinación de pH al recipiente con el producto C que no fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva.....	78
60. Determinación de pH al recipiente con el producto B que fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva.....	78
61. Determinación de la masa de un volumen de 25 mL del producto A que no fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva, utilizando balanza electrónica.....	79
62. Determinación de la masa de un volumen de 25 mL del producto A que fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva, utilizando balanza electrónica.....	79
63. Determinación de la masa de un volumen de 25 mL del producto B que no fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva, utilizando balanza electrónica.....	80
64. Determinación de la masa de un volumen de 25 mL del producto B que fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva, utilizando balanza electrónica.....	80

65. Determinación de la masa de un volumen de 25 mL del producto C que no fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva, utilizando balanza electrónica.....	81
66. Determinación de la masa de un volumen de 25 mL del producto C que fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva, utilizando balanza electrónica.....	81
67. Aporte nutricional por cada materia prima utilizada para la formulación de productos líquidos foliares concentrados.....	82
68. Calendario de actividades empleado para el proceso.....	83

LISTA DE CÁLCULOS

1. Determinación del porcentaje de arcilla abundante en minerales para formar una solución al 2% p/p del producto A.....40
2. Determinación de la densidad para el producto A antes de realizar la prueba de degradación térmica agresiva.....40
3. Determinación de la variación absoluta de la lectura de pH para el producto A, en relación con el pH del producto antes de ser sometida a la prueba de degradación térmica.....40
4. Determinación del punto de equilibrio en unidades de envase, para la presentación de litro blanco para el producto fertilizante foliar líquido concentrado A en cantidad de envases.....41
5. Determinación del costo de material de empaque para la presentación de tonel.....41
6. Costo por litro de contenido neto para la presentación de galón de cuatro litros.....42
7. Determinación del contenido de nitrógeno en el producto en base a la cantidad de materia prima utilizada como fuente de nitrógeno.....42
8. Determinación de la cantidad de materia prima como fuente de nitrógeno en base al porcentaje del nutriente que debe de tener la mezcla final para el producto B.....43
9. Determinación de propagación de error de datos calculados como un cociente o residuo.....44

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es producir tres fertilizantes foliares líquidos, cada uno con pH ácido, neutro y básico, concentrados, utilizando arcilla abundante en minerales para producir una suspensión que logre mantener los sólidos no disueltos en el medio de forma homogénea. Por lo que se debe determinar la cantidad de arcilla a utilizar para formar dichas soluciones. Así mismo se busca evaluar el tiempo de vida de anaquel de los nuevos productos formulados para determinar si no sufren algún tipo de variación significativa en cuanto a densidad y pH en el tiempo. Además, se busca establecer el punto de equilibrio de cada una de las presentaciones de producto final de los tres fertilizantes foliares líquidos concentrados.

En el presente documento se presenta el proceso llevado a cabo para determinar la cantidad de arcilla abundante en minerales necesaria para mantener la formulación del fertilizante concentrado en suspensión, para que las partículas no disueltas se distribuyan de forma homogénea en el medio. Así mismo se determinó el porcentaje de variación que tiene cada fertilizante foliar líquido concentrado al ser sometido a una prueba de degradación térmica agresiva, con el fin de determinar si tiene una vida de anaquel de por lo menos dos años, el cual es el tiempo máximo que puede estar en el mercado el producto según el Ministerio de Agricultura de Guatemala (MAGA). Además, se determina la cantidad de ventas que la empresa debe de tener por cada producto y la presentación de producto final, para llegar por lo menos al punto de equilibrio.

En los fertilizantes foliares líquidos concentrados se utilizó una concentración de arcilla abundante en minerales del 6% p/p, logrando tener así una solución en suspensión. Así mismo, se determinó que los tres productos cumplen con un tiempo de vida de anaquel mínimo de 2 años, debido a que después de realizar la prueba de degradación térmica el producto A se obtuvo una variación de 1 unidad en la escala de pH y una variación del -1.5% en la densidad respecto de la solución control. En el caso del producto B se obtuvo una variación de 0.03 unidades en la escala de pH respecto del valor obtenido antes de realizar la prueba de degradación térmica y una variación de densidad de 0.02%. Mientras que el producto C no mostró variación en cuanto al pH, siendo este de 6.8, pero sí una variación del 7.33% en la densidad. Así mismo se determinó que para llegar al punto de equilibrio del producto A se deben de comercializar 31,376 unidades, 42,491 para el producto B y 9,265 para el C, distribuidas en las 5 presentaciones de producto final.

I. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo nace a partir de la necesidad de utilizar de mejor manera los recursos. Por lo cual, para beneficiar al cliente se busca que sea posible disminuir el número de aplicaciones de fertilizantes en los cultivos. Una forma de reducir el número de aplicaciones es aumentando la concentración de nutrientes aprovechables por la planta en el fertilizante líquido foliar. El aumento de concentración se puede lograr utilizando soluciones en suspensión a partir de la utilización de arcilla abundante en minerales.

Al utilizar la arcilla se busca aumentar la cantidad de nutrientes en un 50% más de la cantidad que poseen los fertilizantes líquidos foliares de uso convencional presentes en el mercado. Se buscará cocnentrar un fertilizante con pH ácido, neutro y básico; de esta manera se tendrá una idea del comportamiento de la arcilla y el tiempo en el cual el fertilizante se encuentra sin alteraciones, para poder extrapolar dichos resultados con los de otros fertilizantes líquidos foliares convencionales. En el trabajo se incluye la metodología y el tiempo necesario para poderlo llevar a cabo, así como los objetivos que deben cumplirse y el supuesto que se desea poner a prueba.

Al realizar productos más concentrados, el número de aplicaciones a realizar en campo se verá disminuido y por ende la cantidad de transporte para llevar el producto de la planta de fabricación al lugar de aplicación será menor. Además se podrá reducir el costo de mano de obra para la formulación y aplicación del producto en campo. Los resultados podrán ser vistos desde la primera aplicación.

Una de las mayores ventajas de concentrar un fertilizante liquido foliar al doble de la concentración de otros fertilizantes líquidos foliares presentes en el mercado es la reducción de material de empaque que se debe de utilizar; una reducción del mismo significará tener menos desechos y consecuentemente, la contaminación producida por plásticos en Guatemala se verá reducida.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Producir fertilizantes líquidos foliares concentrados utilizando arcilla como agente modificador reológico.

B. Objetivos específicos

1. Determinar la cantidad de arcilla necesaria, para lograr mantener en suspensión partículas no disueltas en tres fertilizantes líquidos foliares concentrados.
2. Determinar la vida de anaquel de tres fertilizantes líquidos foliares concentrados, luego de someterlos a un proceso de degradación térmica.
3. Determinar el costo de producción y punto de equilibrio de los fertilizantes líquidos foliares concentrados para determinar el volumen de ventas que genere utilidad en cada uno de los productos.

III. JUSTIFICACIÓN

Realizar aplicaciones de fertilizantes en cultivos ha sido una necesidad recurrente en los últimos años. Esto se debe a que cada vez las tierras están más gastadas y por ende necesitan nutrientes para hacer que el cultivo se desarrolle de la mejor manera. Sin embargo, cada año es necesario realizar más aplicaciones, y dado que la demanda de fertilizantes y productos afines ha aumentado, el precio de los mismos también; además, los costos de mano de obra para su aplicación aumentan de la misma manera; por lo que cosechar y cultivar son actividades menos lucrativas cada vez.

Elaborar una sustancia concentrada en nutrientes para la planta hará que la cantidad de aplicaciones se reduzca y por ende el agricultor no tendrá que comprar una gran cantidad de fertilizantes o productos afines para proporcionar los nutrientes necesarios al suelo y a sus plantas. Así mismo, dado que será una sustancia concentrada, el número de aplicaciones necesarias para obtener resultados positivos será menor, lo cual se verá reflejado en una disminución del costo de mano de obra para mantener una buena cosecha.

Este trabajo será de gran beneficio para la empresa en donde se está realizando ya que podrá ingresar al mercado productos que actualmente ninguna otra empresa posee en Guatemala, por lo que serán productos únicos, diferenciándose así de las empresas que venden fertilizantes foliares líquidos. Además aumentar la concentración podrá significar la reducción de plásticos que vende la empresa en un 50%, logrando no utilizar alrededor de 387,823 kg de plástico, teniendo un ahorro monetario aproximado de Q10,107,827.79, el cual es equivalente a \$1,306,986.41 considerando que, en promedio desde julio a septiembre del 2021, según el banco de Guatemala \$1 equivale a Q 7.73369.

IV. MARCO TEÓRICO

A. Fertilizante

Los fertilizantes son insumos agrícolas que se consideran indispensables para que los cultivos y cosechas puedan tener mejores resultados y por ende mejores rendimientos. Los fertilizantes son sustancias ricas en nutrientes, cuyo objetivo es mejorar las características del suelo para brindar y propiciar un mejor desarrollo de los cultivos agrícolas (Finck, 2012).

Actualmente existen tres clasificaciones para los fertilizantes, según su elaboración:

- Químicos: la elaboración de los nutrientes se da por el acción del hombre; usualmente son de origen mineral, animal, vegetal o sintético. Los fertilizantes químicos son elaborados con los nutrientes principales que son nitrógeno (N), fósforo (F) y potasio (K).
- Orgánicos: son fertilizantes cuya formación se da de forma natural con poca o nula intervención del hombre durante su elaboración. Usualmente son de origen mineral, vegetal, animal o una mezcla de los mismos.
- Inorgánicos: son sustancias que se derivan a partir de rocas y minerales que son aplicados en el suelo o sustratos para elevar la fertilidad de los cultivos. (Finck, 2012)

Uno de los mayores beneficios que aportan los fertilizantes en la agricultura es que proveen al suelo y al cultivo la cantidad necesaria de nutrientes que de forma natural no son brindados por la tierra .

Los nutrientes presentes en los fertilizantes pueden clasificarse como:

- **Macronutrientes**

Son expresados como porcentaje en la planta o como gramos de ingrediente activo por cada cien gramos de solución. Generalmente los macronutrientes son: carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, potasio, fósforo, calcio, magnesio y azufre. Así mismo pueden clasificarse en:

- No esenciales (carbono-hidrógeno-oxígeno): la planta los adquiere regularmente del aire a través del proceso de la fotosíntesis, la respiración y el agua. Así mismo pueden ser absorbidos de materia orgánica disponible en el suelo o por fertilización. El aporte de estos elementos regularmente no se da por los fertilizantes de uso convencional en el mercado, aunque suele ser beneficioso.
- Principales o primarios (nitrógeno-fósforo-potasio): son conocidos como macronutrientes esenciales que la planta demanda en mayor cantidad. El aporte de los mismos se da a partir de fertilizantes.

- Secundarios (calcio-magnesio-azufre): son llamados elementos secundarios debido a que su demanda en la planta se da de menor manera, aunque el poseerlos provoca que los rendimientos sean mejores.

(Finck, 2012)

- Micronutrientes

B. Fertilizante foliar

Un fertilizante foliar es aquel cuyos compuestos o elementos nutritivos asimilables por la planta se destinan enteramente a aplicados a la planta de interés. La aplicación de este tipo de fertilizante se puede realizar por pulverización, a la masa del cultivo de interés. Regularmente la aplicación de este fertilizante se da en soluciones acuosas, en donde el líquido del fertilizante foliar base se disuelve dentro de cierto volumen de agua y posteriormente es aplicado al cultivo (Finck, 2012).

La aplicación de los fertilizantes foliares líquidos se utilizan como complemento del proceso de fertilización en el suelo del cultivo. Esto, cuando la cantidad de nutrientes en el suelo es deficiente y pueda provocar un desarrollo pobre de la planta o cultivo. Uno de los beneficios de utilizar fertilizantes foliares es que permiten realizar una corrección rápida, respecto a otros fertilizantes, en cuanto a nutrientes (Finck, 2012).

- Arcilla

Se conoce como arcilla al material rocoso descompuesto, conformado por agregados de silicatos de aluminio que se encuentran hidratados por la descomposición de rocas ricas en feldespato, como el granito. Una arcilla puede adquirir diversas coloraciones según la cantidad de impurezas con la que cuente. La coloración puede llegar desde el rojo-naranja hasta un color blanco cuando la misma se encuentra completamente pura (Xatico, 2020).

Las arcillas se consideran como coloides, constituidas por partículas pequeñas y de superficie lisa o porosa. El diámetro de las partículas de arcilla por lo regular, es inferior a 0.0039 mm. Dentro de las arcillas se pueden encontrar partículas de fitolitos, que químicamente se consideran silicatos hidratados de alúmina, cuya fórmula puede ser $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$. Al entrar en contacto con el agua, las arcillas adquieren cierta plasticidad, sonoridad y dureza, al calentarla por encima de los 800 °C (Xatico, 2020).

Las arcillas se clasifican por varios factores: regularmente por su procedencia geológica y la ubicación del yacimiento en que fueron encontradas. De modo que, con respecto a su origen se agrupan en:

- Arcillas primarias: se denominan así cuando el yacimiento donde se encuentran es el mismo lugar en donde se han originado.
- Arcillas secundarias: son las arcillas que se han desplazado después de su formación por fuerzas físicas o químicas.

(Xatico, 2020).

De acuerdo con la estructura de sus componentes, las arcillas se pueden clasificar en filitenses o fibrosas. Así mismo, de acuerdo con su plasticidad, pueden ser plásticas y poco plásticas. Además, existen arcillas calcáreas, con bloques, de descalcificación y arcillitas (Xatico, 2020).

Las arcillas están compuestas por minerales que se encuentran contituidos por láminas de tetraedros; regularmente poseen una composición química general de Si_2O_5 , en donde el tetraedro está unido por sus esquinas a otros tres, formando así una red hexagonal. Sin embargo, es posible y común que átomos de aluminio y hierro reemplacen de forma parcial al silicio en la estructura (Myta, 2019).

Los átomos de oxígeno que se encuentran ubicados en los ápices de tetraedros pueden formar otra lámina paralela compuesta por octaedros, los cuales pueden ser cationes de Al (aluminio), Mg^{+2} (magnesio), Fe^{3+} y Fe^{2+} (hierro); los átomos de dichos elementos se sitúan en la posición central del octaedro. Sin embargo, es posible que dicha posición también la ocupen los átomos Li (litio), Cr (cromo), Mn (manganeso), Cu (cobre) o Zn (zinc) (Myta, 2019).

Los minerales de la arcilla son filosilicatos de aluminio hidratados con cantidades variables de hierro, magnesio, metales alcalinos, tierras alcalinas y otros cationes. Regularmente, los minerales de las arcillas poseen un tamaño microscópico. De forma natural, son importantes componentes de la lutita y de los suelos. Los metales son originados a partir de la meteorización o alteración hidrotermal de feldepastos, piroxenos y micas (Myta, 2019).

Arcilla abundante en minerales:

La arcilla a utilizar es un aluminosilicato compuesto de magnesio hidratado. Regularmente se utiliza como agente tixotrópico, de antisedimentación y controlador de sinéresis y como modificador reológico y aglutinante, por lo que posee una gran variedad de aplicaciones a nivel industrial, y no presenta algún tipo de problema para personas o plantas. La partículas se encuentran en forma de barra cargada eléctricamente para formar una estructura reticular que hace posible la retención y suspensión de líquidos y partículas. Este tipo de arcilla se utiliza ampliamente en pinturas y revestimientos, productos diferentes a la industria de la construcción, lodos de perforación de pozos de petróleo, catalizadores y tamices moleculares (Myta, 2019).

La arcilla posee características similares a la sapiolita, posee una densidad muy baja, con gran cantidad de poros y por ende abundante área superficial. Por lo que se puede decir que es una arcilla absorbente. El origen es sedimentario y posee un color rojizo natural. Se dice que la arcilla es un complemento sinérgico con materiales de uso tradicional de origen vegetal, esto debido a su estructura y poder de absorción (Escribano, 2019).

Dentro de las características que se pueden mencionar de la arcilla están:

- Alta superficie específica
- Alta capacidad de retención de agua
- Inercia química
- No irrita
- No induce a la fermentación
- Alta disponibilidad
- Económica

(Escribano, 2013)

Así mismo se pueden mencionar las siguientes ventajas de la arcilla:

- Controla de humedad
- Control de amoniaco de olores desagradables
- Control de microorganismos e insectos
- Se puede utilizar como fertilizante

(Escribano, 2013)

Propiedades físico-químicas de la arcilla

- Estado: Solido
- Apariencia: Polvo
- Olor: N/A
- Pureza: >99%
- Color: Blanco-crema
- Capacidad de absorción de agua: 128%
- Capacidad de absorción de aceites: 64 – 84%
- Humedad: <9%
- Densidad aparente: 700g/L
- Granulometria: El 80% por debajo de 0.210 mm
- Punto de fusión: > 900 °C
- Punto de ebullición: N/A
- Punto de congelamiento: N/A

(Escribano, 2013)

Información toxicológica

- Toxicidad para la reproducción: No clasificado
- Toxicidad específica en determinados órganos (exposición única): No clasificado
- Toxicidad específica en determinados órganos (exposición repetida): No clasificado
- Peligro de aspiración: No clasificado
- Síntomas/lesiones después de la inhalación: Puede causar irritación en el tracto respiratorio. Agrava las condiciones pulmonares preexistentes como el asma y la enfermedad pulmonar crónica. Las fracciones respirables de cuarzo en este producto no superan el 1% y la fracción cristalina es mucho menor.
- Síntomas/lesiones después del contacto con la piel: Puede causar irritación en la piel.

- Síntomas/lesiones después del contacto con los ojos: Puede causar irritación en los ojos.
- Síntomas/lesiones después de la ingestión: Puede ser nocivo si se ingiere. El consumo puede conducir a la obstrucción del tracto gastrointestinal
(Escribano, 2013)

Información ecológica de la arcilla

- Toxicidad: No hay información adicional disponible
- Persistencia y degradabilidad: No hay información adicional disponible
- Potencial bioacumulativo: No hay información adicional disponible
- Movilidad en el suelo: No hay información adicional disponible
- Efecto sobre la capa de ozono: No hay información adicional disponible
- Efecto sobre el calentamiento global: No se conocen daños ecológicos causados por este producto.
(Escribano, 2013)

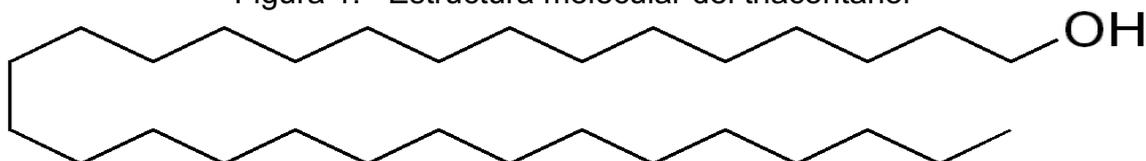
Controles de exposición

- Controles de ingeniería apropiados: Proporcione extracción local o ventilación general de la sala.
- Equipo de protección personal: Evitar toda exposición innecesaria. Las fuentes de lavado de ojos de emergencia y las duchas de seguridad deben estar disponibles en las inmediaciones de cualquier exposición potencial.
- Protección de las manos: Guantes de neopreno o caucho de nitrilo.
- Protección de los ojos: Gafas químicas. No se deben usar lentes de contacto.
- Protección de la piel y del cuerpo: Usar indumentaria protectora adecuada.
- Protección respiratoria: Cuando pueda ocurrir una exposición por inhalación debido al uso, se recomienda equipo de protección respiratoria. Respirador para polvo y neblina certificado por NIOSH. (Escribano, 2013)

Triacantanol

El triacantanol es un compuesto clasificado como alcohol graso de tipo primario; regularmente es conocido como alcohol de melisilo o alcohol miricilo. Puede encontrarse regularmente en las ceras vegetales de la cutícula y en la cera de las abejas. La característica sobresaliente de dicho compuesto es la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas. Puede aumentar de forma notable el número de roturas basales en la planta. El triacantanol posee una fórmula molecular $C_{30}H_{62}O$, con un peso molecular de 438.81 g/mol, una densidad de 0.77 kg/cm³ y un punto de fusión de 87 °C (Giridhar, 2002).

Figura 1. Estructura molecular del triacantanol



(Pearson, 1990)

El compuesto ha sido utilizado ampliamente con el objetivo de mejorar el rendimiento de cultivos alrededor del mundo; sin embargo, la mayor cantidad del

mismo ha sido utilizada en el continente Asiático. Se ha determinado que lo que hace efectivo al triacontanol como regulador de crecimiento es la capacidad que posee de aumentar el crecimiento de las plantas al mejorar la fotosíntesis, biosíntesis de proteínas, el transporte de nutrientes en la planta y por ende, la actividad enzimática, buscando reducir los carbohidratos (Giridhar, 2002).

Dicho alcohol busca aumentar la eficiencia fisiológica de las células vegetales, incrementando el potencial de las que son responsables de regular el crecimiento y madurez de la planta. El alcohol fue aislado por primera vez en 1933 utilizando como base la cera de alfalfa; fue clasificado como alcohol primario saturado de cadena lineal. El utilizarlo en cultivos como pepino, tomate, trigo, maíz, lechuga y arroz, lo diferencia de entre las plantas a las que fue aplicado y de las que no es sustancial en cuanto al crecimiento y cantidad de frutos (Pearson, 1990).

Se ha observado que el triacontanol no reacciona de forma similar en todas las plantas, aunque evidencia resultados parecidos. Los efectos mostrados por el triacontanol hacen ver una variación en los niveles de fotosíntesis y manipulación del rendimiento en especies vegetales. En el caso de las plantas C-3, el triacontanol aumenta el peso de la hoja e inhibe la fotosíntesis alrededor de un 27% en las hojas secas. Por otro lado, en plantas C-4 no se produce ningún cambio en la fotosíntesis (Pearson, 1990).

El efecto básico del tratamiento aplicado a varias especies de plantas es el aumento notable del crecimiento de las mismas, aumentando los niveles de la fotosíntesis y por lo tanto el rendimiento de los cultivos. El regulador de crecimiento no es efectivo en todas las plantas, algunas reaccionan de forma positiva al incluirlo o absorberlo dentro de sí, mientras que existen plantas que no muestran ningún tipo de reacción ante él (Pearson, 1990).

El nivel de respuesta que pueda tener la planta respecto del triacontanol es la dosis y fórmula aplicada. La dosis aplicada puede traer consigo beneficios o generar situaciones adversas que no causen algún bien a la planta. Una dosis alta no significa que la planta presentará mejores resultados; al contrario, puede inhibir de cierta forma el crecimiento de la mismas (Pearson, 1990).

Funcionalidad

Debido al aporte realizado por el compuesto en las plantas, empresas alrededor del mundo han buscado sintetizarlo con el fin de mejorar el rendimiento de los cultivos junto con la resistencia a las plagas que los aquejan. El triacontanol es efectivo como regulador de crecimiento, dado que fomenta la tasa de división celular en las plantas para producir raíces y brotes más grandes (Naeem, 2011).

