

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**Producción de maíz para ensilaje de alta calidad con el paquete
nutricional especializado Compo Expert**

POR

JULIO GÓNZALEZ PÉREZ

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Producción de maíz para ensilaje de alta calidad con el paquete nutricional especializado Compo Expert

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada por

JULIO GÓNZALEZ PÉREZ

Como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Fue dirigida por el siguiente comité:



Dr. José Antonio Hernández Herrera
Presidente



MC. Francisco Ávila Rebollar
Vocal



MC. Omar Guadalupe Nájera Pedraza
vocal



Ing. Leticia Castillo Balcázar
Coasesor



Dr. Ricardo Vázquez Aldape
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 2022



DEDICATORIA

A mi querida familia, mi madre Dora Elia Magdaleno Pérez, mi padre Miguel González García, por todo su amor incondicional, por siempre brindarme su apoyo, por no dejar que me rindiera en mis momentos más difíciles, por estar conmigo en los malos y buenos momentos, por confiar en mí y por darme esta oportunidad de formarme como profesionista. Gracias a ustedes soy la persona que soy y gracias a ustedes se logra una meta más en mi vida y este logro es para ustedes.

A mis Abuelos, **María Trinidad García Jiménez, Pedro González Villafaña** por estar siempre en los momentos importantes de mi vida, por ser el ejemplo para salir adelante y por los consejos que han sido de gran ayuda para mi vida y crecimiento.

A mi tío, **Roberto Andrade García** Gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me ha transmitido en el desarrollo de mi formación como persona.

A todas mis amistades que siempre me brindaron su apoyo incondicional, por los buenos momentos y en ocasiones malos ratos, agradezco su tiempo y sus consejos positivos que permitieron que esta aventura fuera aún mucho mejor.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a **Dios** por permitirme vivir, por darme la oportunidad de tener una familia trabajadora que gracias a ello nunca nos faltó el alimento y el apoyo económico. Porque siempre está en mis oraciones, cuida de mí y los que me rodean, guía mi camino, y que cuida, y bendice de todas las cosas que paso día a día en la vida que llevo.

A mi **Alma Mater** por haberme dado la oportunidad de obtener los conocimientos para dar otro paso importante en mi vida, por darme ese privilegio de estar en una generación más de profesionales, por convertirme en todo un buen buitre y prepararme como un ingeniero capaz de resolver los problemas que se presentan hoy en día en el mundo de la agronomía.

Al **Dr. José Antonio Hernández Herrera**, por brindarme la oportunidad de ser su tesista, y siempre apoyarme con su guía y sus consejos en decisiones importantes en mi nueva vida como profesional.

Al **M.C. Francisco Ávila Rebollar**, por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de tesis, por todos sus conocimientos y enseñanzas compartidas y por todo el apoyo incondicional brindado.

Al **Ing. Juan Carlos López Trejo** por todo su apoyo incondicional, su tiempo, sus consejos y por todos sus conocimientos y enseñanzas adquiridos

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Justificación	2
1.2.	Objetivo General	3
1.3.	Objetivos Específicos.....	3
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1.	Localización y descripción del área de estudio	4
2.2.	Maíz forrajero.....	5
2.2.1.	Generalidades	5
2.2.2.	Fenología	6
2.2.3.	Forraje para ensilaje.....	8
2.2.4.	Producción de maíz forrajero	9
2.3.	Paquete tecnológico de maíz forrajero.....	11
2.3.1.	Generalidades	11
2.3.2.	Paquete tecnológico	11
2.3.3.	Requerimientos bromatológicos	11
2.3.4.	Programa de fertilización Tecnología Novatec®	12
2.3.5.	Ensilaje.....	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1.	Localización del área de estudio.....	20
3.2.	Siembra y desarrollo del cultivo.	20
3.3.	Análisis.....	21
	Análisis foliar.....	21
3.4.	Cosecha.....	24
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
V.	CONCLUSIONES.....	29
VI.	LITERATURA CITADA.....	30
VII.	ANEXOS.	33

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fenología del maíz forrajero	8
Figura 2. Curva de absorción de macronutrientes en maíz.....	10
Figura 3. Acción de 3,4 DMPP en el suelo.....	13
Figura 4. Efecto de acidificación de Rizosfera con Novatec.....	14
Figura 5. Simulación efecto 3,4 DMPP	15
Figura 6. Efecto de lixiviación de Nitratos.....	16
Figura 7. Fórmulas de Novatec® Solub	17
Figura 8. Ubicación del Rancho La Estrella	20
Figura 9. Selección de la muestra para análisis foliar	22
Figura 10. Fertilizante utilizado y análisis de contenido	23
Figura 11. Aspecto del silo de maíz forrajero.....	24
Figura 12. Aspecto de la muestra utilizada del material ensilado.....	25
Figura 13. Proceso de cosecha de maíz forrajero	26
Figura 14. Area de concentración y compactación de ensilaje.....	26
Figura 15. Equipo utilizado en el proceso de cosecha	27