De forma experimental se ha observado que el realizar aplicaciones de triacontanol en la fase de crecimiento maximizado de una planta en cantidades adecuadas, la actividad enzimática se ve mejorada en las raíces y la funcionalidad hormonal aumenta el rendimiento de la misma. De forma general, el triacontanol busca mejorar las funcionalidades básicas de la planta como

aumentar la fotosíntesis y producir más azúcar y glucosa. Al existir una mayor cantidad de fotosíntesis, la producción de azúcares y glucosa se intensifica (Naeem, 2011).

Cuando existe gran producción de azúcares, la planta envía estos a la rizósfera a través del sistema de raíces donde se produce el crecimiento y la respiración, además del intercambio de nutrientes en las proximidades del suelo. Entre mayor sea la cantidad de azúcares que esté disponible, la respiración será mejor y por ende el intercambio de nutrientes entre la planta y los microorganismos del suelo. Cuando los microbios en el suelo reciben más azúcares de la planta, la actividad microbiana en la zona radicular aumenta y la extracción de nutrientes se da de una mejor manera; ejemplo de esto es una mejor fijación del nitrógeno (Naeem, 2011).

Los microorganismos presentes en el suelo trazan los nutrientes. De esta forma pueden ser utilizados por la planta con el objetivo de producir compuestos y nutrientes complejos esenciales para un crecimiento acelerado, así mismo mejorar la defensa contra microbios. La formación de estos complejos optimiza el rendimiento de los cultivos y la producción de anticuerpos para mejorar el nivel de respuesta ante factores externos (Naeem, 2011).

Soluciones

Las mezclas se clasifican según el tamaño de la partícula en la disolución. Una disolución es una mezcla entre dos o más componentes; dichos componentes se encuentran distribuidos de forma homogénea; esto es posible ya que cada componente se mezcla de forma íntima con el otro, de modo que las características individuales de cada uno se pierden. Por lo que realizar una distinción de los mismos es casi imposible, y el conjunto pasa a estar en una sola fase, la cual puede ser sólida, líquida o gaseosa bien definida (Ríos, 1999).

Componentes en una solución:

- Solute: componente que se encuentra en menor cantidad. Es el que se disuelve y puede estar en fase: gaseosa, líquida o sólida.
- Solvente: componente dentro de la solución que se encuentra en mayor cantidad; disuelve al soluto. La fase del solvente determina la de la solución. El solvente que más se utiliza es el agua. (Ríos, 1999)

Regularmente las soluciones poseen las siguientes características:

- Sus componentes no pueden ser separados por métodos físicos como decantación, filtración, centrifugación, entre otros.
- Sus componentes pueden separarse a través de métodos como destilación, cristalización y cromatografía.
- La interacción entre el solvente y soluto se da a nivel molecular. (Ríos, 1999)

Coloides

Los coloides son mezclas de componentes intermedias entre las soluciones y mezclas. Es decir, se encuentran entre la homogeneidad y heterogeneidad; sus partículas tienen un diámetro del orden de 10 nanómetros (Ríos, 1999).

Un coloide está compuesto por:

- Fase dispersa: componente o sustancia que se encuentra en menor cantidad dentro del sistema disperso; las partículas se encuentran divididas y dentro de la otra sustancia.
- Medio dispersante: compuesto o sustancia en la cual se encuentra dispersa otra. Regularmente se conoce como fase continua (Ríos, 1999).

Regularmente los coloides poseen las siguientes características:

- Difícil de verlos a simple vista.
- Dispersan la luz, es decir, causan el efecto Tyndall.
- El movimiento de sus partículas es rápido, desordenado y continuo.
- Las partículas coloides pueden ser retenidas al utilizar una membrana semipermeable. (Ríos, 1999)

Soluciones en suspensión

Las suspensiones son mezclas heterogéneas, regularmente formadas por un compuesto en estado sólido en polvo o por pequeñas partículas no solubles, las cuales se dispersan en un medio líquido o gaseoso (Ríos, 1999).

Una solución en suspensión cuenta con los siguientes componentes:

- Sólido: compuesto en estado sólido en polvo.
- Fase dispersa: compuesto o partículas no solubles.
- Fase dispersante o dispersora: medio líquido o gaseoso. (Ríos, 1999)

Cuenta con las siguientes características:

- El tamaño de las partículas de la fase dispersa es mayor.
- Al encontrarse en reposo se produce sedimentación.
- Se puede producir la separación de sus componentes a través de filtraciones.
- Tienen alta turbiedad.
- Las partículas se ven a simple vista. (Ríos, 1999)

Los componentes de una suspensión pueden ser distribuidos de forma uniforme a través de medios mecánicos, tales como: agitación del contenido o mezclado utilizando espas (Ríos, 1999).

Suelos

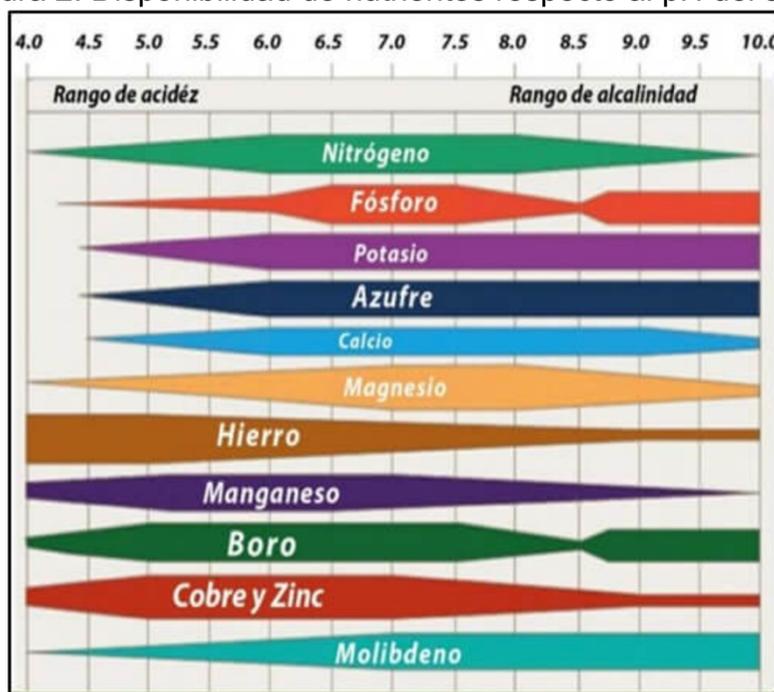
Las propiedades físicas de cada tipo de suelo son diferentes y cada una de ellas tiene relación con su adecuación para los usos que se les destina. La

rigidez y capacidad de sosten, el drenaje y la capacidad de almacenamiento de humedad, las pasticidad, la facilidad de penetración de las raíces, la aireación y la retención de nutrientes de las plantas esta intimamente relacionada con la consición física de cada tipo de suelo (Foth, 2003).

Los fertilizantes en suelos no producen cambios significativos en el pH del mismo. Sin embargo, hay casos en los que altas concentraciones de nitrogeno en los fertilizantes pueden provocar en el suelo un aumento de la acidez, por lo cual es apropiado escoger de forma adecuada el pH de cada fertilizante que se debe de aplicar enc ada suelo para evitar modificar las características del mismo y propiciar una mayor absorción de nutrientes, ya que la misma depende del pH del suelo (Foth, 2003).

Según el pH del suelo, es posible determinar la disponibilidad de nutrientes en el suelo. El Ph dentro de un rango específico permite que los nutrientes mantengan mayor disponibilidad para la planta. La adaptabilidad de cada especie a un rango determinado de pH, hace que sea el criterio principal con respecto a la dinámica de los nutrientes que serán absorbidos por las raices e influir en la productividad de frutos en la planta (Foth, 2003).

Figura 2. Disponibilidad de nutrientes respecto al pH del suelo



(Foth, 2003)

La deficiencia de nutrientes puede ser corregida utilizando fertilizantes foliares líquidos, tomando en cuenta la proporción adecuada de solución en base a la cantidad presente de cada nutriente en la solución al suelo. Esto para evitar causar un efecto contrario en el suelo (Foth, 2003).

Figura 3. Corrección de deficiencia de macronutrientes en cultivos

	CARENCIA OBSERVADA DE MICROELEMENTOS										
	S	Ca	Mg	Mn	Fe	B	Cu	Zn	Mo	K	
EXCESO DE NITROGENO											
EXCESO DE FOSFORO											
EXCESO DE POTASIO											
EXCESO DE CALCIO											
EXCESO DE MAGNESIO											
EXCESO DE MANGANESO											
EXCESO DE HIERRO											
EXCESO DE COBRE											
EXCESO DE ZINC											
EXCESO DE SODIO											
EXCESO DE AZUFRE											
EXCESO DE BICARBONATOS											
EXCESO DE MATERIA ORGANICA											

(Foth, 2003)

Ciclo de Nitrógeno

El papel fundamental de los microorganismos presentes en el ecosistema en la fijación del nitrógeno. El ciclo del nitrógeno es un proceso biogeoquímico a través del cual este se reacciona en múltiples formas químicas, las cuales pueden circular a través de la biosfera, ecosistemas marinos y terrestres. La conversión del nitrógeno puede llevar a cabo a través de procesos biológicos o físicos. Los procesos de mayor importancia en el ciclo del nitrógeno incluyen la fijación, amonificación, nitrificación y desnitrificación (Foth, 2003).

La mayor parte de la atmósfera de la Tierra, específicamente el 78%, es nitrógeno atmosférico en forma N₂, lo que la convierte en la mayor fuente de nitrógeno en la Tierra. Sin embargo, el nitrógeno atmosférico tiene poca disponibilidad para usarse en procesos biológicos, por lo que conduce a una fuente limitada de este elemento en los diferentes ecosistemas. El nitrógeno es de vital importancia en la ecología debido a que puede ayudar a que diferentes procesos ocurra de forma más rápida, esto incluye la producción primaria y la descomposición (Foth, 2003).

Las actividades humanas han modificado ampliamente el ciclo del nitrógeno en la Tierra, esto con el uso de fertilizantes y compuestos abundantes en este elemento, lo cual puede provocar de forma negativa al sistema del medio ambiente natural y la salud de las personas (Foth, 2003).

Punto de equilibrio

El análisis de punto de equilibrio es una técnica financiera utilizada en la planeación de utilidades, de ventas y por ende de producción. Se utiliza como una estrategia de planeación. Desde un punto de vista productivo se puede definir como el volumen de producción y ventas que se deben tener para generar un ingreso total que pueda compensar los costos totales, los cuales corresponden a la suma de los costos fijos y variables. El punto de equilibrio de forma gráfica se puede definir como una representación matemática del nivel o grado de apalancamiento que se posee (Jiménez,2020).

Se basa en la relación que existe entre los ingresos totales que la empresa posee y su costo total de producción, considerando costos fijos y variables. Se asume que la producción en su totalidad será vendida. Se deben considerar los costos y gastos que se realizan para obtener el producto. El análisis de punto de equilibrio se basa en:

- Determinar el nivel de operaciones necesario para lograr cubrir todos los costos relativos
- Determinar y evaluar la rentabilidad del producto a diferentes niveles de producción y ventas
- Realizar una planificación de la producción
- Planear el nivel de ventas necesario
- Controlar los gastos
- La toma de decisiones

(Jiménez,2020)

Clasificación de costos sobre la base de su comportamiento:

Los costos de producción, venta, administración, entre otros, se clasifican de acuerdo con su comportamiento en:

- Costos variables: pueden definirse como aquellos costos que son directamente proporcionales al volumen de producción que la empresa posea. En otras palabras, si el nivel de producción o distribución aumentan, los costos variables lo harán de igual manera; por otra parte, si estos disminuyen, los costos variables lo harán también (Jiménez,2020).
- Costos fijos: son costos que se encuentran dentro de la estructura operativa de la empresa. Estos permanecen constantes en cuanto a su magnitud, independientemente si el nivel de producción de unidades aumenta o disminuye. Se dice que estos costos son una función del tiempo y no del nivel de ventas que se posee; por lo general son establecidos mediante un

contrato. Algunos ejemplos de estos costos puede ser los sueldos del personal administrativo, rentas, entre otros (Jiménez,2020).

Costos de producción

Son los costos en los cuales se debe de incurrir durante el proceso de transformación de la materia prima en el producto final. Pueden subdividirse en:

- Materia prima: se considera como materia prima a todo aquel insumo de material que forma parte del producto terminado y puede ser identificado de manera clara dentro del mismo. Se subdivide en:
 - Material directo: puede identificarse cuantitativamente dentro del producto terminado; el aporte que el mismo posee es de vital importancia para su funcionamiento (Andradre, 2019).
 - Material indirecto: es un material que no puede identificarse de forma cuantitativa dentro del producto terminado y su aporte no representa mayor importancia (Andradre, 2019).
- Mano de obra: el apartado de mano de obra representa la remuneración económica que se le debe brindar a los empleados de la empresa por el trabajo que realizan, para garantizar que todas las actividades sean llevadas de la mejor manera. Según el área en donde se encuentren laborando, pueden clasificarse en:
 - Mano de obra directa: es la remuneración económica que se le da a los empleados cuyo trabajo se encuentra estrechamente relacionado con el proceso productivo. Puede considerarse como mano de obra directa a todo aquel empleado que es indispensable para que el proceso se lleve a cabo de la forma correcta (Andradre, 2019).
 - Mano de obra indirecta: es la remuneración económica que recibe el personal que no tiene relación directa con el proceso productivo. Ejemplo de este puede ser el personal administrativo o de limpieza (Andradre, 2019).

Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

Los objetivos de desarrollo sostenible fueron establecidos en el año 2015 y se plantea que sean realizados para el año 2030. Son una iniciativa que es impulsada por las Naciones Unidas. En total son 17 objetivos y 169 metas propuestas. Dentro de las prioridades de estos objetivos se tiene el combatir el cambio climático, la desigualdad económica, la innovación, el consumo sostenible, la paz, la justicia, entre otras (ONU,2015).

Dentro de los objetivos de desarrollo sostenible se encuentran:

- Objetivo 1: Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
- Objetivo 2: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.

- Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
- Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
- Objetivo 5: Lograr la igualdad entre los géneros.
- Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
- Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
- Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
- Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
- Objetivo 10: Reducir la desigualdad en y entre los países.
- Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros resilientes y sostenibles.
- Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- Objetivo 14: Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
- Objetivo 15: Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.
- Objetivo 16: Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.
- Objetivo 17: Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

(ONU, 2015)

Aplicaciones de los fertilizantes foliares líquidos concentrados según las características del área donde deben de ser utilizados:

- Producto A

Forma de aplicación: Es un complemento balanceado, diseñado para atender de forma preventiva las necesidades de macroelementos, elementos secundarios y microelementos que tienen todas las plantas. Puede ser utilizado en cualquier etapa del desarrollo para corregir deficiencias nutricionales de difícil identificación. Contiene nitrógeno orgánico que favorece el ingreso de los minerales y además la planta no gasta energía en procesar el elemento.

Compatibilidad: Este producto es compatible con la mayoría de los productos fitosanitarios, pero se recomienda realizar una prueba de compatibilidad previa, la cual puede consistir en observar si existe una

correcta solubilidad entre los productos a utilizar. Este producto puede de ser aplicado en suelos arcillosos, porosos cuyo pH sea de menor a 6.

Fitotoxicidad: Este producto no es fitotóxico a los cultivos recomendados.

Figura 4. Preparación y mezcla del producto A para su aplicación en cultivos

CULTIVO	ÉPOCA DE APLICACIÓN	Dosificación foliar
Leguminosas Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) Soya (<i>Glycine max</i>)	Se recomienda como mínimo dos tratamientos a los 15 y a los 30 días después de germinado.	2,0 L/Ha
Cucurbitáceas Melón (<i>Cucumis melo</i>) Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	Se recomienda como mínimo de dos a tres tratamientos cada 15 días a partir de los 8 días después de trasplante.	1,5 L/Ha
Café (<i>Coffea arábica</i>)	Se recomiendan como mínimo de dos a tres tratamientos previo al cuaje de fruto.	2,0 L/Ha
Gramineas Maíz (<i>Zea mays</i>) Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i>) Arroz (<i>Oriza Sativa</i>)	Se recomiendan dos tratamientos antes de los 60 días.	1,5 L/Ha
Hortalizas Zanahoria (<i>Daucus Carota</i>) Brócoli (<i>Brassica Oleracea var. Italica</i>) Coliflor (<i>Brassica Oleracea var. Botrytis</i>)	Durante el crecimiento vegetativo y también de frutos cada 15 días.	1,5 L/Ha
Solanáceas Tomate (<i>Lycopersicum Esculentum</i>) Chile (<i>Capsicum annum</i>)	Durante el crecimiento vegetativo y también de frutos cada 15 días.	2,0 L/Ha

- Producto B

Forma de aplicación: Es un fertilizante foliar líquido que combate el estrés que sufren los cultivos causados por el frío, exceso de humedad, sequía, podas y por intoxicación por mal uso de pesticidas como insecticidas, fungicidas y herbicidas. Ayuda a recuperar de forma rápida el cultivo cuando este ha sufrido un daño ligero o severo en cualquier etapa fenológica.

Compatibilidad: Este producto es compatible con la mayoría de los productos fitosanitarios, pero se recomienda realizar una prueba de compatibilidad previa, la cual puede consistir en observar si existe una correcta solubilidad entre los productos a utilizar. Este producto puede ser aplicado en suelos con alto contenido en fósforo y cuyo pH sea superior a 7.

Fitotoxicidad: Este producto no es fitotóxico a los cultivos recomendados.

Figura 5. Preparación y mezcla del producto B para su aplicación en cultivos

CULTIVO	Etapa de cultivo	Dosificación Foliar
Leguminosas Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) Soya (<i>Glycine max</i>) Ejote (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Se recomienda como mínimo dos tratamientos a los 45 y a los 55 días después de germinado.	2,0 L/Ha 5 copas por mochila
Cucurbitáceas Melón (<i>Cucumis melo</i>) Pepino (<i>Cucumis sativus</i>) Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>)	Se recomiendan como mínimo de dos a tres tratamientos cada 15 días a partir de los 8 días después del trasplante.	2,0 L/Ha 5 copas por mochila
Café (<i>Coffea arabica</i>)	Se recomiendan como mínimo de dos a tres tratamientos previo al cuaje del fruto.	2,0 L/Ha 5 copas por mochila
Gramíneas Maíz (<i>Zea mays</i>) Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i>) Arroz (<i>Oriza Sativa</i>)	Se recomiendan como mínimo de dos a tres tratamientos antes de los 60 días de germinación.	1,5 L/Ha 5 copas por mochila
Hortalizas Zanahoria (<i>Daucus Carota</i>) Brócoli (<i>Brassica Oleracea Var. Italica</i>) Coliflor (<i>Brassica Oleracea Var. Botrytis</i>)	Durante el crecimiento vegetativo y también de frutos cada 15 días.	1,5 L/Ha 5 copas por mochila
Solanáceas Tomate (<i>Lycopersicum Esculentum</i>) Chile (<i>Capsicum annum</i>)	Durante el crecimiento vegetativo y también de frutos cada 15 días.	2,0 L/Ha 5 copas por mochila
Banano y Plátano (<i>musa spp</i>)	Se recomiendan como mínimo tres tratamientos al séptimo, octavo y noveno mes después de siembra.	3,0 L/Ha 5 copas por mochila

- Producto C

Forma de aplicación: Es un fertilizante foliar líquido abundante en sustancias humicas y fúlvicas procedentes de la leonardita, un tipo de lignito, cuyo efecto es altamente beneficioso para todas las plantas superiores a parte de llevar los macroelementos necesarios para el buen funcionamiento fisiológico de la planta.

Compatibilidad: Este producto es compatible con la mayoría de los productos fitosanitarios, pero se recomienda realizar una prueba de compatibilidad previa, la cual puede consistir en observar si existe una correcta solubilidad entre los productos a utilizar. Este producto debe ser aplicado en suelos arcillosos y con deficiencia en microelementos, la aplicación puede ser al suelo y cuyo pH este ente entre 6 y 8.

Fitotoxicidad: Este producto no es fitotóxico a los cultivos recomendados.

Figura 6. Preparación y mezcla del producto C para su aplicación en cultivos

Cultivo	Época de aplicación	Dosificación
Solanáceas	Se recomiendan como mínimo de dos a tres tratamientos.	4 lts/Ha
Cucurbitáceas	Se recomiendan como mínimo de dos a tres tratamientos.	4 lts/Ha
Frutales y cultivos perennes	Se recomiendan como mínimo de dos a tres tratamientos.	4 lts/Ha
Gramíneas	Se recomiendan como mínimo de dos a tres tratamientos.	4 lts/Ha
Hortalizas	Se recomiendan 3 aplicaciones, la primera después del trasplante, para favorecer el enraizamiento de la planta, el otro a lo largo del ciclo vegetativo y el último durante el engrosamiento de los frutos.	4-5 lts/Ha

V. METODOLOGÍA

A. Equipo de trabajo

1. Balanza electrónica (precisión 0.1 g y 0.01 kg)
2. Balanza electrónica (precisión 0.01 g)
3. Cronómetro
4. Mufla
5. 6 beakers de 500 mL.
6. 4 beakers de 1000 mL.
7. 5 varillas de agitación
8. Potenciómetro marca HANNA Checker
9. Solución buffer de pH 4
10. Solución buffer de pH 7
11. Solución buffer de pH 10

B. Selección de arcilla

1. Se realizó una investigación teórica de las propiedades de la arcilla, con el fin de conocer la disponibilidad y cuidados que se deben de tener con la misma.
2. Del conjunto de arcillas investigadas se seleccionaron las de mayor disponibilidad y menor precio, con el fin de evitar elevar los costos de la materia prima.
3. Se realizó una comparación teórica de las características físicas de las opciones de arcillas seleccionadas, con base en la disponibilidad y costos de las arcillas abundantes en minerales.
4. Se realizó una comparación teórica de las características químicas de las opciones de arcillas abundantes en minerales, seleccionadas de acuerdo con su disponibilidad.
5. Con base en la investigación realizada se seleccionó la arcilla abundante en minerales que mejor desempeño pueda tener en el proceso de producción de fertilizantes foliares líquidos concentrados.

C. Importación de arcilla abundante en minerales

1. Se le notificó al subdepartamento de importaciones el requerimiento de compra de la arcilla abundante en minerales.

D. Determinación de productos foliares líquidos a los cuales se les aumentó su concentración en nutrientes utilizando arcilla abundante en minerales

1. Al departamento de ventas se le solicitó la base de datos de las ventas realizadas en los años 2018, 2019 y 2020.
2. Utilizando el software Excel 2020, se realizó una discriminación de datos que tuvo como objetivo determinar las ventas de cada una de las líneas trabajadas por la empresa en dichos años. Las líneas de interés fueron: líquidos foliares, polvos hidrosolubles, materias primas, productos hormonales y servicios de maquila.
3. De acuerdo con las ventas totales, se determinó su proporción por cada una de las líneas que la empresa maneja como giro de negocio.
4. De la línea de productos foliares líquidos se realizó una discriminación de datos para determinar los productos con mayor cantidad de unidades vendidas a lo largo del tiempo analizado.

5. Se seleccionaron los productos, considerando que debía de encontrarse en la selección un producto con pH ácido, neutro y básico.
 6. Se determinó la proporción de ventas de cada uno de los productos seleccionados en los años analizados.
- E. Nombramiento de productos foliares líquidos utilizados para la producción de fertilizantes líquidos concentrados
1. Se nombró al producto cuyo pH es ácido, como producto A
 2. Se nombró al producto cuyo pH es básico, como producto B
 3. Se nombró al producto cuyo pH es neutro, como producto C
- F. Evaluación de la cantidad de arcilla a utilizar
1. Se determinó un volumen de un litro de producto A de la fórmula original, es decir, la que se encuentra en el mercado guatemalteco hasta la fecha.
 2. El volumen total fue dividido en tres recipientes previamente tarados, en partes iguales.
 3. Cada recipiente fue previamente rotulado con los textos:
 - a. Recipiente A -> 2%
 - b. Recipiente B -> 4%
 - c. Recipiente C -> 6%
 4. Para cada recipiente fue pesada la cantidad de arcilla necesaria para obtener la concentración indicada en cada uno. La arcilla fue disuelta previamente en 100 mL de agua y agregada al recipiente que contenía el producto sin arcilla.
 5. Al agregar y mezclar la arcilla abundante en minerales, cada recipiente se dejó reposar por un tiempo de 5 días.
 6. Se realizó un análisis visual para determinar la formación de capas o fases en la mezcla.
 7. A cada recipiente se le introdujo una varilla de agitación para evaluar la presencia de sedimentos en el fondo de este.
 8. Al recipiente que no mostró formación de sedimento o separación de fases se le denominó eficiente. Se trató del recipiente con una concentración del 6% p/p de arcilla abundante en minerales.
- G. Formulación de 500 mL de los productos A, B y C con una concentración de arcilla abundante en minerales de 6% p/p
1. Se solicitó al Departamento de Producción la orden para producir un volumen de 500 mL de los productos A, B y C con la fórmula con que cada uno se encuentra en el mercado actualmente.
 2. Se codificó la formulación de cada producto asignando códigos a las materias primas; esto debido a que la empresa solicitó que se mantuvieran en secreto sus fórmulas.
 - a. Fuente de ácidos húmicos – BR-1
 - b. Fuente de ácidos fúlvicos – BRS-1
 - c. Fuente de hierro – CDH
 - d. Fuente de potasio 1 – AF
 - e. Fuente de potasio 2 – FT-K
 - f. Fuente de proteínas – AMN
 - g. Fuente de magnesio – CDM

- h. Fuente de nitrógeno 1 – NDA
 - i. Fuente de nitrógeno 2 – URA
 - j. Fuente de zinc – CDZ
 - k. Fuente de boro – AB
 - l. Fuente de calcio – CSCP
 - m. Disolvente de boro - EH
 - n. Solvente – AG
 - o. Arcilla – AR
3. A cada uno de los nutrientes, para fines numéricos del balance de masa se le asignó una codificación, siendo esta la siguiente:
 - a. Nitrógeno – a
 - b. Fósforo – b
 - c. Potasio – c
 - d. Magnesio – d
 - e. Hierro – e
 - f. Zinc – f
 - g. Manganeso – g
 - h. Boro – h
 - i. Cobre – i
 - j. Molibdeno - j
 - k. Calcio – k
 - l. Azufre - l
 - m. Ácidos húmicos – m
 - n. Ácidos fúlvicos – n
 - o. Cobalto – o
 - p. Aminoácidos – p
 - q. IBA – q
 - r. 6BAP – r
 - s. GEA – s
 - t. IAA – t
 4. Según balance de masa de los tres fertilizantes foliares líquidos presentes en el mercado actual, se determinó el aporte de cada nutriente en la formula final.
 5. De acuerdo con el aporte nutricional de cada material prima y utilizando balance de masa se determinó la cantidad de materia prima a utilizar para aumentar la concentración de nutrientes de los tres diferentes fertilizantes foliares líquidos concentrados.
 6. A cada producto foliar líquido concentrado se le determinó el peso para cuantificar la cantidad de arcilla necesaria para obtener una concentración del 6% p/p.
 7. Se pesó la arcilla necesaria que se emplearía para cada producto.
 8. Luego de realizar el proceso de pesaje de la arcilla, se disolvió en 100 mL de agua, para posteriormente agregarlos al recipiente correspondiente.
 9. Al verter la solución arcilla-agua en el recipiente del producto asignado, se realizó un proceso de mezclado brusco a 6800 RPM, durante 3 minutos, para garantizar la homogeneidad de la solución y que se formara una solución en suspensión.
 10. A cada formulación se le determinó el pH y la densidad.

H. Prueba de degradación térmica agresiva

1. Se procedió a calentar el horno a 65 °C.
2. Se graduó la humedad del horno a un 5%.
3. Se introdujeron las 3 muestras de los fertilizantes concentrados en recipientes tipo botella al horno.
4. Se elevó la temperatura a 70 °C.
5. Se dejaron las muestras por un tiempo de 2 semanas.
6. Se procedió a sacar las muestras de los tres fertilizantes del horno.
7. A cada muestra se le determinó su pH y su densidad.

I. Determinación de pH

1. Se procedió a limpiar el potenciómetro marca HANNA Checker utilizando agua destilada.
2. Se presionó el botón de mando para acceder al modo de calibración y fue graduado el potenciómetro.
 - a. Se introdujo el potenciómetro en la solución buffer de pH 4.00 y se esperó a que el equipo indicara la lectura correcta.
 - b. Se retiró el potenciómetro de la solución buffer y se realizó un proceso de lavado con agua destilada.
 - c. Posteriormente se introdujo el potenciómetro en la solución buffer de pH 7.00 y se esperó a que el equipo indicara la correcta lectura.
 - d. Se retiró el potenciómetro de la solución buffer y se realizó un proceso de lavado con agua destilada.
 - e. Posteriormente se introdujo el potenciómetro en la solución buffer de pH 10.00 y se esperó a que el equipo señalara la correcta lectura.
 - f. Se retiró el potenciómetro de la solución buffer y se realizó un proceso de lavado con agua destilada.
3. Para determinar el pH de cada solución se introdujo el potenciómetro en cada recipiente tipo botella hasta el punto en el cual el electrodo, quedase completamente sumergido en la solución.
4. Después de cada lectura de pH se lavó el potenciómetro, utilizando agua destilada.
5. Para apagar el potenciómetro se presionó una vez el botón de mando para pasar del estado *on* a *off*.

* Se realizó el mismo procedimiento de calibración al momento de ser necesaria la lectura de pH a determinada solución.

** La lectura de pH se realizó al día dos de haber realizado las formulaciones de los productos foliares líquidos concentrados y después de haber efectuado la prueba a los recipientes con producto, sometidos a la prueba de degradación térmica.

J. Determinación de la densidad de productos foliares líquidos concentrados formulados

1. Se taró una probeta de vidrio de 25 mL utilizando una balanza electrónica con una precisión de 0.01 g.

2. En la probeta se introdujeron 25 mL del producto al que se le determinó la densidad. La lectura de los 25 mL se realizó igualando la escala del 25 mL con el menisco de la solución analizada.
3. Se anotó el peso mostrado por la balanza electrónica.
4. Se obtuvo un cociente entre el peso determinado y el volumen de la probeta, determinando así la densidad del producto analizado.

* Se siguió el mismo procedimiento para determinar la densidad de las diferentes muestras de productos analizadas.

** La determinación de la densidad se realizó al día dos de haber realizado las formulaciones de los productos foliares líquidos concentrados y después de haber efectuado la prueba a los recipientes con producto, sometidos a la prueba de degradación térmica.

K. Cotización de material de empaque utilizando 6 presentaciones de producto final

1. Se solicitó al departamento de producción la lista de material de empaque que utiliza para el envasado y comercialización de productos foliares.
2. Se realizó una cotización a los proveedores de material de empaque para las presentaciones de:
 - a. Litro proquim color blanco de 100 g.
 - b. Galón cuadrado de 4 litros color blanco
 - c. Caneca de 20 litros color blanco
 - d. Caneca de 20 litros color azul
 - e. Tonel de 200 litros

L. Determinación de costos variables

1. Se cuantificó el costo de materia prima para cada producto foliar líquido concentrado formulado.
 - a. Con base en la orden de producción brindada por el departamento de producción se sacó el listado de materias primas empleadas.
 - b. Se solicitó al Departamento de Contabilidad el costo de cada una de las materias primas empleadas en el proceso de formulación.
 - c. Los datos se tabularon en el software Excel 2020, con el objetivo de escalar la cantidad de materia prima empleada por litro de contenido neto formulado a cada una de las presentaciones de producto final.
 - d. Se determinó el costo de materia prima por presentación de producto final.
2. Determinación de costos por material de empaque
 - a. Con base en la cotización de proveedores, los costos de cada material de empaque se colocaron en el software Excel 2020, con el fin de determinar los mismos,, modificando la cantidad de unidades empleadas.
3. Determinación de costos por mano de obra directa
 - a. Se cuantificó el tiempo en el que los operarios envasaron producto en cada una de las presentaciones finales durante un periodo de tiempo de 1 hora.

- b. Se solicitó al Departamento de Contabilidad el salario por hora de un operario para determinar el costo de mano de obra por envase de presentación final.

* Se consideró el proceso de formulación para determinar el costo de mano de obra.

M. Determinación de costos fijos

1. El Departamento de Contabilidad realizó un listado de los costos fijos que se deben cubrir durante el mes, basándose en el promedio de los costos fijos de los últimos 36 meses.
2. Con base en el listado proporcionado se determinó la cantidad de costos fijos que deben de ser cubiertos durante el mes.

N. Determinación del punto de equilibrio

1. A cada producto se le asignó el margen de contribución correspondiente, de acuerdo con la cantidad de ventas de su similar no concentrado.
2. Distribución de ventas de producto por presentación final
 - a. Con base en la proporción de ventas de cada uno de los productos no concentrados, se determinó la proporción de cada presentación final.
 - b. A cada presentación de producto final por producto formulado se le asignó, de acuerdo con la proporción de ventas de su similar no concentrado, la proporción de costos fijos que deben de cumplir.
 - c. Considerando los costos variables y fijos y el margen de contribución para cada producto y su respectiva presentación de producto final, se determinó el precio de venta que debe de tener cada uno.
 - d. Con base en el precio de venta y los costos fijos y variables se determinó la cantidad de unidades de forma cuantitativa que se deben de vender, para que la empresa se encuentre en un punto de equilibrio económico por producir dichos fertilizantes.

VI. RESULTADOS

Cuadro 1. Cantidad de arcilla necesaria para mantener en suspensión las partículas no disueltas del fertilizante foliar líquido concentrado con pH ácido

Nombre producto	Porcentaje de arcilla utilizada en la mezcla (% p/p)	Peso del producto sin arcilla (g)	Cantidad de arcilla utilizada en la mezcla (g)	Veredicto
Producto A	2	540.5	11.1	Deficiente
	4		22.7	Deficiente
	6		34.5	Eficiente

Cuadro 2. Cantidad de arcilla utilizada para mantener en suspensión las partículas no disueltas de los fertilizantes foliares líquidos concentrados con pH ácido, neutro y básico para un volumen de 1 L de producto

Nombre del producto	pH	Porcentaje de arcilla utilizada en la mezcla (%p/p)	Cantidad de arcilla utilizada en la mezcla ($\pm 2.5 \cdot 10^{-4}$ kg)
Producto A	1.4	6	0.104
Producto B	10.6	6	0.106
Producto C	6.8	6	0.083

Cuadro 3. Características de los fertilizantes foliares líquidos concentrados analizados

Características	Producto A		Producto B		Producto C	
	Antes de prueba de degradación térmica	Después de prueba de degradación térmica	Antes de prueba de degradación térmica	Después de prueba de degradación térmica	Antes de prueba de degradación térmica	Después de prueba de degradación térmica
Densidad experimental (g/mL)	1.6496	1.6248	1.6044	1.6048	1.506	1.6164
pH (± 0.05)	1.4	2.4	10.6	10.3	6.8	6.8
Descripción física	Líquido color café oscuro	Líquido color café oscuro	Líquido color café beige leve formación de espuma	Color café beige leve formación de espuma	Líquido color negro	Líquido color negro
Presencia de sedimentos	Nula	Nula	Nula	Nula	Nula	Nula

Cuadro 4. Lectura del pH de tres soluciones de fertilizantes foliares líquidos concentrados.

Producto analizado	Antes de la prueba de degradación térmica (± 0.05)	Después de la prueba de degradación térmica (± 0.05)	Variación absoluta (%)	Veredicto
A	1,4	2.4	71.43	Eficiente
B	10.6	10.3	2.83	Eficiente
C	6.8	6.8	0.00	Eficiente

Cuadro 5. Determinación del peso de tres fertilizantes líquidos foliares concentrados para un volumen de 25 mL.

Producto analizado	Antes de la prueba de degradación térmica (± 0.005)	Después de la prueba de degradación térmica (± 0.005)	Variación absoluta (%)	Veredicto
A	41.24	40.62	1.50	Eficiente
B	40.11	40.12	0.02	Eficiente
C	37.65	40.41	7.33	Eficiente

Cuadro 6. Determinación del punto de equilibrio para el producto foliar líquido concentrado A, por presentación de producto final

Presentación	Cantidad de unidades de envase	Cantidad de unidades monetarias en quetzales (Q)
Litro blanco	27,555	536,921.06
Galón blanco	3,109	193,030.42
Caneca blanca	353	97,961.47
Caneca azul	341	94,743.87
Tonel	18	50,847.83
Total		973,504.65

Cuadro 7. Determinación del punto de equilibrio para el producto foliar líquido concentrado B, por presentación de producto final

Presentación	Cantidad de unidades de envase	Cantidad de unidades monetarias en quetzales (Q)
Litro blanco	37,276	703,542.31
Galón blanco	4,239	252,936.73
Caneca blanca	484	128,455.19
Caneca azul	467	124,097.44
Tonel	25	67,631.68
Total		1,276,663.34

Cuadro 8. Determinación del punto de equilibrio para el producto foliar líquido concentrado C, por presentación de producto final.

Presentación	Cantidad de unidades de envase	Cantidad de unidades monetarias en quetzales (Q)
Litro blanco	8,282	444,354.68
Galón blanco	810	159,745.48
Caneca blanca	85	81,087.98
Caneca azul	83	79,207.42
Tonel	5	47,537.67
Total		811,933.23

Cuadro 9. Comparación de contenido nutricional entre el producto A fórmula original y producto concentrado utilizando arcilla abundante en minerales

Elemento	Producto no concentrado	Producto concentrado	Razón de aumento
	%P/V	%P/V	
NITRÓGENO (N)	9.40	14.10	1.50
FÓSFORO (P ₂ O ₅)	8.66	12.98	1.50
POTASIO (K ₂ O)	8.58	12.87	1.50
MAGNESIO (MgO)	0.41	0.61	1.50
HIERRO (Fe)	0.12	0.17	1.50
ZINC (Zn)	0.00	0.01	1.50
MANGANESO (Mn)	0.00	0.00	0.00
BORO (B)	0.09	0.13	1.50
COBRE (Cu)	0.00	0.00	0.00
MOLIBDENO (Mo)	0.00	0.00	0.00
CALCIO (Ca)	0.00	0.00	0.00
AZUFRE (S)	0.02	0.00	0.00
HÚMICOS	0.02	0.02	1.50
FÚLVICOS	0.44	0.66	1.50
COBALTO	0.00	0.00	0.00
AMINOÁCIDOS	0.43	0.65	1.50
IBA	0.00	0.00	0.00
6BAP	0.00	0.00	0.00
GEA	0.00	0.00	0.00

Cuadro 10. Comparación de contenido nutricional entre el producto B fórmula original y producto concentrado utilizando arcilla abundante en minerales

Elemento	Producto no concentrado	Producto concentrado	Razón de aumento
	%P/V	%P/V	
NITRÓGENO (N)	8.99	13.49	1.50
FÓSFORO (P ₂ O ₅)	0.00	0.00	0.00

POTASIO (K ₂ O)	9.29	13.93	1.50
MAGNESIO (MgO)	2.95	4.42	1.50
HIERRO (Fe)	0.00	0.00	0.00
ZINC (Zn)	0.00	0.00	0.00
MANGANESO (Mn)	0.00	0.00	0.00
BORO (B)	0.12	0.18	1.50
COBRE (Cu)	0.00	0.00	0.00
MOLIBDENO (Mo)	0.00	0.00	0.00
CALCIO (Ca)	4.22	6.33	1.50
AZUFRE (S)	0.00	0.00	0.00
HÚMICOS	0.00	0.00	0.00
FÚLVICOS	0.00	0.00	0.00
COBALTO	0.00	0.00	0.00
AMINOÁCIDOS	0.00	0.00	0.00
IBA	0.00	0.00	0.00
6BAP	0.00	0.00	0.00
GEA	0.00	0.00	0.00

Cuadro 11. Comparación de contenido nutricional entre el producto C fórmula original y producto concentrado utilizando arcilla abundante en minerales

Elemento	Producto no concentrado	Producto concentrado	Razón de aumento
	%P/V	%P/V	
NITRÓGENO (N)	0.00	0.00	0.00
FÓSFORO (P ₂ O ₅)	0.00	0.00	0.00
POTASIO (K ₂ O)	2.19	4.38	2.00
MAGNESIO (MgO)	0.00	0.00	0.00
HIERRO (Fe)	0.00	0.00	0.00
ZINC (Zn)	0.00	0.00	0.00
MANGANESO (Mn)	0.00	0.00	0.00
BORO (B)	0.00	0.00	0.00
COBRE (Cu)	0.00	0.00	0.00
MOLIBDENO (Mo)	0.00	0.00	0.00
CALCIO (Ca)	0.00	0.00	0.00
AZUFRE (S)	10.32	20.64	2.00
HÚMICOS	10.32	20.64	2.00
FÚLVICOS	0.00	0.00	0.00
COBALTO	0.00	0.00	0.00
AMINOÁCIDOS	0.00	0.00	0.00
IBA	0.00	0.00	0.00
6BAP	0.00	0.00	0.00
GEA	0.00	0.00	0.00

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Determinar la cantidad necesaria de arcilla rica en minerales para lograr mantener en suspensión las partículas no disueltas de los fertilizantes líquidos foliares es de vital importancia debido a que podrá garantizar que existe una concentración homogénea de nutrientes en la mezcla. Si la mezcla no es homogénea, la planta a la cual sea aplicada puede tener deficiencia o una sobredosis de nutrientes. En cualquiera de los dos casos, el desarrollo de la misma se vería afectada y por ende la aplicación del fertilizante no tendría objetivo alguno.

El objetivo de concentrar un fertilizante foliar líquido 50% más, es el de tener un mejor uso de recursos. Empezando por la empresa productora; al concentrar un fertilizante en lugar de ser aplicado únicamente a una extensión territorial de 1 km², ahora puede cubrirse una extensión territorial de 1.5 km². En cuanto al transporte, en cada flete realizado puede trasladarse un 50% más de producto, en el mismo volumen. Así mismo, el agricultor se verá beneficiado, ya que podrá utilizar un 50% menos de personal de aplicación, lo cual se verá reflejado en el costo de jornales; o bien una misma persona podrá aplicar un 50% más de producto.

En cuanto al tema ambiental, el concentrar los fertilizantes significa utilizar una menor cantidad de envases plásticos, por lo que la cantidad de desechos plásticos se reducirá en la misma proporción que el fertilizante sea concentrado. En cuanto al transporte, se tendrán que realizar menos viajes para lograr llevar la misma cantidad de nutrientes hasta el destino final, haciendo que la emisión de gases de combustión sea menor; así también la cantidad de combustible se verá reducida. En cuanto al agricultor o cliente final, necesitará realizar menos aplicaciones o con menos cantidad de personas logrará cubrir una mayor extensión, lo cual tendrá una reducción directa en la costo de jornales.

Con el objetivo de determinar la cantidad de arcilla rica en minerales necesaria para tener una solución en suspensión, se realizaron tres soluciones con un porcentaje peso-peso diferente de arcilla en cada una. Como se observa en el Cuadro 1, se utilizaron las concentraciones de 2, 4 y 6% p/p de arcilla en el producto A. Siendo la solución con un 6% p/p de arcilla, la que logró mantener en suspensión las partículas no disueltas del producto. Con base en esto, la formulación de los fertilizantes líquidos foliares concentrados se realizó con un porcentaje del 6% p/p de arcilla rica en minerales. Uno de los parámetros más importantes al momento de identificar las posibles concentraciones de la arcilla a utilizar para dar lugar a la solución en suspensión, fue el factor económico. Siendo el porcentaje del 6% la cantidad máxima de arcilla posible a utilizar con el objetivo de mantener el margen de ganancia objetivo por la empresa.

Como se observa en el Cuadro 2, la cantidad de arcilla necesaria para mantener en suspensión las partículas no disueltas es de $0.104 \pm 2.5 \cdot 10^{-4}$ kg para el producto A; para el producto B la cantidad de arcilla rica en minerales es de $0.106 \pm 2.5 \cdot 10^{-4}$ kg, mientras que para el producto C se deben emplear $0.083 \pm 2.5 \cdot 10^{-4}$ kg. En los tres fertilizantes la arcilla rica en minerales utilizada

corresponde al 6% p/p. Se observa que a medida de que la cantidad de arcilla aumenta en cada solución, el resultado de la solución es suspensión va mejorando, sin embargo, debido al factor económico no fue posible realizar pruebas con una concentración mayor de arcilla por solución.

El garantizar que el producto fertilizante líquido foliar mantenga sus características a lo largo del tiempo de su vida útil es indispensable, la cual debe de ser, por lo menos, de 2 años. Esto se debe a que el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Guatemala (MAGA) establece que todo producto fertilizante o químico debe tener un fecha de caducidad de dos años a partir de su fabricación. Por lo cual la empresa debe garantizar que el producto a comercializar no tendrá una variación mayor al 10% en su peso y un cambio mayor de 1.5 unidades en la escala de pH; esto con el fin de que al ser aplicado a la zona de interés no provoque efectos adversos a los que se desea con cada uno. Es por eso que uno de los objetivos específicos de este trabajo fue determinar la vida de anaquel de tres fertilizantes líquidos foliares concentrados luego de someterlos a un proceso de degradación térmica, con el fin de determinar que, por lo menos, conserven sus características a partir de 2 años de su fabricación.

Como se observa en el Cuadro 4, lectura del pH de tres soluciones de fertilizantes foliares líquidos concentrados, para el producto A se tiene un pH de 1.4 ± 0.05 y 2.4 ± 0.05 antes y después de realizar la prueba de degradación térmica, mostrando una variación del 71.43%, con una diferencia de 1 unidad en la escala de pH. En cuanto al peso del producto, como se puede observar en el Cuadro 5, determinación del peso de tres fertilizantes líquidos foliares concentrados para un volumen de 25 mL se tiene un valor de 41.24 ± 0.01 g y 40.62 ± 0.01 g, mostrando una variación de -1.5% respecto del valor obtenido antes de realizar la prueba de degradación térmica. Por lo cual se puede decir que el producto A es apto para ser comercializado en el mercado guatemalteco por el tiempo máximo que permiten las autoridades reguladoras en cuanto al uso de fertilizantes y sustancias afines al suelo. Por ende, el tiempo de vida de anaquel del producto es de dos años a partir de su formulación.