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de etapa vegetativa del maíz forrajero	6
Cuadro 2. Nutrientes extraídos por maíz forrajero para producir una tonelada de materia seca	9
Cuadro 3. Componentes nutricionales.....	12
Cuadro 4. Contenido de nutrientes en la hoja debajo de la mazorca de maíz en inicio de floración femenina (Jones1967).....	23

RESUMEN

El maíz es un cultivo de importancia en México, debido a que se utiliza para consumo humano y animal, uno de los usos principales es como forraje fresco. El objetivo principal del presente trabajo fue evaluar la producción de maíz con la variedad forrajero Salamandra de la empresa Asgrow. El paquete Compo Expert incluye la **tecnología Novatek**, es un inhibidor de la nitrificación, específicamente es el 3,4 Dymethyl Pyrazol Phosphate (3,4 DMPP) el cual es uno de los inhibidores más estudiados en el mundo. Fue desarrollado por BASF en 1995, es relativamente inmóvil en el suelo, por esta razón, no hay pérdidas por lixiviación. De igual manera incluye la aplicación de nutrientes foliares, con nitrógeno, fosforo, potasio (N P K) y microelementos, esto para elevar la concentración de K con respecto a los demás elementos, y con el objetivo de favorecer en el llenado de las mazorcas y aumentar el peso específico del grano. El trabajo se realizó en el Rancho La Estrella, municipio de González, Tamaulipas, estableciendo el cultivo en el mes de marzo con una densidad de siembra de 95,000 semillas por hectárea, los riegos, el control de plagas y la nutrición se aplicaron de acuerdo a los requerimientos del cultivo.. La cosecha se realizó en septiembre, con rendimientos de 52 toneladas por hectárea, posteriormente el material se trasladó al área seleccionada para realizar el ensilaje, este rendimiento nos indica que al utilizar el paquete nutricional especializado Compo Expert incrementó en un 20% la producción de forraje, esto se pudo constatar con el productor ya que tenía un rendimiento de 38 a 40 Ton/Ha como máximo, con este paquete tecnológico se pudo alcanzar un aumento de rendimiento

Palabras clave: Ensilaje, forraje, calidad, Compo Expert Pack Nutrición.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo de gran importancia en México, debido a que se utiliza para consumo humano y animal. En el caso del consumo animal, se utiliza como forraje fresco, ensilado o rastrojo, destinando su uso principalmente en la época de estiaje (Luna *et al.*, 2013).

En las cuencas lecheras de México el ensilado de maíz se utiliza comúnmente en la alimentación del ganado lechero, puede constituir de 30 a 40% de la ración en base seca de vacas en producción. A nivel nacional en el 2017 se sembraron 598,167 hectáreas, de las cuales se cosecharon 573,034 hectáreas y se obtuvieron 16,261,864 toneladas de forraje con un rendimiento promedio de 28.4 toneladas por ha⁻¹ (SIAP, 2017).

El valor nutritivo del ensilado de maíz depende de la variedad o híbrido empleado, la densidad de plantación utilizada, condiciones de crecimiento, grado de madurez y humedad al momento de cosecha y de las condiciones de ensilaje (Satter y Reiss, 2012). En los sistemas de producción del ganado lechero de forma intensiva, se ha convertido en el principal componente de la ración alimenticia ya que influye en la producción y composición láctea, donde el valor nutritivo del ensilaje con la época de cosecha y la madurez de la planta aumentan el contenido de almidones, por lo tanto es rico en energía metabolizable que genera leche de mejor calidad (Khan *et al.*, 2015).

La producción de leche de vaca se considera una actividad que genera impactos negativos al medio ambiente, por la alta demanda de recursos como el agua y el suelo, por lo tanto, una opción es la producción de maíz para ensilar, donde se recicla el estiércol, se disminuye el uso de fertilizantes químicos y se mejora la calidad del suelo al mismo tiempo que se logran altas producciones en el cultivo y se brinda un alimento de calidad para el ganado lechero (Huang *et al.*, 2021) por tal motivo el objetivo de estudio del presente trabajo fue evaluar la producción de maíz para ensilaje de alta calidad utilizando un paquete tecnológico de fertilización.