En cuanto al producto B, como se observa en el Cuadro 4, lectura del pH de tres soluciones de fertilizantes foliares líquidos concentrados, se tiene un pH de 10.6 ± 0.05 y 10.3 ± 0.05 antes y después de realizar la prueba de degradación térmica, mostrando una variación de -2.83%, con una diferencia de 0.03 unidades en la escala de pH con respecto del valor obtenido antes de realizar la prueba de degradación térmica. En cuanto al peso del producto, como se puede observar en el Cuadro 5, determinación del peso de tres fertilizantes líquidos foliares concentrados para un volumen de 25 mL se tiene un valor de 40.11 ± 0.01 g y 40.12 ± 0.01 g, mostrando una variación de 0.02% respecto del valor obtenido antes de realizar la prueba de degradación térmica. Por lo cual se puede decir que el producto B, al igual que el producto A, es apto para ser comercializado en el mercado guatemalteco por el tiempo máximo que permiten las autoridades reguladoras en cuanto al uso de fertilizantes y sustancias afines al suelo. Por ende, el tiempo de vida de anaquel del producto es de dos años a partir de su formulación.

En el caso del producto C, como se observa en el Cuadro 4, lectura del pH de tres soluciones de fertilizantes foliares líquidos concentrados, se tiene un pH de 6.8 ± 0.05 antes y después de realizar la prueba de degradación térmica, mostrando una variación del 0.00%, con una diferencia de 0.00 unidades en la escala de pH respecto del valor obtenido antes de realizar la prueba de degradación térmica. En cuanto al peso del producto, como se puede observar en el Cuadro 5, determinación del peso de tres fertilizantes líquidos foliares concentrados para un volumen de 25 mL se tiene un valor de 37.65 ± 0.01 g y 40.41 ± 0.01 g, mostrando una variación del 7.33% respecto del valor obtenido antes de realizar la prueba de degradación térmica. Por lo cual se puede decir que el producto C, al igual que los productos A y B, es apto para ser comercializado en el mercado guatemalteco por el tiempo máximo que permiten las autoridades reguladoras en cuanto al uso de fertilizantes y sustancias afines al suelo. Por ende, el tiempo de vida de anaquel del producto es de dos años a partir de su formulación.

Se observa que el producto A es el que mayor variación tiene de pH con respecto al tiempo, mientras que el producto C es el que muestra una variación menor, siendo esta de 0.00 unidades en la escala de pH, en relación con los tres productos fertilizantes foliares líquidos concentrados analizados. Sin embargo, al comparar la variación del peso de producto, para un volumen de 25 mL, el producto C es el que muestra la mayor variación, mientras que el producto B es el que muestra la menor variación, siendo esta de 0.02%, respecto de los tres productos fertilizantes foliares líquidos concentrados analizados. La variación del pH y peso de solución en relación con el tiempo, se puede deber a que al someter los productos a un cambio de temperatura en la prueba de degradación térmica, la actividad de los iones pudo haber sido modificada.

Como se indica en el Cuadro 3, características de los fertilizantes foliares líquidos concentrados analizados, y con base en un proceso de observación, se determinó que no existe presencia de sedimentos en las soluciones, por lo que puede afirmarse que las soluciones de fertilizantes foliares líquidos concentrados se mantienen en suspensión, cumpliendo con el objetivo general del trabajo planteado, utilizando una concentración del 6% peso-peso de arcilla abundante en minerales.

Debido a que el producto evidenció ser apto para ser comercializado al evaluar la variación de sus parámetros, la empresa comercializadora, puede iniciar el proceso de registro de producto en la unidad del MAGA correspondiente, que es la entidad que regula y controla los productos que se encuentran en el mercado guatemalteco. Recomendando así, que el producto A sea aplicado en suelos arcillosos, porosos cuyo pH sea de menor a 6. Por otra parte, el producto B se recomienda que sea aplicado en suelos con alto contenido en fósforo y cuyo pH sea superior a 7. Mientras que el producto C debe de ser aplicado en suelos arcillosos y con deficiencia en microelementos, la aplicación puede ser al suelo y cuyo pH este ente entre 6 y 8.

El objetivo principal de una empresa es generar riqueza, por lo cual uno de los objetivos específicos del trabajo fue el de determinar el costo de producción y punto de equilibrio de los fertilizantes líquidos foliares concentrados para

determinar el volumen de ventas que genere utilidad en cada uno de los productos. El punto de equilibrio se determinó con base en cada una de las presentaciones de producto final comercializadas por la empresa.

En cuanto a costos, el formular cualquiera de los tres productos lleva consigo costos variables y fijos. Para que la producción de cualquiera de los tres productos sea viable, cada unidad formulada debe de contar con la capacidad de saldar con su precio de venta el costo variable asociado a ella y al porcentaje de los costos fijos, y aún así proporcionar utilidad para la empresa. A cada uno de los productos, por presentación, se le asignó un margen de contribución, el cual depende del volumen de venta, histórico, que se tiene del producto foliar líquido no concentrado y el precio por el cual el cliente estaría dispuesto a adquirirlo.

El costo variable de un producto se integra por el costo de las materias primas, del material de empaque y de la mano de obra directa. Como se observa en el Cuadro 15, resumen de costos de materia prima para los tres fertilizantes foliares líquidos concentrados de la sección de anexos, el costo de producción de un litro de fertilizante foliar líquido concentrado en cuanto a materias primas, para el producto A es de Q7.10, para el B es de Q6.73 y para el C de Q27.60. Los costos incluyen el impuesto al valor agregado (IVA), debido a que la empresa solicitó realizar el costeo incluyendo el impuesto. Se observa que a pesar de que el producto C lleva menor cantidad en peso de materiales, es el producto de más alto costo, lo cual se debe a que el precio por kilogramo de materia prima utilizada es mayor en relación con el precio de las diferentes materias primas empleadas.

En cuanto al material de empaque, se considera el costo del envase plástico en donde es envasado, la tapadera del mismo, la etiqueta, el sello que se debe de utilizar para evitar derrames del producto y la caja de cartón en donde será distribuido, si es que lo amerita. Como se observa en el Cuadro 21, resumen de los costos del material de empaque por presentación de producto final, el tonel es el envase de mayor capacidad en cuanto a volumen de contenido neto, teniendo un costo por Q301.14; mientras que el costo por un envase de 1 litro de capacidad es de Q4.22. Por otra parte, al determinar el costo de material de empaque por litro contenido en el recipiente, se observa que a medida que el envase pueda contener mayor cantidad de producto este costo disminuye. Siendo el costo por litro contenido para un envase de 1 litro de capacidad de Q4.22 y para un tonel de 200 litros de capacidad de Q1.51. Sin embargo, el costo por litro contenido es más económico en el caso de las canecas de 20 litros de capacidad, siendo para la caneca blanca de Q1.24 y para la azul de Q1.25. Esto se debe a que la relación gramaje del envase y costo es mejor para esta que para el tonel; así mismo, no lleva consigo costos por caja de cartón. Por lo que al tener la mejor relación de costo por litro contenido en el envase de caneca, se recomienda a la empresa orientar el esfuerzo de ventas en dicha presentación, para tener un ahorro en comparación con las demás presentaciones ofrecidas.

El costo por mano de obra directa en la formulación de fertilizantes se basa en el tiempo en el cual un operario se tarda en realizar el proceso de formulación; este incluye desde la búsqueda de materias primas necesarias hasta el envasado del producto en cada presentación de producto terminado. El tiempo

que un operario se toma en preparar una formulación es proporcional al volumen que se desea preparar. Como se observa en el Cuadro 22, que se refiere a costos de mano de obra por operario por presentación de producto final envasado, el menor costo de mano de obra corresponde al envase de 1 litro de capacidad, que es de Q0.37, y el mayor al tonel de 200 litros de capacidad, siendo este de Q10.72. Sin embargo, al evaluar el costo de mano de obra por unidad de contenido neto el resultado es el contrario, siendo el costo de Q0.37 y Q0.05, respectivamente, para ambas presentaciones, por lo que el costo de mano de obra directo es más económico al producir mayor cantidad de producto, lo cual concuerda con que al producir a mayor escala el costo por unidad es menor.

Al determinar los costos variables para cada uno de los tres productos foliares líquidos concentrados, como se observa en los cuadros 23, 24 y 25, que corresponden a los costos variables por producto foliar líquido concentrado, se mantiene una tendencia de aumento del precio a medida que la presentación final posee mayor capacidad de producto a contener. Sin embargo, al realizar el análisis de costos por litro de contenido neto, en los tres fertilizantes líquidos foliares el litro de contenido neto con el menor costo es el de la presentación de caneca de 20 litros; por otra parte, el de mayor costo es el de la presentación de un litro. Esto se puede observar en las figuras 7 y 8, donde el producto de mayor costo variable es el C, por la materia prima empleada, mientras que los productos A y B poseen costos variables similares. Así mismo, es posible observar que existe cierta concavidad en las curvas de costos que relacionan la presentación de empaque final y el costo por litro contenido y producto total, en donde el punto más bajo que demuestra el menor costo corresponde a la presentación de caneca banca, seguido de la caneca color azul.

Cada producto y presentación que sea formulada en la empresa debe de cubrir cierto porcentaje de costos fijos mensuales; esto puede apreciarse en el cuadro 26, que se refiere a costos fijos promedio a cubrir durante el mes. El porcentaje de costos fijos asignados a cada producto corresponde a la categoría en donde estos se encuentren; este fue fijado por la empresa con base en las ventas históricas y el precio de venta de cada uno. La empresa maneja cinco líneas de productos o servicios, las cuales son: líquidos foliares que deben de cubrir el 40% de los costos fijos, polvos hidrosolubles con el 23%, materias primas con el 20%, productos hormonales con un 12% y servicio de maquila con un 5%.

Como se observa en el Cuadro 28, que describe la distribución de ventas en quetzales por presentación de material de empaque en cuanto a los líquidos foliares, se determinó con base en las ventas de los años 2018 a 2020, el promedio de ventas en unidades monetarias (Q) por presentación de producto final; esto con el objetivo de determinar la cantidad de ventas a esperar por presentación. Por otra parte en el Cuadro 29, correspondiente a la distribución de ventas de foliares líquidos no concentrados, se logra observar la proporción de ventas de líquidos foliares que debe tener cada producto. Teniendo un 29% de las ventas el producto A y un 38% el producto B; un 24% de las ventas totales de líquidos foliares el producto C y un 9% otros productos. Siendo el producto B el que debe lograr recaudar en cuanto a costos fijos Q202,239.91, seguido del

producto A con Q154,340.99 y por último el producto C con Q127,730.47; esto en las diferentes presentaciones de producto final que se comercializan, Cuadro 30, que incluye la distribución de costos fijos por producto foliar líquido concentrado por presentación de producto final.

En cuanto a la determinación del punto de equilibrio se estableció la cantidad de unidades de cada presentación por producto foliar líquido concentrado necesarias para comercializarse, con base en las ventas históricas de sus similares no concentrados. Para el análisis económico se consideró que la producción de fertilizantes líquidos foliares se dejaría de realizar con el fin de enfocarse en el nuevo giro de negocio y ser la única empresa a nivel nacional que ofrece el distintivo de una línea de productos con mayor concentración de elementos aprovechables para la planta.

El precio de venta de cada presentación de los tres productos se fijó con base en el margen de contribución que la empresa posee para la línea que se maneja, así como para cada una de las diferentes presentaciones. Estos datos se encuentran relacionados con estudios de mercado que la empresa realizó; con el fin de ser competitivos comercialmente y tener precios de ventas similares a los productos con los que se tiene cierta similitud. Teniendo un margen de contribución, como se observa en el Cuadro 31, referente al precio de venta establecido con base en el margen de contribución estipulado por cada presentación de producto final, de 66.68% para la presentación de 1 litro, 64.80% para el envase de 4 litros, 65% para la presentación de caneca de 20 litros y 63% para la presentación de tonel de 200 litros.

Siendo el punto de equilibrio, en unidades de producto terminado, para el producto A (Cuadro 6, determinación del punto de equilibrio para el producto foliar líquido concentrado A por presentación de producto final) de 27,555 litros, los cuales son equivalentes a 1,378 cajas de 20 litros. 3,109 unidades de galón de cuatro litros, los cuales equivalen a 519 cajas de 6 galones cada una. En cuanto a la presentación de caneca blanca y azul se debe de vender un total de 353 y 341 unidades, respectivamente, y un total de 18 toneles, lo cual representa obtener ventas por un valor monetario de Q973,504.65.

En el caso del producto B, como se observa en el Cuadro 7, respecto de determinación del punto de equilibrio para el producto foliar líquido concentrado B por presentación de producto final, el punto de equilibrio se encuentra al vender 37,276 unidades de 1 litro correspondientes a 1864 cajas de 20 litros, 4,239 unidades de envase de 4 litros, las cuales equivalen a 707 cajas de 6 galones, 484 canecas de color blanco y 467 de color azul y 25 unidades de tonel de 200 litros, lo cual representa un total por ventas por Q1,276,663.34.

Por otra parte, en el caso del producto C, según el Cuadro 8, con respecto a la determinación del punto de equilibrio para el producto foliar líquido concentrado C, por presentación de producto final, se debe vender, para llegar al punto de equilibrio según el porcentaje de representación un total de 8,282 litros, correspondientes a 414 cajas de 20 unidades de 1 litro, 810 unidades del envase de 4 litros, correspondientes a 135 cajas de 6 unidades cada una. Un

total de 168 canecas, de las cuales 85 deben de ser de color blanco y 83 de color azul, junto con 5 unidades de 200 litros, es decir, 5 toneles.

De no lograr vender, por lo menos, la cantidad de unidades descritas por presentación y por producto, la empresa no generará riqueza, sino que se encontrará perdiendo dinero al producir cada fertilizante líquido foliar concentrado.

VIII. CONCLUSIONES

1. Fue posible utilizar arcilla abundante en minerales en solución al 6% p/p para formar soluciones en suspensión y lograr aumentar en un 50% la cantidad de nutrientes aprovechables por las plantas, formando tres fertilizantes foliares líquidos concentrados a pH ácido, neutro y básico.
2. Para mantener en suspensión las partículas no disueltas de los tres fertilizantes analizados se debió utilizar $0.104 \pm 2.5 \cdot 10^{-4}$ kg para el producto A: para el producto B la cantidad de arcilla rica en minerales es de $0.106 \pm 2.5 \cdot 10^{-4}$ kg, mientras que para el producto C, se deben de emplear $0.083 \pm 2.5 \cdot 10^{-4}$ kg por litro de fertilizante foliar líquido producido. Propiciando así un ahorro en toda la cadena de suministro, debido a que es posible manejar más producto de interés, o ingrediente activo por unidad de producto que se desea sacar o que ya se encuentra presente en el mercado, haciendo posible un mejor uso de los recursos.
3. Para el producto A se obtuvo una variación de 1 unidad en la escala de pH y una variación del -1.5% en la densidad respecto de la solución control. En el caso del producto B se obtuvo una variación de 0.03 unidades en la escala de pH respecto del valor obtenido antes de realizar la prueba de degradación térmica y una variación de densidad de 0.02%. Mientras que el producto C no mostró variación en cuanto al pH, pero sí una variación del 7.33% en la densidad. Además, en base a la prueba de degradación térmica se estableció que el tiempo de vida de anaquel de los tres fertilizantes líquidos foliares es de 2 años, debido a que no se determinó un cambio significativo en sus propiedades al ser sometidos a dicha prueba.
4. Fue posible determinar el punto de equilibrio de los tres fertilizantes foliares líquidos concentrados en cada una de sus presentaciones de producto final considerando costos de materias primas, mano de obra, material de empaque y costos fijos. Para el producto A el punto de equilibrio en presentación de litro es de 27,555 unidades, 3,109 unidades para galón blanco, 353 y 341 para las presentaciones de caneca blanca y azul y 18 unidades de tonel. Para el producto B el punto de equilibrio en presentación de litro es de 37,276 unidades; 4,239 unidades para galón blanco, 484 y 467 para las presentaciones de caneca blanca y azul, respectivamente, y 25 unidades de tonel. En el caso del producto C el punto de equilibrio en presentación de litro es de 8,282 unidades; 810 unidades para galón blanco, 85 y 83 para las presentaciones de caneca blanca y azul, respectivamente, y 5 unidades de tonel.
5. Además, se determinó el costo de producción para cada uno de los productos en sus diferentes presentaciones, para el producto A, se tiene un costo de producción de Q11.69 en envase de litro, Q37.69 en envase de galon de cuatro litros, Q169.19 y Q169.39 en caneca color blanco y azul respectivamente y Q1733.05 en unidad de tonel. Para el producto B, se tiene un costo de producción de Q11.32 en envase de litro, Q36.21 en envase de galon de cuatro litros, Q160.80 y Q161.05 en caneca color blanco y azul

respectivamente y Q1659.67 en unidad de tonel. En el caso del producto C, se tiene un costo de producción de Q32.19 en envase de litro, Q119.67 en envase de galón de cuatro litros, Q578.17 y Q578.37 en caneca color blanco y azul respectivamente y Q5832.84 en unidad de tonel.

IX. RECOMENDACIONES

1. Evaluar el uso de sustancias hidratantes para mejorar el desempeño de la arcilla abundante en minerales para mantener los sólidos no disueltos en suspensión y así determinar si sería necesario utilizar menos arcilla en cada solución.
2. Someter las materias primas a una identificación y cuantificación de sustancias presentes con el fin de corroborar de forma confiable la cantidad de nutrientes aprovechables por la planta, brindados por cada materia prima.
3. Realizar pruebas con arcilla abundante en minerales con una concentración de 4.5%, 5.0% y 5.5%, con el fin de determinar si es posible utilizar menos arcilla para obtener el mismo resultado y tener ahorros al tener una producción a escala de dichos productos.
4. La empresa debe de enfocar su esfuerzo en ventas de las unidades de caneca de 20 litros para los tres fertilizantes foliares líquidos concentrados, dado que es la presentación que mayores ganancias provee por litro de contenido neto y la más barata de producir.
5. Habilitar un área de formulación específica para productos foliares líquidos concentrados, para que el giro de negocio sea implementado de forma regular y sea considerado como otra línea de negocio de la empresa.

X. BIBLIOGRAFÍA

Andradre, M. 2019. *Clasificación de costos*. Guía universitaria. 1-1. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala. 36 p.

Escribano, F.. 2013. *Arcillas y bienestar*. Tolsa. Extraído de: [http://wwwsp.inia.es/Investigación/OtrasUni/TransferenciaTecnología/ForosINIA/AnProduc/Lists/Ponencias/Attachments/3/2-%20Arcillas%20y%20 Bienestar%20080413.pdf](http://wwwsp.inia.es/Investigación/OtrasUni/TransferenciaTecnología/ForosINIA/AnProduc/Lists/Ponencias/Attachments/3/2-%20Arcillas%20y%20Bienestar%20080413.pdf).

Finck, A. (2012). *Fertilizantes y fertilización. Fundamentos y métodos para la fertilización de cultivos*. Barcelona, España, Editorial Reverté 425 p.

Foth, D. (2003). *Fundamentos de la ciencia del suelo*. Ciudad de México, México. Editorial CECSA. 262 p.

Giridhar, P. 2002. The effect of triacontanol on micropropagation of *Capsicum frutescens* and *Decalepis hamiltonii* W&A. *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 71:253–258.

Jiménez, A. 2020. *Punto de equilibrio financiero. Gestión financiera*. Buenos Aires, Argentina. Editorial Reverté. 291 p.

Myta. 2019. *Minerales y arcillas. Segovia. El poder del mineral*. Grupo Myta. Extraído de: <https://myta.es/nuestros-minerales/>.

Naeem, M. 2011. Triacontanol-mediated regulation of growth and other physiological attributes, active constituents and yield of *Mentha arvensis* L. *Plant Growth Regul.* 65:195–206.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2015. *Objetivos de Desarrollo Sostenible 2015-2030*. Extraído de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Pearson, J. 1990. Cardiovascular purinoceptors. Triacontanol. *Physiol Rev* 70: 761-845.

Ríos, E. 1999. *Soluciones y tipos de soluciones*. Química. Editorial Reverté. 363 p.

Xatico. 2020. *Arcilla abundante en minerales. Bienestar en plantas*. Extraído de: <https://www.xatico.com/es/productos>.

XI. APÉNDICES

A. Cálculos de muestra

Cálculo 1. Determinación del porcentaje de arcilla abundante en minerales para formar una solución al 2% p/p del producto A

$$\% \frac{p}{p} = \frac{\text{Masa soluto}}{\text{Masa soluto} + \text{Masa solvente}} * 100$$

Se sabe que se desea formar una solución al 2% p/p y que la masa del solvente es de 441.0 g. Se debe despejar para la variable masa soluto.

$$\text{Masa soluto} = \frac{\% \frac{p}{p} * \text{Masa solvente}}{1 - \% \frac{p}{p}} = \frac{2\% * 441.0 \text{ g}}{1 - 2\%} = 9.00 \text{ g de arcilla}$$

Se realizó el mismo cálculo para determinar la cantidad de arcilla necesaria para formar soluciones al 4% y 6% p/p de los productos foliares líquidos formulados.

Cálculo 2. Determinación de la densidad para el producto A antes de realizar la prueba de degradación térmica agresiva

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

- i. ρ = densidad (g/mL)
- ii. m = masa (g)
- iii. v = volumen (mL)

Se sabe que el volumen analizado es de 25 mL, debido a que es el que corresponde a la probeta utilizada. La masa del producto A antes de ser sometida a una prueba de degradación térmica agresiva es de 41.24 g.

$$\rho = \frac{41.24 \text{ g}}{25 \text{ mL}} = 1.65 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

Se realizó el mismo cálculo para determinar la densidad de los productos formulados.

Cálculo 3. Determinación de la variación absoluta de la lectura de pH para el producto A, en relación con el pH del producto antes de ser sometido a la prueba de degradación térmica

$$\%var = \frac{L_2 - L_1}{L_1} * 100$$

Donde:

- iv. L_2 = lectura del parámetro en el tiempo 2
- v. L_1 = lectura del parámetro en el tiempo 1
- vi. $\%var$ = variación absoluta

Se sabe que para el producto A la lectura del pH en el tiempo 2 es de 2.4 y para el tiempo 1 de 1.4.

$$\%var = \frac{2.4 - 1.4}{1.4} * 100 = -1.50\%$$

Se realizó el mismo cálculo para determinar el porcentaje de variación, y así efectuarr la comparación del cambio de valores del mismo parámetro para determinado producto analizado.

Cálculo 4. Determinación del punto de equilibrio en unidades de envase, para la presentación de litro blanco para el producto fertilizante foliar líquido concentrado A en cantidad de envases

$$P.E.U = \frac{C.f}{P.v - C.v}$$

Donde:

- vii. $P.E.U$ = punto de equilibrio en unidades de producto final.
- viii. $C.f$ = costos fijos a cubrir por presentación de producto final.
- ix. $C.v$ = costo de producción variable por presentación de producto final.

Se sabe que la presentación de litro blanco para el producto A debe de cubrir Q241,791.21 de costos fijos y cada unidad tiene un costo de producción de Q 11.69. El precio de venta será de Q 19.49.

$$P.E.U = \frac{Q241.791.21}{\frac{Q19.49}{unidad} - \frac{Q11.69}{unidad}} = 27,555 \text{ unidades de litro para el producto A}$$

Se utilizó el mismo cálculo para determinar el punto de equilibrio en unidades de producto para las diferentes presentaciones de producto final y los tres fertilizantes foliares líquidos concentrados analizados.

Cálculo 5. Determinación del costo de material de empaque para la presentación de tonel

$$Ct = \sum C.i$$

Donde:

x. C_t = costo total en Q.

xi. C_i = costos de materiales individuales en Q.

Se sabe que para la presentación de tonel el costo del barril es de Q298.72, la tapa el barril tiene un costo de Q 2.42 y Q1 por la etiqueta.

$$C_t = Q298.72 + 2.42 + 1 = Q302.14$$

Se utilizó el mismo cálculo para determinar el costo total de materias primas, mano de obra y material de empaque para los tres fertilizantes foliares líquidos concentrados analizados.

Cálculo 6. Costo por litro de contenido neto para la presentación de galón de cuatro litros

$$Clc = Cl * Cxp$$

Donde:

xii. Clc = costo por litro de contenido neto en Q.

xiii. Cl = cantidad de litros contenidos en la presentación analizada.

xiv. Cxp = costo por presentación en Q.

Se sabe que el galón de cuatro litros tiene una capacidad de cuatro litros y que el costo por presentación es de Q8.41.

$$Clc = 4 \text{ litros contenidos} * \frac{Q8.41}{\text{envase}} = Q2.10 \text{ costo por litro de contenido neto.}$$

Se utilizó el mismo cálculo para determinar el costo de materias primas, mano de obra y material de empaque para los tres fertilizantes foliares líquidos concentrados analizados.

Cálculo 7. Determinación del contenido de nitrógeno en el producto a con base a la cantidad de materia prima utilizada como fuente de nitrógeno.

$$\text{Contenido Nitrogeno} = \frac{a_1 * x_1 + a_2 * x_2}{v_t} * 100$$

Donde:

i. v_t = Volumen total de la solución a realizar

ii. a_1 = Contenido de nitrógeno en materia prima 1

iii. a_2 = Contenido de nitrógeno en materia prima 2

iv. x_1 = Cantidad de materia prima 1 utilizada en la solución

v. x_2 = Cantidad de materia prima 2 utilizada en la solución

Se sabe que para el producto a, para un volumen de 1L la cantidad de NDA utilizado es de 0.16301Kg con un contenido de nitrógeno de 0.344 peso-peso y la cantidad de URA utilizada es de 0.08250 Kg, con un contenido de nitrógeno de 0.46 peso-peso.

$$\text{Contenido Nitrógeno} = \frac{(0.344) * (0.16301) + (0.46) * (0.08250 \text{ Kg})}{1 \text{ L}} * 100$$

$$\text{Contenido Nitrógeno} = 9.4025\%$$

Se realizó el mismo cálculo para determinar el porcentaje de cada nutriente presente en la mezcla final para los diferentes fertilizantes foliares líquidos concentrados y no concentrados.

Cálculo 8. Determinación de la cantidad de materia prima como fuente de nitrógeno con base en el porcentaje del nutriente que debe de tener la mezcla final para el producto B.

$$\text{Contenido Nitrógeno} = \frac{a_1 * x_1 + a_2 * x_2}{v_t} * 100$$

$$x_1 = \frac{\frac{(\text{Contenido Nitrógeno})}{100} * v_t}{a_1}$$

Donde:

- i. v_t = Volumen total de la solución a realizar
- ii. a_1 = Contenido de nitrógeno en materia prima 1
- iii. v_1 = Cantidad de materia prima 1 utilizada en la solución

Se sabe que para el producto B, se desea tener un porcentaje de nitrógeno en la solución final del 13.49% peso-volumen en un volumen de 1 L. La materia prima a utilizar como fuente de nitrógeno posee un aporte de nitrógeno de 0.46 peso-peso.

$$x_1 = \frac{\left(13.49\% \frac{\text{Kg Materia prima}}{\text{L solución}}\right) * 1\text{L}}{0.46}$$

$$x_1 = 0.29318 \text{ Kg de URA}$$

Se utilizó el mismo cálculo para determinar la cantidad de cada materia prima como fuente de los diferentes nutrientes de interés para la planta para las soluciones de los fertilizantes foliares líquidos no concentrados y concentrados.

B. Análisis de error

Cálculo 9. Determinación de propagación de error de datos calculados como un cociente o residuo

$$s_y = \pm y * \sqrt{\left(\frac{S_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{S_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{S_c}{c}\right)^2 + \dots + \left(\frac{S_n}{n}\right)^2}$$

Donde:

- i. s_y = propagación de error del cálculo realizado (\pm)
- ii. S_a, b, c, n = incertidumbre de las distintas mediciones
- iii. a, b, c, n = mediciones realizadas
- iv. y = resultado de la operación realizada

Para la determinación de propagación de error de la densidad para el producto A antes de realizar la prueba de degradación térmica agresiva:

$$s_y = \pm 1.65 \frac{g}{mL} * \sqrt{\left(\frac{0.005g}{41.24g}\right)^2 + \left(\frac{0.1 mL}{25}\right)^2} = \pm 0.0066 \frac{g}{mL}$$

Se realizó el mismo cálculo para determinar la propagación de error en las operaciones de división y multiplicación.

C. Datos calculados

Cuadro 12. Detalle de costos de materia prima para la elaboración de un litro de producto A.

Materia prima	Cantidad (kg)	Costo por Kg de materia prima con IVA (Q/Kg)	Costo de materia prima por litro con IVA (Q)
BR-1	0.00042	70.00	0.03
BRS-1	0.00680	17.00	0.12
CDH	0.01020	4.90	0.05
AF	0.21092	7.50	1.58
AMN	0.00680	25.30	0.17
CDM	0.03401	5.10	0.17
FT-K	0.21092	4.14	0.87
NDA	0.24452	3.36	0.82
URA	0.12375	4.27	0.53
CDZ	0.00341	10.58	0.04
AB	0.00765	8.20	0.06
Arcilla abundante en minerales	0.10426	25.30	2.64
AG	0.77400	0.025	0.02

Cuadro 13. Detalle de costos de materia prima para la elaboración de un litro de producto B.

Materia Prima	Cantidad (kg)	Costo por Kg de materia prima con IVA (Q/Kg)	Costo de materia prima por litro con IVA (Q)
CDCP	0.13466	2.80	0.38
AB	0.01020	8.20	0.08
CDM	0.24546	5.10	1.25
FT-K	0.22841	4.14	0.95
URA	0.29318	4.27	1.25
EH	0.04433	2.98	0.13
Arcilla abundante en minerales	0.10572	25.30	2.67
AG	0.70000	0.025	0.02

Cuadro 14. Detalle de costos de materia prima para la elaboración de un litro de producto C.

Materia prima	Cantidad (kg)	Costo por Kg de materia prima con IVA (Q/Kg)	Costo de materia prima por litro con IVA (Q)
BR-1	0.36364	70.00	25.45
Arcilla abundante en minerales	0.08385	25.30	2.12
AG	0.95000	0.025	0.02

Cuadro 15. Resumen de costos de materia prima para los tres fertilizantes foliares líquidos concentrados

Producto	Costo por litro de contenido neto con IVA (Q)	Densidad teórica (g/mL)
A	7.10	1.7376
B	6.73	1.7619
C	27.60	1.3975

Cuadro 16. Costo de material de empaque al utilizar como presentación final litro blanco.

Descripción del material de empaque	Por 1 litro de presentación final con IVA (Q)	Por caja de 20 litros de presentación final con IVA (Q)
Litro Proquim blanco de 100 g	2.59	51.8
Sello de inducción de 42.5 mm	0.26	5.2
Etiqueta	1	20
Caja sin logo de 20 litros	0.373	7.46
Gran total	4.223	84.46

Cuadro 17. Costo de material de empaque al utilizar como presentación final galón blanco

Descripción del material de empaque	Por 1 litro de presentación final con IVA (Q)	Por caja de 6 galones de presentación final con IVA (Q)
Galón color blanco de 4 litros	6.02	36.12
Sello de aluminio de 44 mm	0.15	0.90
Etiqueta	1.00	6.00
Caja sin logo de 20 litros	1.24	7.46
Gran total	8.41	50.48

Cuadro 18. Costo de material de empaque al utilizar como presentación final caneca de color blanco

Descripción del material de empaque	Por caneca color blanco con IVA (Q)
Caneca color blanco	23.50
Sello de inducción de 60 mm	0.24
Etiqueta	1.00
Gran total	24.74

Cuadro 19. Costo de material de empaque al utilizar como presentación final caneca de color azul

Descripción del material de empaque	Por caneca color azul con IVA (Q)
Caneca color azul	23.70
Sello de inducción de 60 mm	0.24
Etiqueta	1.00
Gran total	24.94

Cuadro 20. Costo de material de empaque al utilizar como presentación final barril elanillado

Descripción del material de empaque	Por tonel con IVA (Q)
Barril elanillado	298.72
Tapa para barril	2.42
Etiqueta	1.00
Gran total	302.14

Cuadro 21. Resumen de los costos del material de empaque por presentación de producto final

Presentación	Litros de producto por presentación	Costo presentación por con IVA (Q)	Costo por litro de contenido neto por presentación con IVA (Q)
Litro blanco	1	4.22	4.22
Galón blanco	4	8.41	2.10
Caneca blanca	20	24.74	1.24
Caneca azul	20	24.94	1.25
Tonel	200	302.14	1.51

Cuadro 22. Costos de mano de obra por operario por presentación de producto final envasada

Costo por hora (Q)	Costo por litro blanco (Q)	Costo por galón blanco (Q)	Costo por caneca blanca (Q)	Costo por caneca blanca (Q)	Costo por tonel (Q)
42.85	0.37	0.86	1.43	1.43	10.72

Cuadro 23. Costos variables para la producción del fertilizante líquido foliar concentrado A.

Presentación de producto final	Total de presentación con IVA (Q)	Total por litro de contenido neto con IVA (Q)	Total por 200 litros de contenido neto con IVA (Q)
Litro blanco	11.69	11.69	2338.06
Galón blanco	37.67	9.42	1883.73
Caneca blanca	168.19	8.41	1681.89
Caneca azul	168.39	8.42	1683.89
Tonel	1733.05	8.67	1733.05

Cuadro 24. Costos variables para la producción del fertilizante líquido foliar concentrado B

Presentación de producto final	Total de presentación con IVA (Q)	Total por litro de contenido neto con IVA (Q)	Total por 200 litros de contenido neto con IVA (Q)
Litro blanco	11.32	11.32	2264.68
Galón blanco	36.21	9.05	1810.34
Caneca blanca	160.85	8.04	1608.50
Caneca azul	161.05	8.05	1610.50
Tonel	1659.67	8.30	1659.67

Cuadro 25. Costos variables para la producción del fertilizante líquido foliar concentrado C

Presentación de producto final	Total de presentación con IVA (Q)	Total por litro de contenido neto con IVA (Q)	Total por 200 litros de contenido neto con IVA (Q)
Litro blanco	32.19	32.19	6437.85
Galón blanco	119.67	29.92	5983.51
Caneca blanca	578.17	28.91	5781.67
Caneca azul	578.37	28.92	5783.67
Tonel	5832.84	29.16	5832.84

Figura 7. Costo de producción por litro de contenido neto

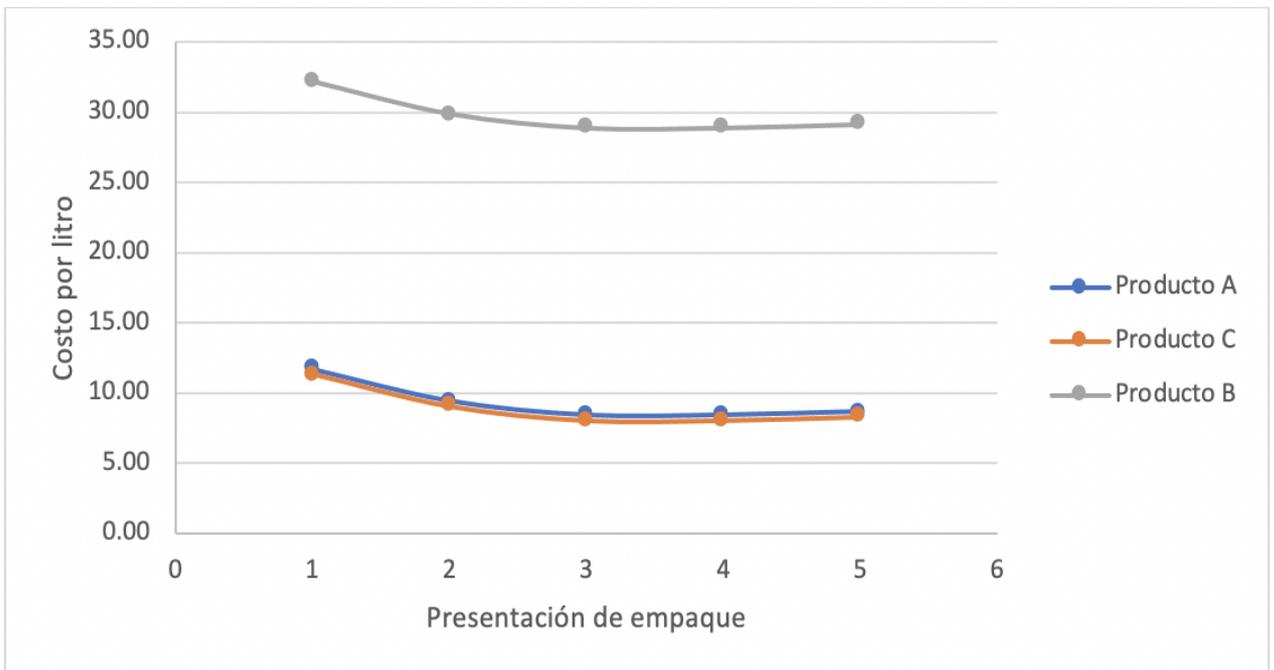
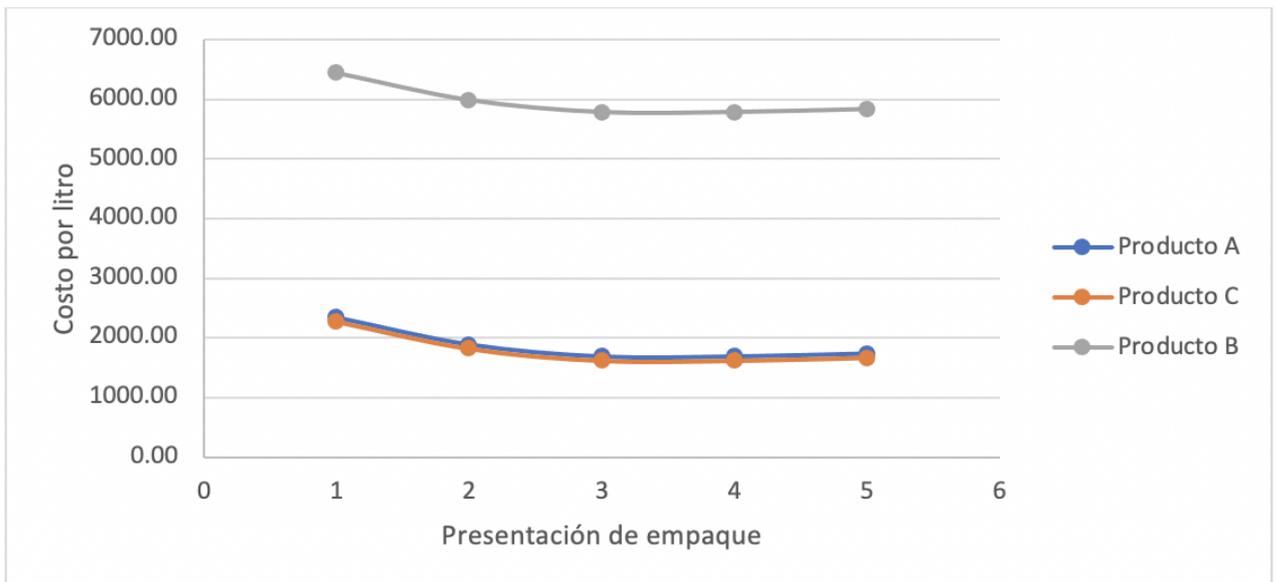


Figura 8. Costo de producción por volumen de 200 litros.



Cuadro 26. Costos fijos promedio a cubrir durante el mes

Costos fijos	Costo (Q)
Pago celular ventas	12,629.23
Líneas telefónicas planta	542.59
Internet	349.00
Alquileres oficinas zona 13	2,400.00
Pago energía eléctrica oficina zona 13	29.71
Pago energía eléctrica San Bartolomé	2,714.79
Pago energía eléctrica Zacapa, baja tensión simple	2,165.00
Pago energía Zacapa, potencia contratada	2,681.50
Pago agua bodega 1	160.00
Sueldos (2 quincenas)	206,880.00
IGSS	23,112.75
ISR	14,025.71
ISR trimestral	191,759.54
Combustible	32,717.58
Viáticos	50,286.57
Otros gastos	27,942.96
Comisiones	25,076.90
Servicio de basura	100.00
Agentes de seguridad	22,131.20
Fletes	19,992.00
Viáticos inventario	1,095.49
IVA importaciones	473,333.09
Proveedores	218,400.17
Gran total	1,330,525.75

Cuadro 27. Distribución de cobertura de costos fijos por línea de producto manejada por la empresa

Línea de productos	Costos fijos asignados (Q)	Proporción de los costos (%)
Líquidos foliares	532,210.30	40.00
Polvos hidrosolubles	306,020.92	23.00
Materias primas	266,105.15	20.00
Hormonales	159,663.09	12.00
Maquila	66,526.29	5.00

Cuadro 28. Distribución de ventas en quetzales por presentación de material de empaque

Presentación	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Promedio
Litro blanco	0.55	0.56	0.56	0.56
Galón blanco	0.19	0.2	0.2	0.20
Caneca blanca	0.1	0.1	0.1	0.10
Caneca azul	0.11	0.09	0.09	0.10
Tonel	0.05	0.05	0.05	0.05
Total	1	1	1	1

Cuadro 29. Distribución de ventas de foliares líquidos no concentrados en promedio en los últimos 3 años

Producto	Porcentaje promedio en ventas (%)
*Producto a	29.00
*Producto b	38.00
*Producto c	24.00
Otros	9.00

*Producto foliar líquido no concentrado, utilizado como base para la producción de productos foliares líquidos concentrados.

Cuadro 30. Distribución de costos fijos por producto foliar líquido concentrado por presentación de producto final

Presentación	Producto A		Producto B		Producto C	
	Costos fijos a cubrir (Q)	Porcentaje de cobertura	Costos fijos a cubrir (Q)	Porcentaje de cobertura	Costos fijos a cubrir (Q)	Porcentaje de cobertura
Litro blanco	214,791.21	16.14%	281,450.55	21.15%	177,758.24	13.36%
Galón blanco	75,884.32	5.70%	99,434.62	7.47%	62,800.82	4.72%
Caneca blanca	38,585.25	2.90%	50,559.98	3.80%	31,932.62	2.40%
Caneca azul	37,299.07	2.80%	48,874.65	3.67%	30,868.20	2.32%
Tonel	19,292.62	1.45%	25,279.99	1.90%	15,966.31	1.20%
Total	385,852.47	29.00%	505,599.78	38.00%	319,326.18	24.00%

Cuadro 31. Precio de venta establecido con base en el margen de contribución estipulado por producto por presentación de producto final

Presentación	Margen de contribución	Precio de venta por producto concentrado (Q)		
		Producto A	Producto B	Producto C
Litro blanco	66.68%	19.49	18.87	53.65
Galón blanco	64.80%	62.09	59.67	197.22
Caneca blanca	65.00%	277.51	265.40	953.98
Caneca azul	65.00%	277.84	265.73	954.31
Tonel	63.00%	2,824.88	2,705.27	9,507.53

Cuadro 32. Comparación de propiedades reológicas de los fertilizantes foliares líquidos concentrados y sus similares no concentrados

	Producto A	Producto a	Producto B	Producto b	Producto C	Producto c
pH (± 0.05)	1.4	1.1	10.6	10.3	6.8	6.3
Viscosidad ($\pm 0.005 \cdot 10^{-6}$ Pa*s)	1013	1002	1018	1005	1025	1007
Densidad (± 0.005 g/mL)	1.65	1.28	1.60	1.28	1.51	1.25

Figura 9. Balance de masa del producto a

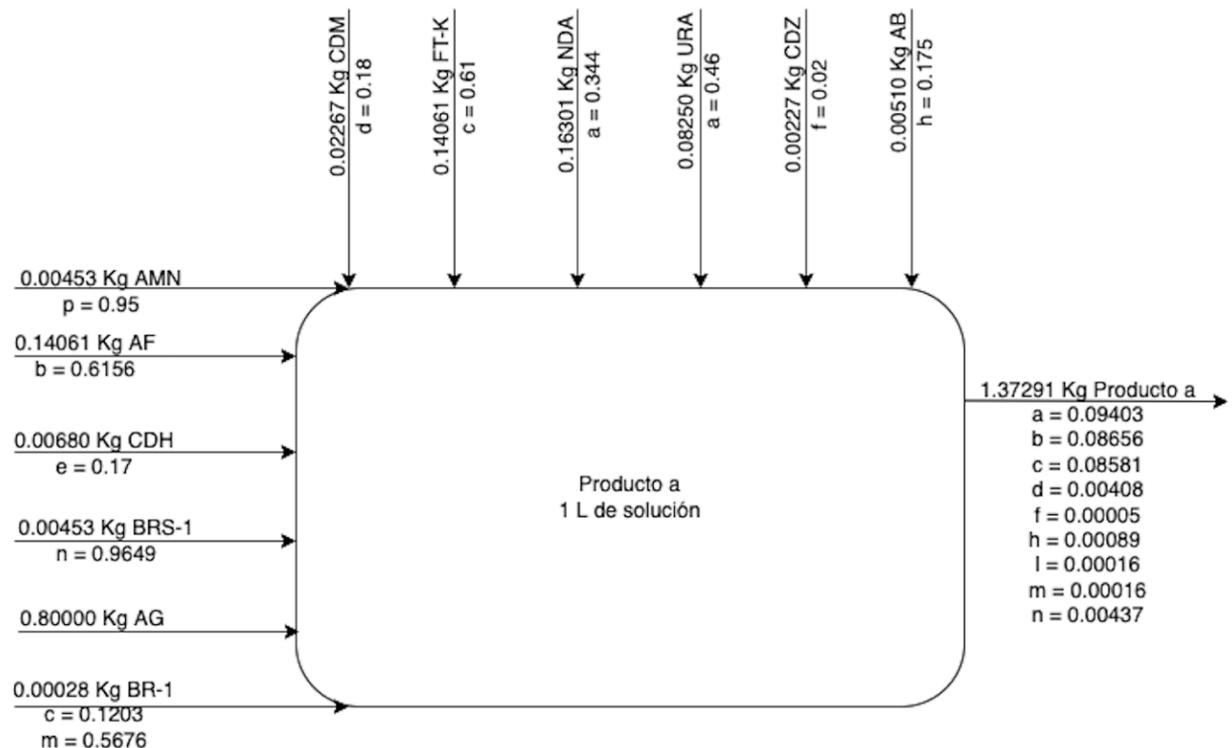


Figura 10. Balance de masa del producto b

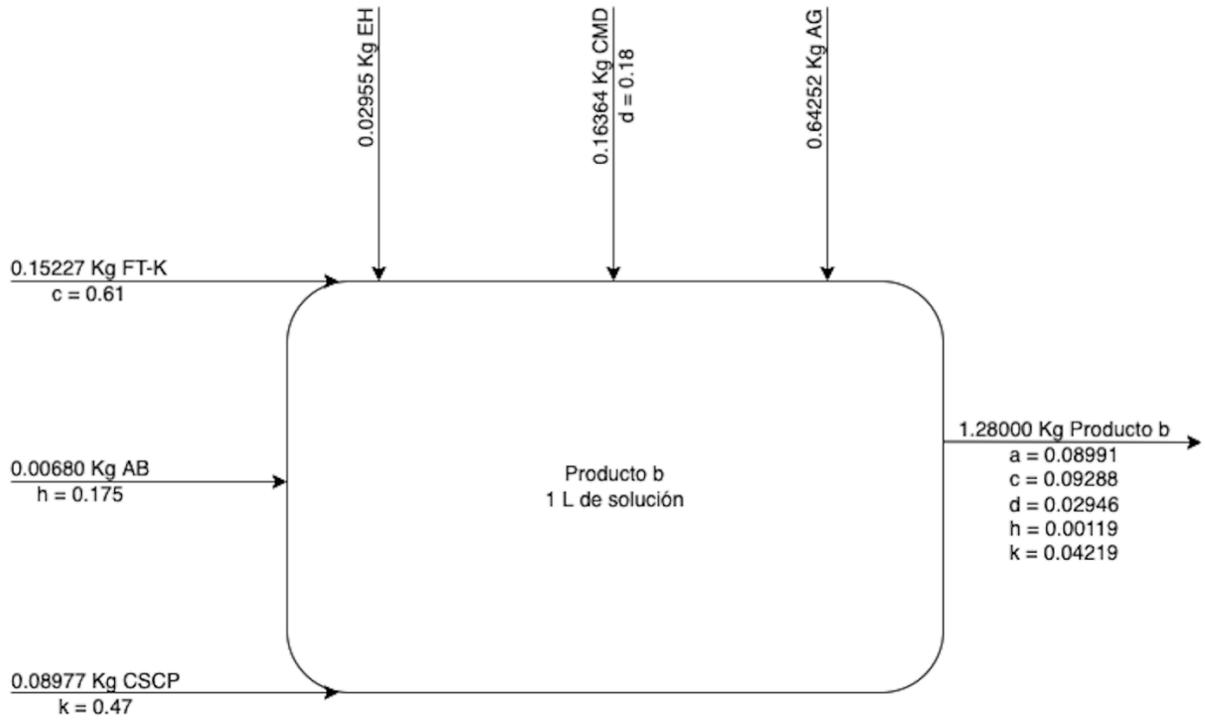


Figura 11. Balance de masa del producto c

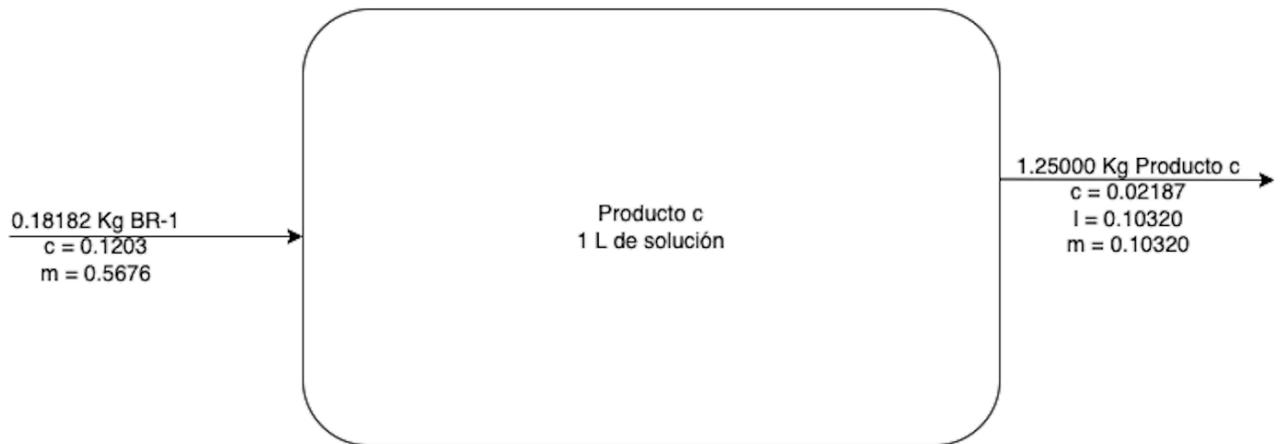


Figura 12. Balance de masa del producto A

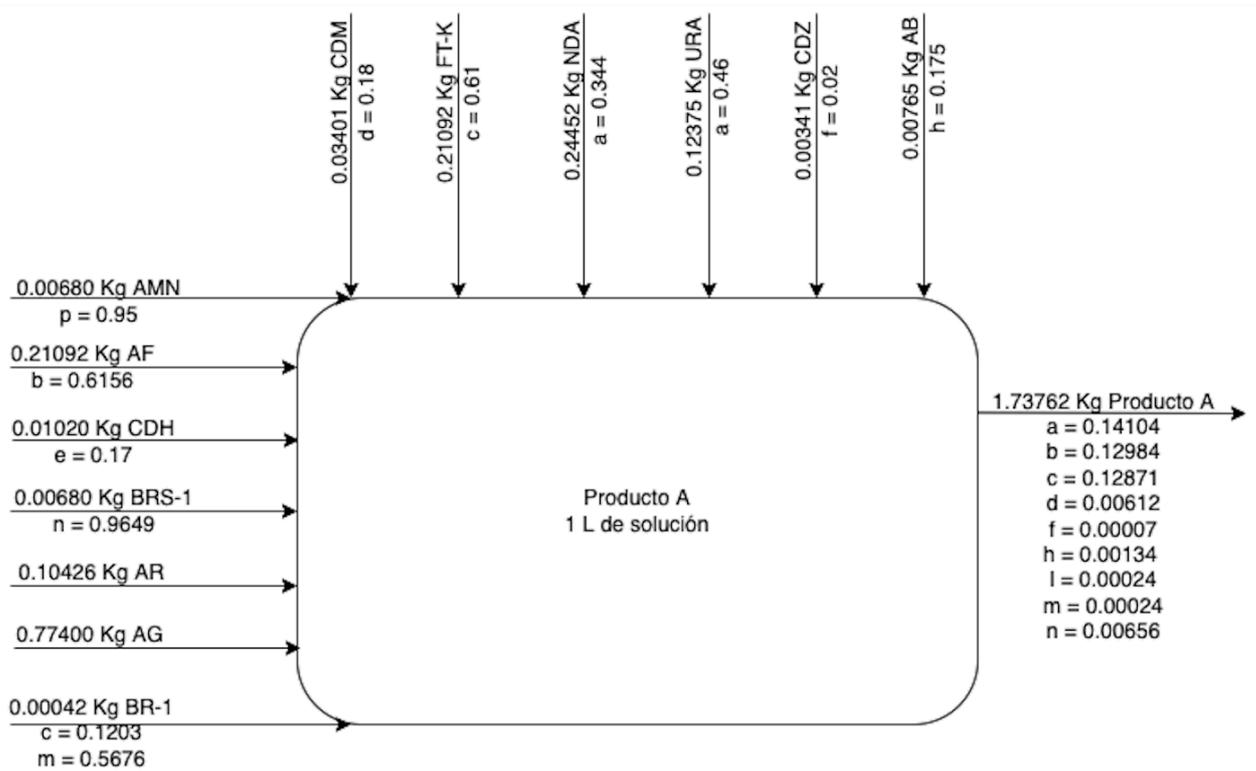


Figura 13. Balance de masa del producto B

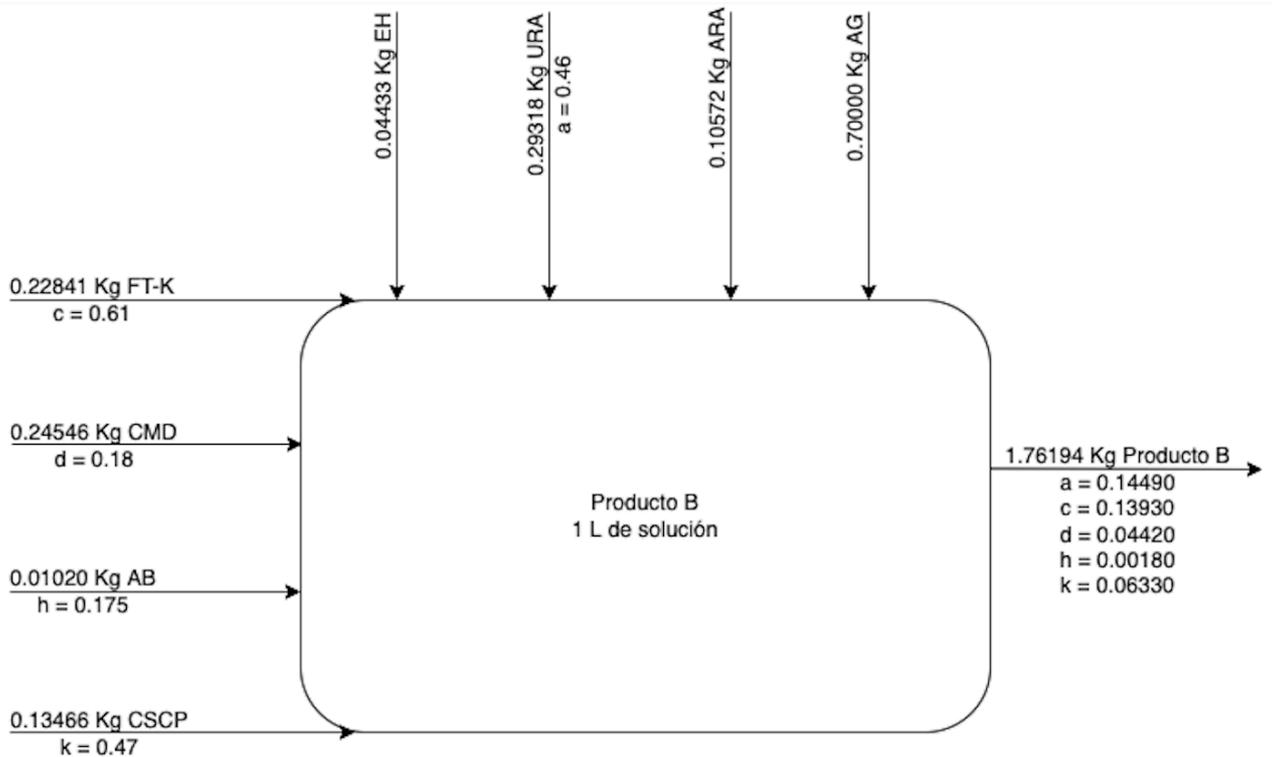
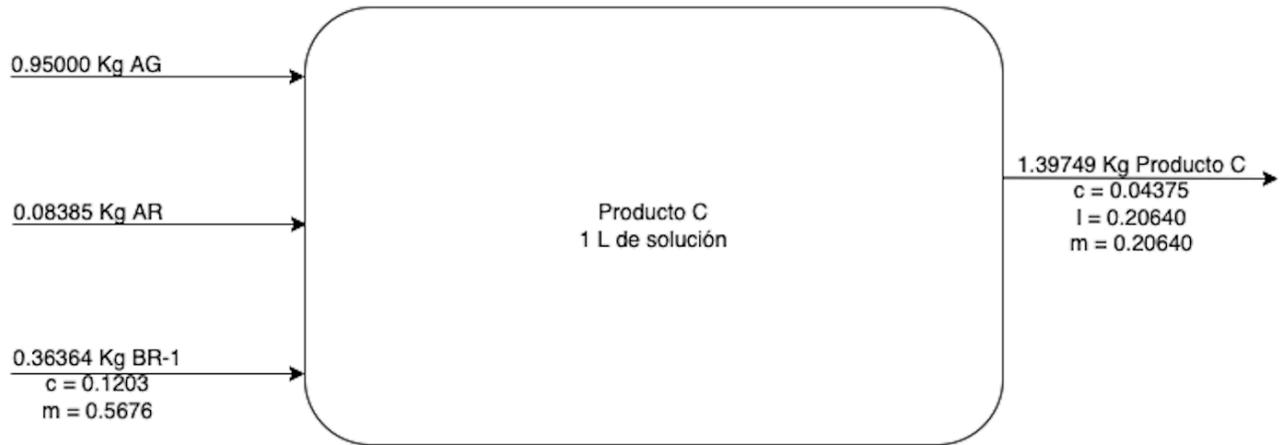


Figura 14. Balance de masa del producto C



D. Imágenes del proceso experimental

Figura 15. Pesaje del recipiente para la evaluación del producto A con una concentración de arcilla del 2% p/p.



Figura 16. Pesaje del recipiente para la evaluación del producto A con una concentración de arcilla del 4% p/p.



Figura 17. Pesaje del recipiente para la evaluación del producto A con una concentración de arcilla del 6% p/p.



Figura 18. Pesaje del producto A contenido en el recipiente antes de agregar la arcilla para obtener una concentración de 2% p/p.

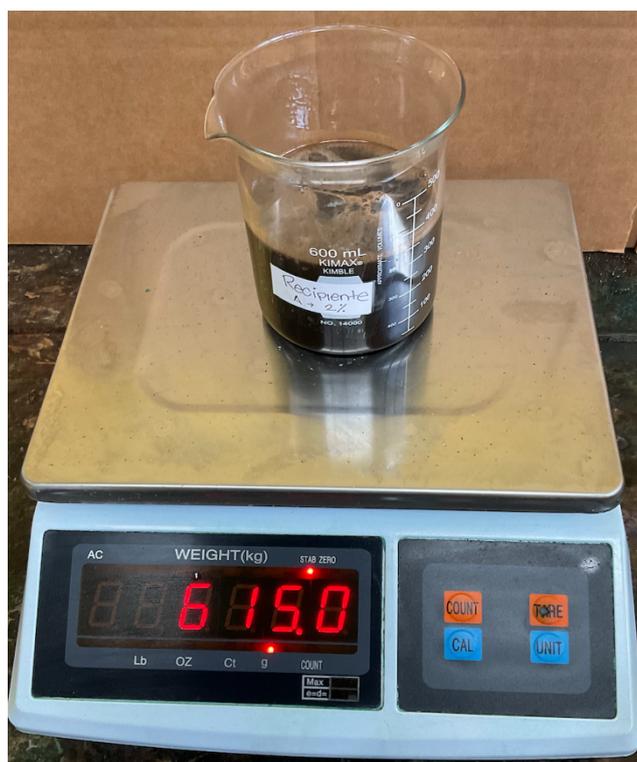


Figura 19. Pesaje del producto A contenido en el recipiente antes de agregar la arcilla para obtener una concentración de 4% p/p.

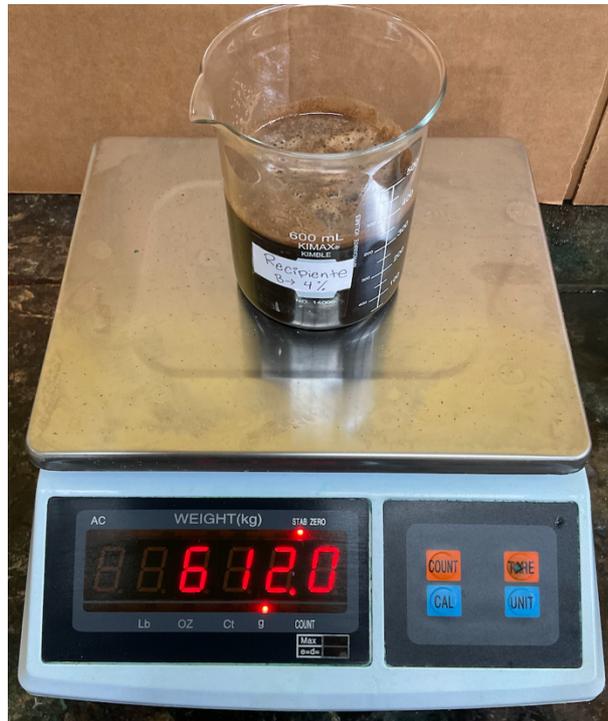


Figura 20. Pesaje del producto A contenido en el recipiente antes de agregar la arcilla para obtener una concentración de 6% p/p.

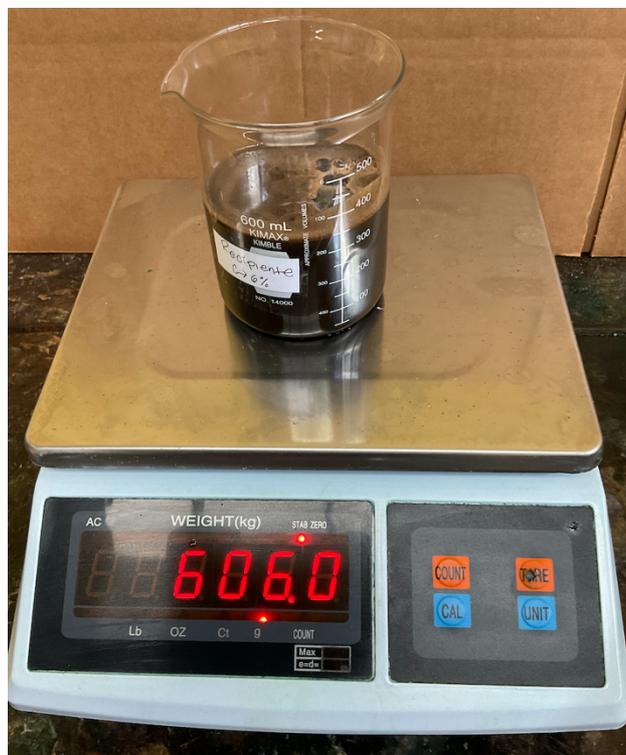


Figura 21. Pesaje de la arcilla abundante en minerales importada por parte de la empresa para la producción de fertilizantes foliares líquidos concentrados

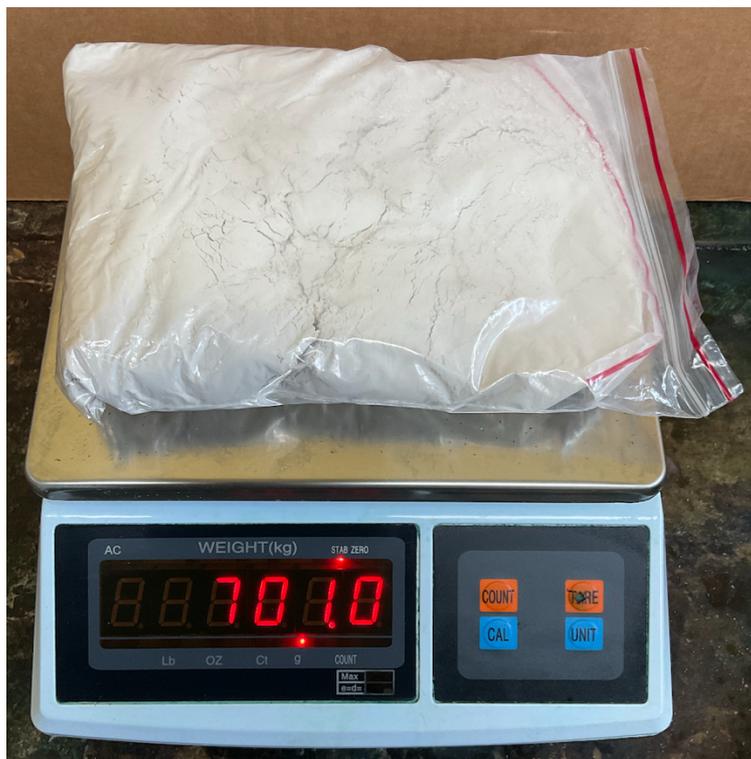


Figura 22. Pesaje de arcilla abundante en minerales para realizar mezcla con el producto A para una concentración de arcilla al 2% p/p.



Figura 23. Recipientes con producto A antes de agregarle la arcilla abundante en minerales y solución de arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 2% p/p.

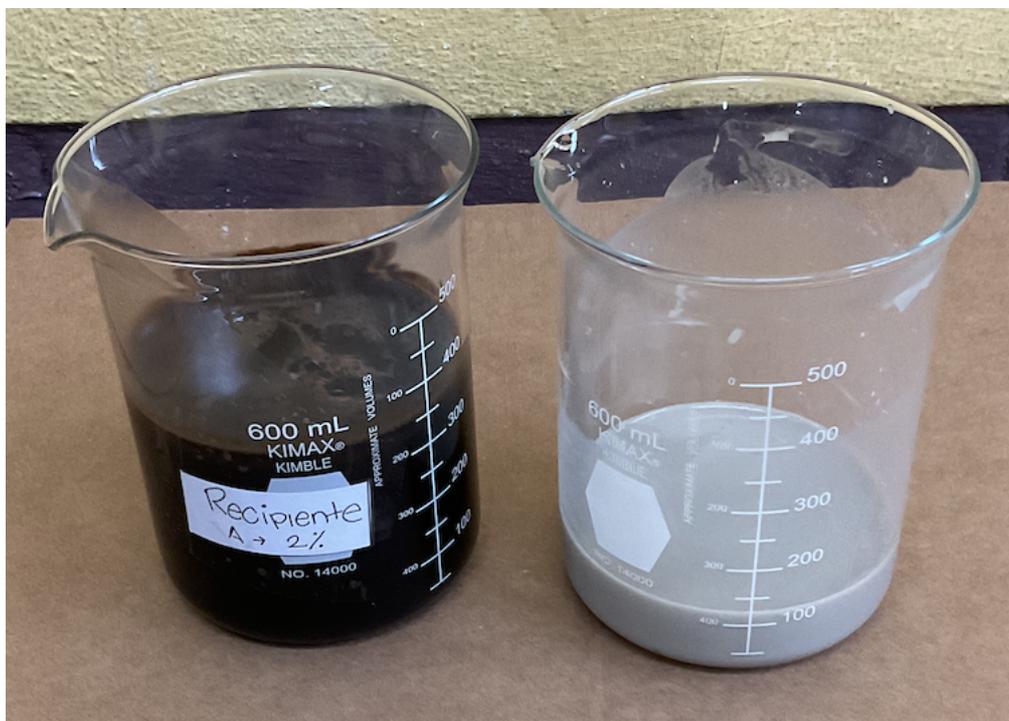


Figura 24. Pesaje del producto A en solución con arcilla abundante en minerales para una concentración al 2% p/p.

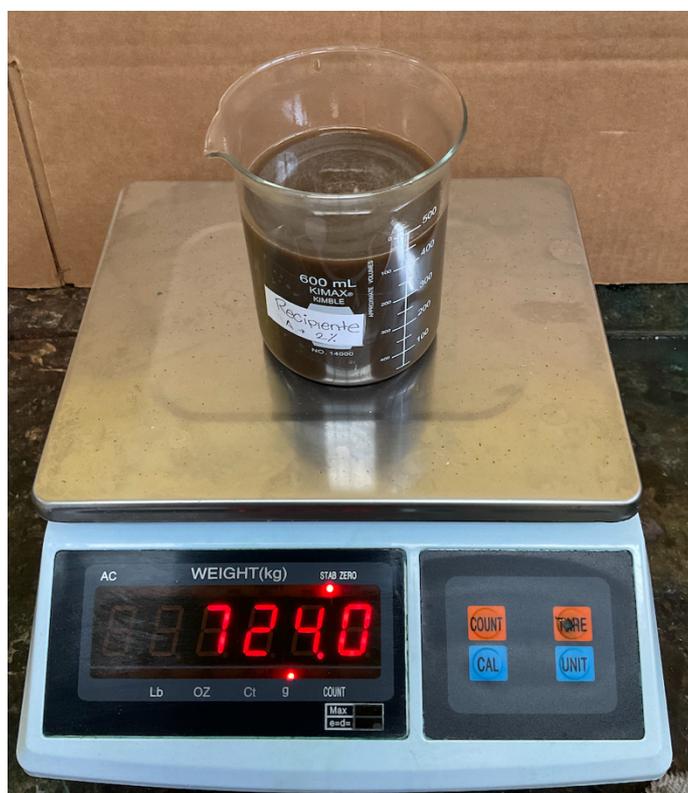


Figura 25. Pesaje de arcilla abundante en minerales para realizar mezcla con el producto A para una concentración de arcilla al 4% p/p.

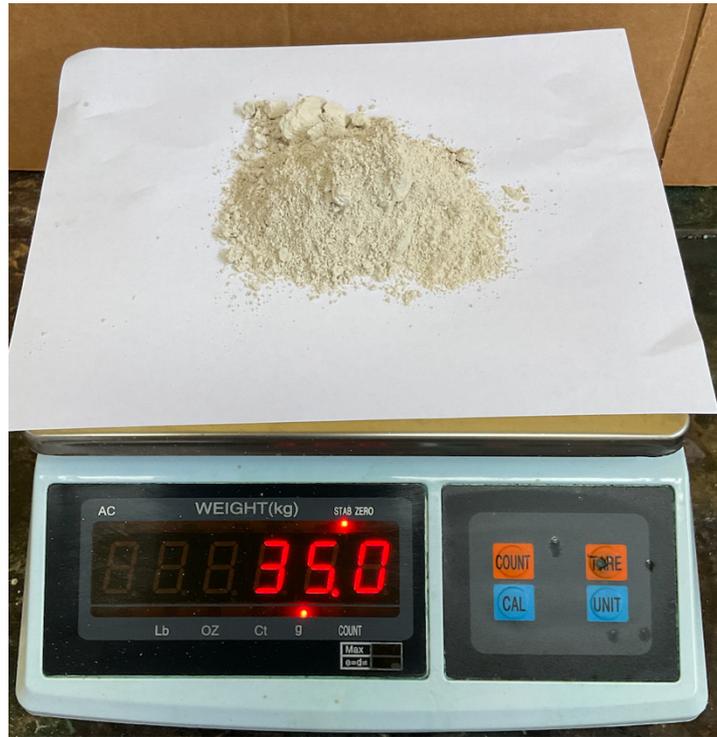


Figura 26. Producto A en solución con arcilla abundante en minerales para una concentración al 4% p/p.

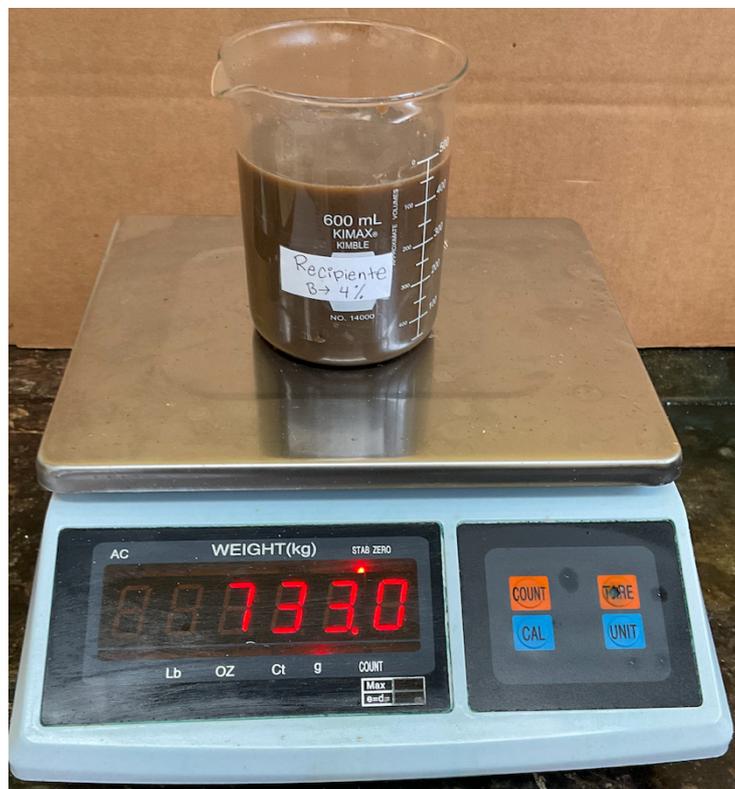


Figura 27. Pesaje de arcilla abundante en minerales para realizar mezcla con el producto A para una concentración de arcilla al 6% p/p.

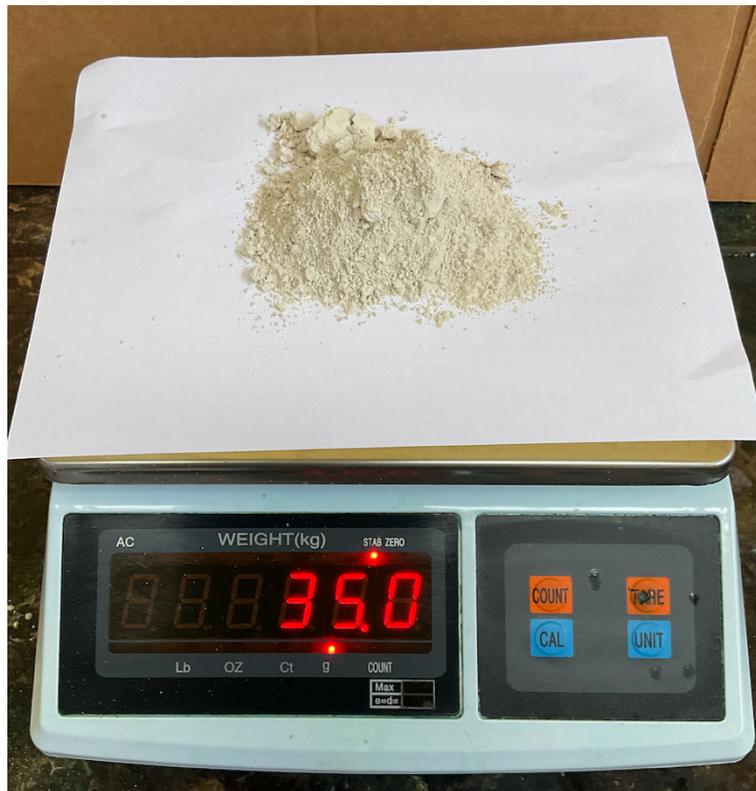


Figura 28. Recipientes con producto A antes de agregarle la arcilla abundante en minerales y solución de arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p, vista frontal

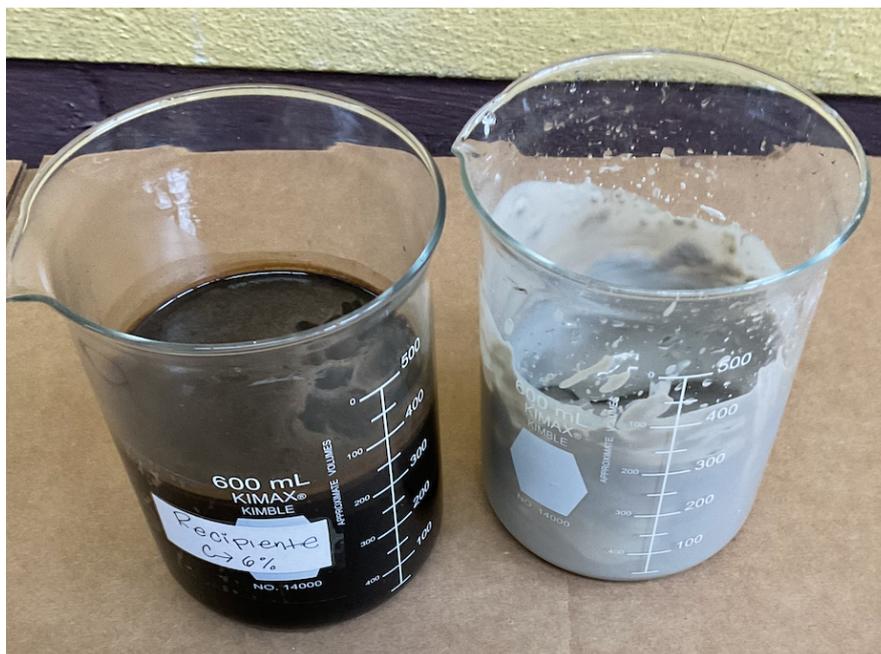


Figura 29. Recipientes con producto A antes de agregarle la arcilla abundante en minerales y solución de arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p, vista en elevación

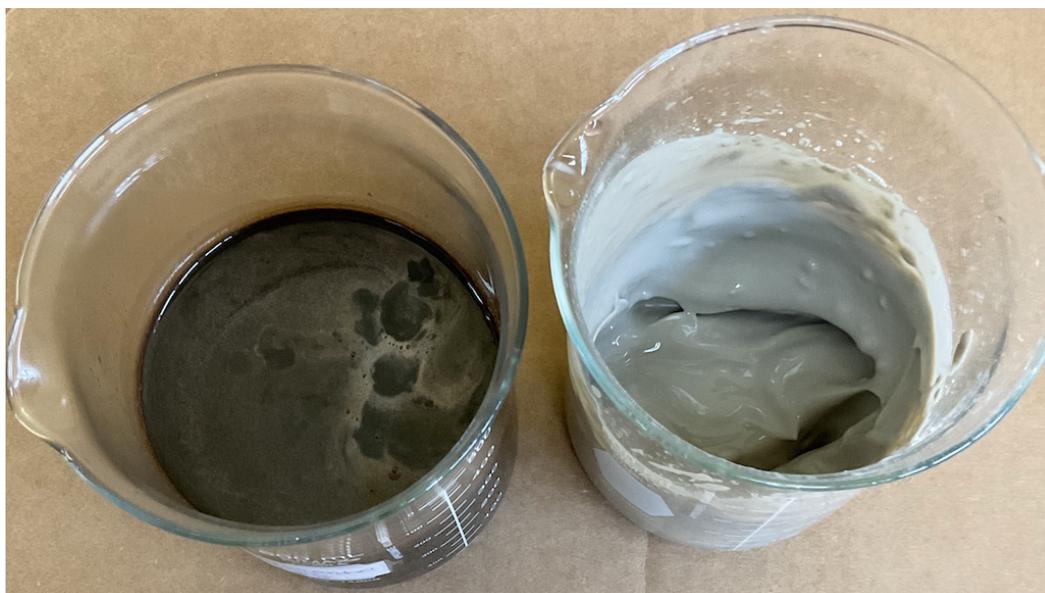


Figura 30. Pesaje del producto A en solución con arcilla abundante en minerales para una concentración al 6% p/p.

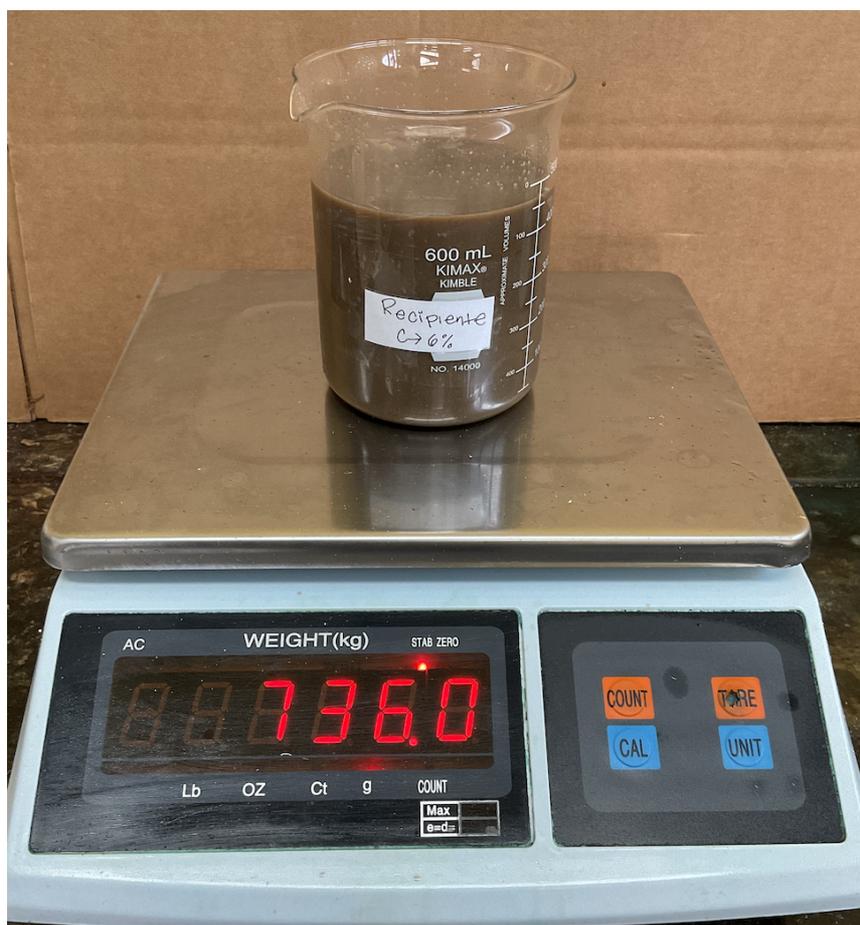


Figura 31. Pesaje de recipiente con producto B antes de agregarle la arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p.



Figura 32. Pesaje de arcilla abundante en minerales para relajar mezcla con el producto B para una concentración de arcilla al 6% p/p.



Figura 33. Recipientes con producto B antes de agregarle la arcilla abundante en minerales y solución de arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p, vista frontal

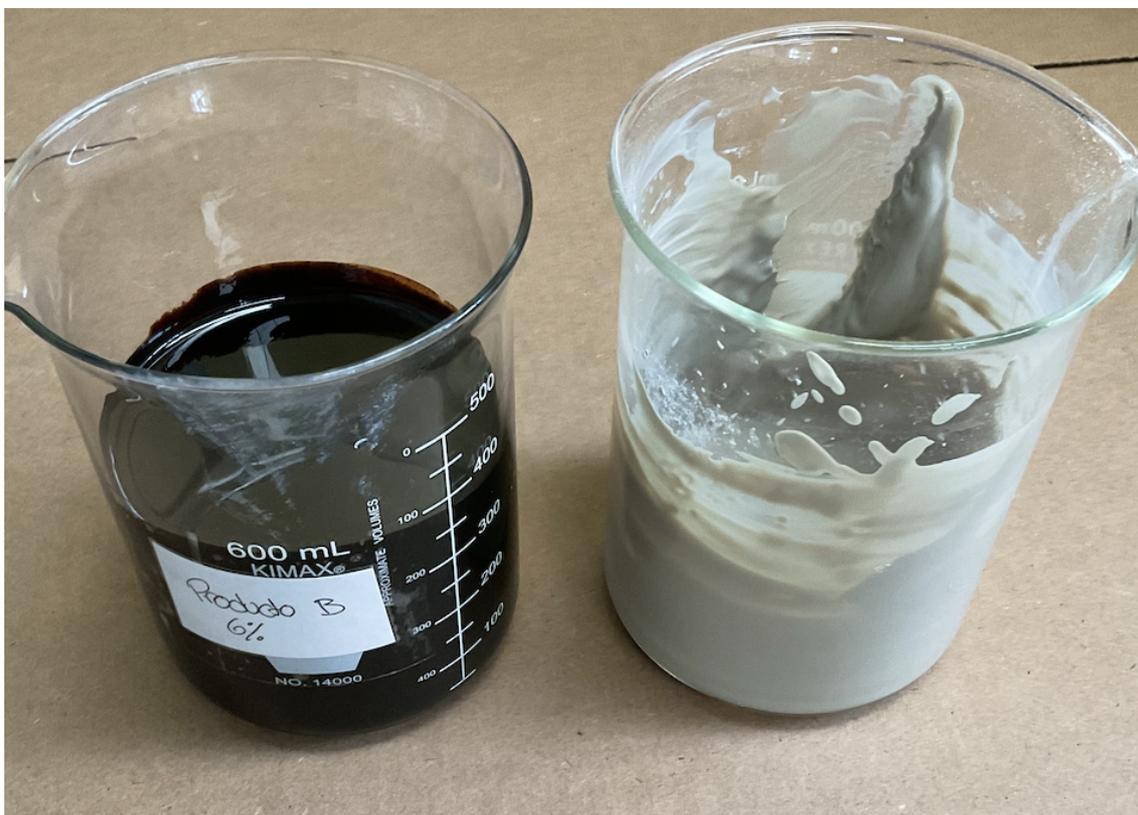


Figura 34. Recipientes con producto B antes de agregarle la arcilla abundante en minerales y solución de arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p, vista en elevación

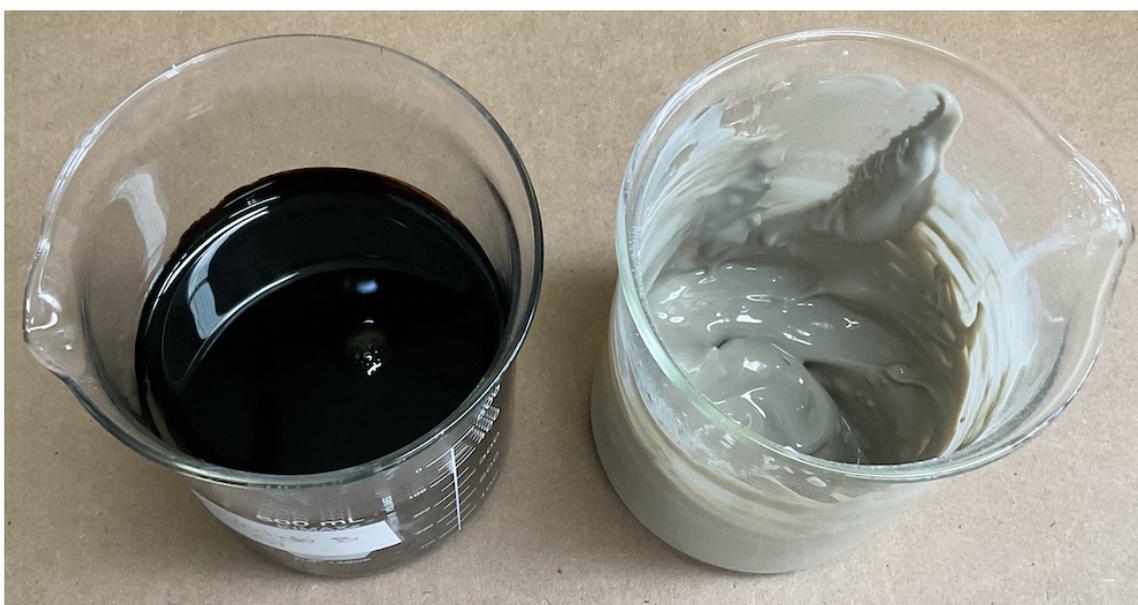


Figura 35. Pesaje del producto B en solución con arcilla abundante en minerales para una concentración al 6% p/p.



Figura 36. Pesaje del recipiente con producto C antes de agregarle la arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p.



Figura 37. Pesaje de arcilla abundante en minerales para realizar mezcla con el producto C para una concentración de arcilla al 6% p/p.



Figura 38. Recipientes con producto C antes de agregarle la arcilla abundante en minerales y solución de arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p, vista frontal



Figura 39. Recipientes con producto C antes de agregarle la arcilla abundante en minerales y solución de arcilla abundante en minerales para obtener una concentración al 6% p/p, vista en elevación

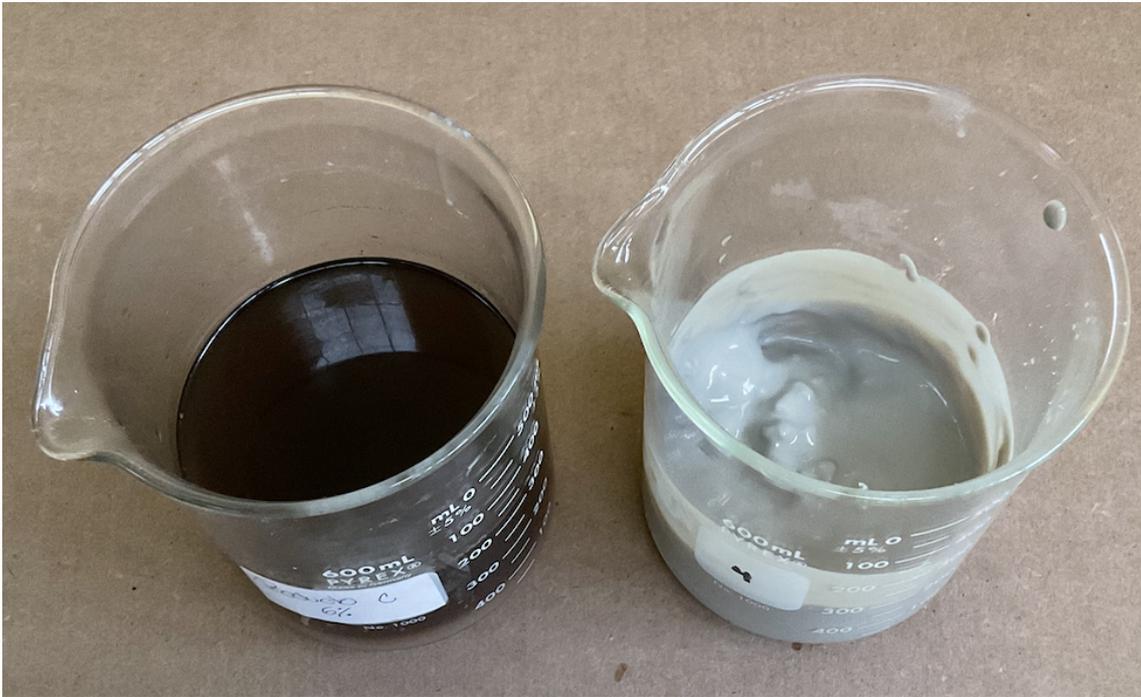


Figura 40. Pesaje del producto C en solución con arcilla abundante en minerales para una concentración al 6% p/p.

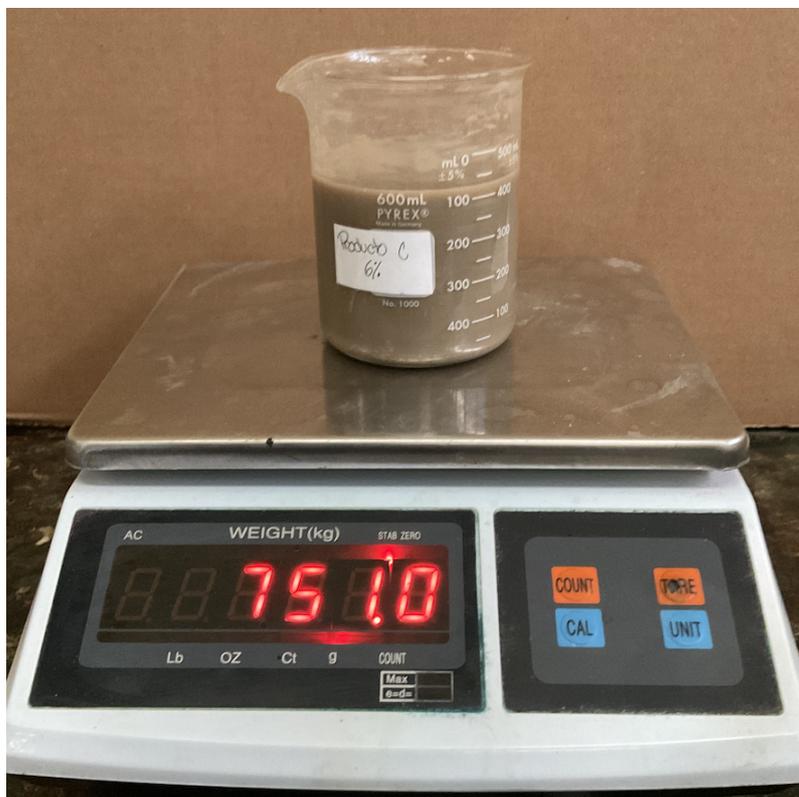


Figura 41. Tres fertilizantes foliares líquidos concentrados utilizando arcilla abundante en minerales a una concentración del 6% p/p.



Figura 42. Producto A en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL para ser sometido a prueba de degradación térmica al día 2 de haber realizado la formulación

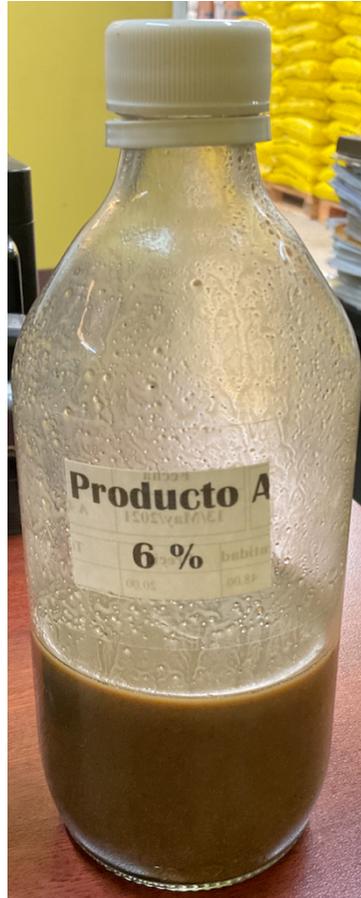


Figura 43. Producto B en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL para ser sometido a prueba de degradación térmica al día 2 de haber realizado la formulación



Figura 44. Producto C en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL para ser sometido a prueba de degradación térmica al día 2 de haber realizado la formulación

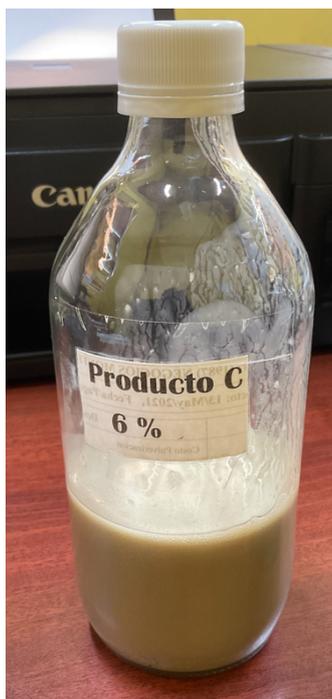


Figura 45. Producto A en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL como control al día 2 de haber realizado la formulación

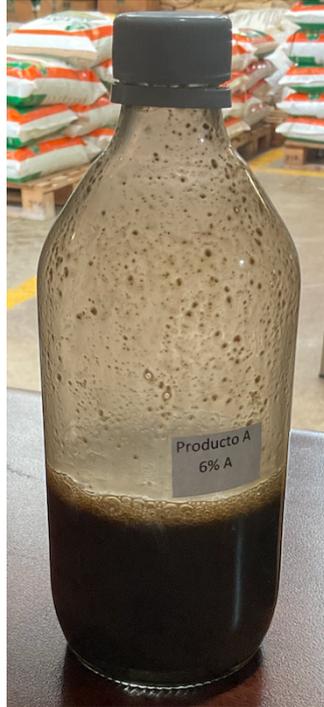


Figura 46. Producto B en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL como control a día 2 de haber realizado la formulación



Figura 47. Producto C en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL como control al día 2 de haber realizado la formulación

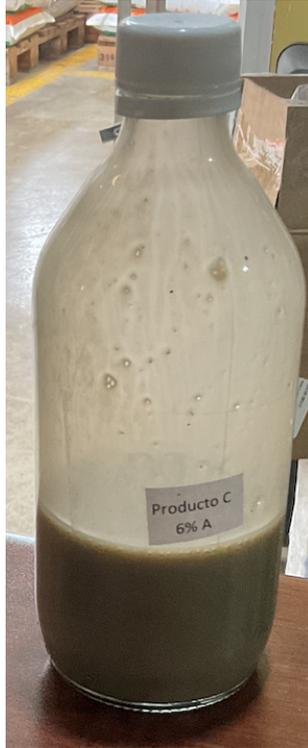


Figura 48. Producto A en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL como control al día 65 de haber realizado la formulación

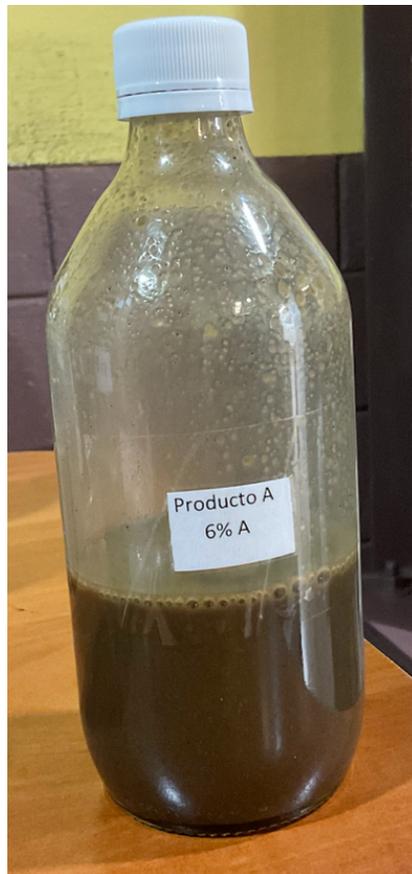


Figura 49. Producto B en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL como control al día 65 de haber realizado la formulación



Figura 50. Producto C en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL como control al día 65 de haber realizado la formulación

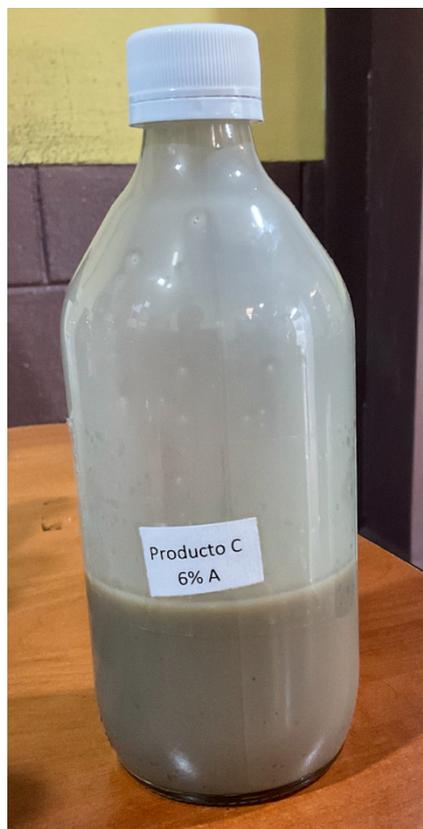


Figura 51. Producto A en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL al día 65 de su formulación, luego de haber sido sometido a una prueba de degradación térmica agresiva por 15 días



Figura 52. Producto B en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL al día 65 de su formulación, luego de haber sido sometido a una prueba de degradación térmica agresiva por 15 días



Figura 53. Producto C en recipiente tipo botella con un volumen de 250 mL al día 65 de su formulación, luego de haber sido sometido a una prueba de degradación térmica agresiva por 15 días



Figura 54. Soluciones buffer utilizadas para la calibración del potenciómetro, para la determinación del pH de las diferentes soluciones de fertilizantes foliares líquidos concentrados



Figura 55. Determinación de pH al recipiente con el producto A, que no fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva



Figura 56. Determinación de pH al recipiente con el producto A, que fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva



Figura 57. Determinación de pH al recipiente con el producto B, que no fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva

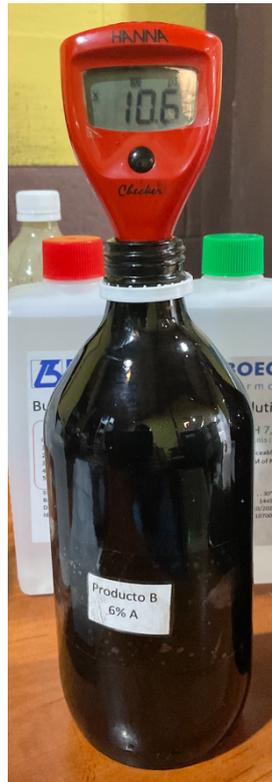


Figura 58. Determinación de pH al recipiente con el producto B, que fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva

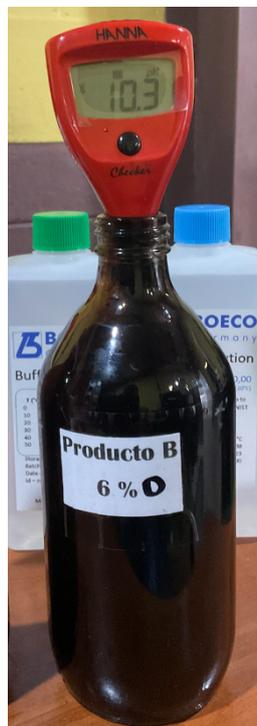


Figura 59. Determinación de pH al recipiente con el producto C, que no fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva



Figura 60. Determinación de pH al recipiente con el producto C, que fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva



Figura 61. Determinación de la masa de un volumen de 25 mL del producto A que no fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva, utilizando balanza electrónica



Figura 62. Determinación de la masa de un volumen de 25 mL del producto A que fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva, utilizando balanza electrónica



Figura 63. Determinación de la masa de un volumen de 25 mL del producto B que no fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva, utilizando balanza electrónica

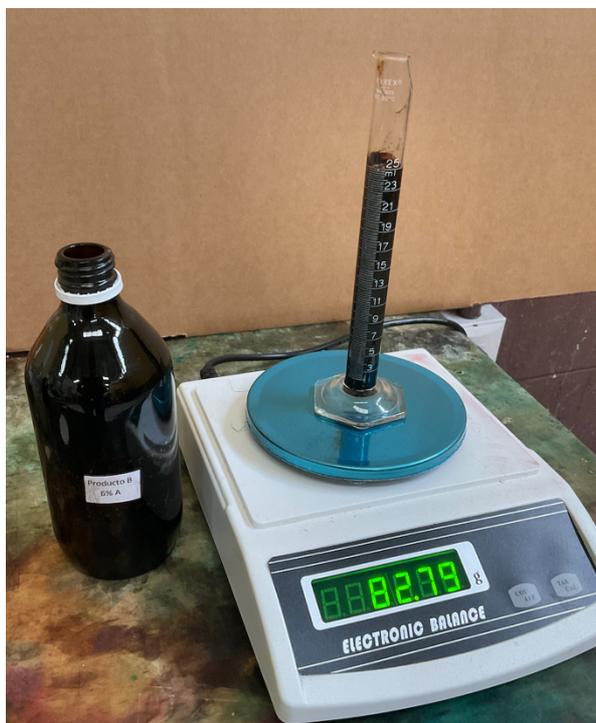


Figura 64. Determinación de la masa de un volumen de 25 mL del producto B que fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva, utilizando balanza electrónica



Figura 65. Determinación de la masa de un volumen de 25 mL del producto C que no fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva, utilizando balanza electrónica



Figura 66. Determinación de la masa de un volumen de 25 mL del producto C que fue sometido a la prueba de degradación térmica agresiva, utilizando balanza electrónica



Figura 67. Aporte nutricional por cada materia prima utilizada para la formulación de productos líquidos foliares concentrados

Nutriente	Identificador	PRODUCTO												
		BR-1	BRS-1	CDH	AF	AMN	CMD	FT-K	NDA	URA	CDZ	AB	CSCP	EH
NITRÓGENO	a	0	0	0	0	0	0	0	0.344	0.46	0	0	0	0
FÓSFORO	b	0	0	0	0.6156	0	0	0	0	0	0	0	0	0
POTASIO	c	0.1203	0	0	0	0	0	0	0.61	0	0	0	0	0
MAGNESIO	d	0	0	0	0	0	0.18	0	0	0	0	0	0	0
HIERRO	e	0	0	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZINC	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0	0	0
MANGANESO	g	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BORO	h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1747	0	0
COBRE	i	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MOLIBDENO	j	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CALCIO	k	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.47	0
AZUFRE	l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HÚMICOS	m	0.5676	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FÚLVICOS	n	0	0.9649	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COBALTO	o	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AMINOÁCIDOS	p	0	0	0	0	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0
IBA	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GBAP	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEA	s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IAA	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 68. Calendario de actividades empleado para el proceso

No. Actividad	Actividad	Fechas				
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
1	Selección de arcilla					
1.1	Evaluación de características físicas de opciones					
1.2	Evaluación de características químicas de opciones					
1.3	Comparación de opciones					
1.4	Selección de arcilla rica en minerales					
2	Investigación de características de arcilla seleccionada					
3	Selección de materias primas a utilizar para realizar solución en suspensión concentrada en micro-nutrientes					
3.1	Seleccionar materias prima con alto contenido en nitrógeno					
3.2	Seleccionar materias prima con alto contenido en fósforo					
3.3	Seleccionar materias prima con alto contenido en potasio					
3.4	Seleccionar materias primas con micro-elementos menores					
3.4	Evaluación de características físicas de materias primas seleccionadas					
3.5	Evaluación de características químicas de materias primas por volumen de agua					
4	Pruebas de solubilidad de determinada cantidad de materia por volumen de agua específico					
4.1	Determinación de volumen de agua para realizar prueba de solubilidad					
4.2	Especificar cantidad de cada materia prima a disolver en agua					
4.3	Especificar velocidad de agitación en beaker de 500mL					
4.4	Tomar tiempos de disolución de muestras					
5	Formulación de solución en suspensión concentrada en nutrientes					
5.1	Evaluación de cantidad de micro-elementos necesarios					
5.2	Determinación de cantidad de cada materia prima a utilizar por unidad de producto final					
5.3	Mezclado de materias primas con arcillas ricas en minerales					
6	Pruebas de contenido de nutrientes					
6.1	Selección de nutrientes a evaluar					
6.2	Busqueda de métodos para realizar evaluación					
6.3	Proceso de cotización de pruebas a realizar					
6.4	Determinación de contenido de cada nutriente presente					
7	Determinación de costos de producción					
7.1	Quantificar costos de mano de obra por producción de producto final					
7.2	Estimación de tiempos de producción de producto final					
8	Determinación de costos de material de empaque					
8.1	Desarrollo de arte de etiqueta					
8.1.1	Evaluación de contenido de etiqueta					
8.1.2	Selección de colores y pantón adecuado					
8.1.3	Selección de espacio adecuado para color registro y fechas importantes					
8.1.4	Cotización de precios para impresiones					
8.2	Selección de litro					
8.2.1	Evaluación de gramaje adecuado para empaque de producto final					
8.2.2	Determinación de color de envase					
8.2.3	Determinación de color de tapa					
8.2.4	Determinación de sello de inducción para envase adecuado					
8.2.5	Cotización de precios en relación al volumen mínimo de compra					
8.3	Selección de envase de 250mL					
8.3.1	Evaluación de gramaje adecuado para empaque de producto final					
8.3.2	Determinación de color de envase					
8.3.3	Determinación de color de tapa					
8.3.4	Determinación de sello de inducción para envase adecuado					
8.3.5	Cotización de precios en relación al volumen mínimo de compra					
8.4	Selección de envase de galón de 4 litros					
8.4.1	Evaluación de gramaje adecuado para empaque de producto final					
8.4.2	Determinación de color de envase					
8.4.3	Determinación de color de tapa					
8.4.4	Determinación de sello de inducción para envase adecuado					
8.4.5	Cotización de precios en relación al volumen mínimo de compra					
8.5	Selección de caneca de 20 litros					
8.5.1	Evaluación de gramaje adecuado para empaque de producto final					
8.5.2	Determinación de color de envase					
8.5.3	Determinación de color de tapa					
8.5.4	Determinación de sello de inducción para envase adecuado					
8.5.5	Cotización de precios en relación al volumen mínimo de compra					
9	Determinación de punto de equilibrio de cada presentación de fertilizante en solución en suspensión a producir					
10	Revisión de asesor					

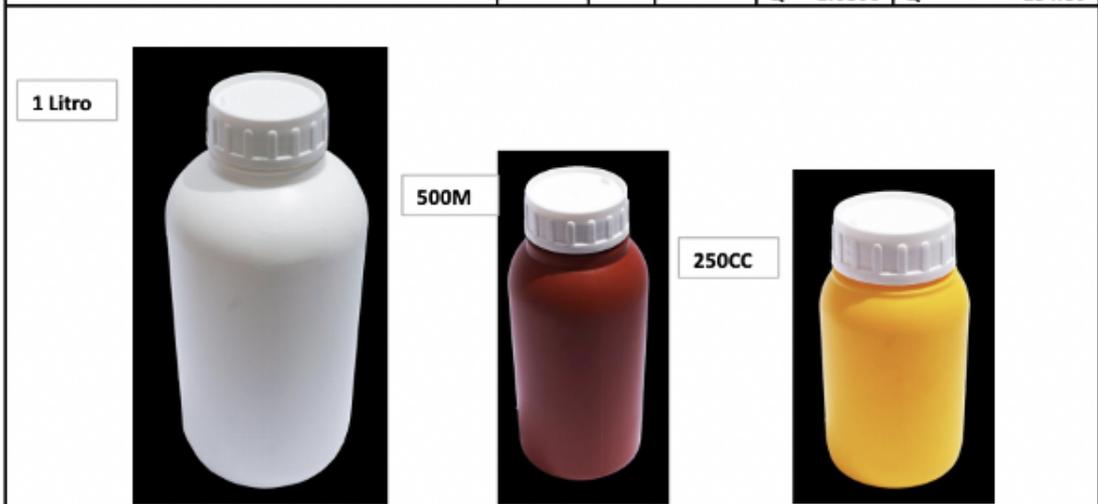
E. Cotización de material de empaque



COTIZACION

Fecha: 06/04/2021

Presentación	Bolsas	U. x Bol	Cantidad	Precio Unitario	Precio del Envase
LITRO HIPERAGRO BLANCO 130GRAMOS	1	65	65	Q 3.2500	Q 211.25
TAPA #45 VERDE ESTÁNDAR SIN LINER			65	Q 0.7000	Q 45.50
				Q 3.9500	Q 256.75
LITRO HIPERAGRO BLANCO 100GRAMOS	1	65	65	Q 2.5000	Q 162.50
TAPA #45 VERDE ESTÁNDAR SIN LINER			65	Q 0.7000	Q 45.50
				Q 3.2000	Q 208.00
LITRO HIPERAGRO BLANCO 75GRAMOS (PROQUIM)	1	65	65	Q 1.8800	Q 122.20
TAPA #45 VERDE ESTÁNDAR SIN LINER			65	Q 0.7000	Q 45.50
				Q 2.5800	Q 167.70
ENVASE HIPERAGRO 500CC BLANCO, 45G	1	111	111	Q 1.5700	Q 174.27
TAPA #45 VERDE ESTÁNDAR SIN LINER			111	Q 0.7000	Q 77.70
				Q 2.2700	Q 251.97
ENVASE HIPERAGRO 250CC BLANCO, 25G	1	110	110	Q 0.9800	Q 107.80
TAPA #45 VERDE ESTÁNDAR SIN LINER			110	Q 0.7000	Q 77.00
				Q 1.6800	Q 184.80



9a. Avenida 2-25 Zona 2 Mixco Col. Alvarado, Guatemala, C. A.
Tel.: (502) 2202-9502, Fax: (502) 2250-4975

Presentación	Bolsas	U. x Bol	Cantidad	Precio Unitario	Precio del Envase
CANECA 20 LITROS,#2 BLANCA, 950G CON VISOR	1	8	8	Q 23.5000	Q 188.00
TAPA #54 NEGRA SIN LINER			8	Q 0.5800	Q 4.64
				Q 24.0800	Q 192.64
CANECA 20 LITROS,#2 AZUL STANDARD, 950G CON	1	8	8	Q 23.7000	Q 189.60
TAPA #54 VERDE STANDARD SIN LINER			8	Q 0.5800	Q 4.64
				Q 24.2800	Q 194.24
ENVASE 5 LITROS TIPO AC BLANCO, 230G	1	24	24	Q 6.6000	Q 158.40
TAPA #45 BLANCA SIN LINER			24	Q 0.7000	Q 16.80
				Q 7.3000	Q 175.20



COPA VERDE 25CC	1	3000	3,000	Q 0.6900	Q 2,070.00
TAPA #45 NARANJA CON LINER PLATEADO	1	2000	2,000	Q 0.9000	Q 1,800.00
				TOTAL	Q -

Términos y condiciones:

Forma de Pago: CREDITO

Precios YA Incluyen IVA

Tiempo de entrega: SEGÚN EXISTENCIAS

Validez de la Oferta 30 días hábiles

Carlili Fuentes
 Cel. 4643 1662
Ventas2@hiperplast.com.gt

9a. Avenida 2-25 Zona 2 Mixco Col. Alvarado, Guatemala, C. A.
 Tel.: (502) 2202-9502, Fax: (502) 2250-4975