1.1. Justificación

El cultivo del maíz para ensilado tiene bajos rendimiento de materia seca por hectárea, aunado a un bajo contenido de grano y alta presencia de fibra lo que ocasionan que la digestibilidad y energía del forraje sean bajas. Como alternativas se ha implementado el uso de materiales genéticos o híbridos considerados como forrajeros, de elevada altura y gran capacidad para producir follaje, así como las prácticas en el manejo del cultivo que permiten obtener buenos rendimientos de materia verde por hectárea pero con pobre valor nutritivo, por lo general estos materiales se siembran a altas densidades de población, lo que ocasiona una escasa cantidad de grano, siendo este último donde se encuentra el mayor valor energético del maíz forrajero como alimento para el ganado (Núñez *et al.*, 2003).

El incremento de la productividad de maíz forrajero, con buena calidad del forraje es determinante para una eficiente producción de leche, consecuentemente, con el aumento de la cantidad de ensilado de calidad en las raciones para la alimentación del ganado, se esperaría una disminución en los costos de producción, por lo tanto un incremento en la calidad y producción de leche (Reta *et al.*, 2000).

En los últimos años se han realizado investigaciones en la selección adecuada de los genotipos de maíz forrajero para ensilado, se pueden obtener los materiales más sobresalientes en rendimiento de materia seca y de mayor calidad, ya que existen diferencias entre híbridos de maíz en cuanto a sus contenidos de proteína cruda, fibra y digestibilidad de la materia seca.

1.2. Objetivo General

Evaluar la producción de maíz para ensilaje de alta calidad utilizando un paquete tecnológico de fertilización.

1.3. Objetivos Específicos

- Descripción del paquete tecnológico de fertilización para maíz
- Evaluar las características bromatológicas del forraje ensilado

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Localización y descripción del área de estudio

El municipio de González se encuentra en la parte Sur del Estado de Tamaulipas, con una extensión de 3,491.41 kilómetros cuadrados, que representa el 4.2 por ciento de la superficie total del Estado. Colinda al Norte con el municipio de Llera y Casas; al Sur con el Estado de Veracruz; al Norte con los municipios de Aldama y Altamira y al Oeste con Xicoténcatl y Mante (INEGI, 2020).

Villa González es la cabecera municipal, se localiza a 22° 48´ latitud y a los 99° 41´ de longitud oeste, a una altitud de 56 m. Está integrado por 30 localidades, siendo las más importantes: Estación Manuel, Poblado Graciano Sánchez, López Rayón y Francisco I. Madero (Gobierno Municipal de González, 2005-2007).

La principal corriente hidrográfica es el Río Guayalejo, sirviendo de límite con el Estado de Veracruz. El clima predominante es el subhúmedo con una precipitación en el mes más seco menor de 60 milímetros; La oscilación térmica anual es extremosa y al norte del municipio hay una baja en la precipitación, marcando un clima seco estepario cálido. La temperatura media anual es de 25°C y la precipitación es de 850 mm anuales (Gobierno Municipal de González, 2005-2007).

Clasificación y uso del suelo

En la zona Norte del Municipio se encuentran los suelos de rendzinas y regosoles calcáricos; en la zona suroeste, aledaña a los ríos y lagunas, dominan los fluvisoles en el resto del municipio predominan los vertisoles pélicos y crámicos, de textura fina, arcillosos y pesados; presentan dificultades en su labranza, pero con el manejo adecuado son aptos para una gran variedad de cultivos por su fertilidad; susceptibles a salinizarse si se emplea un uso excesivo de agua (INEGI, 2020). La agricultura ocupa el 28%, 24% está cubierto por pastizales cultivados. El municipio de González cuenta con una topografía plana en su mayoría, permitiendo la agricultura mecanizada y con condiciones climáticas relativamente uniformes. En las actividades económicas, el 44% de la población económicamente activa se dedica a la agricultura (Conde, 2005).

Flora

La flora se debe considerar dividida en tres zonas, la influencia por la cuenca del río Guayalejo, donde predominan sauces, guácima, sabino, orejón, mora, baboso, guayabo silvestre, chijol y frutales; en la región de la Sierra existen grandes bosques de pino, encino, cedro, álamo, chacapalo de arco, laurel, nogal, fresno, cerón y anacua. En la planicie central del terreno menos fértil, predominan huizache, mezquite, crucero, tenaa, cenizo, macahuita y pichihumo (Gobierno Municipal de González, 2005-2007).

2.2. Maíz forrajero

2.2.1. Generalidades

El maíz (*Zea mays*) es el cultivo más importante en México. Además de ser un alimento habitual en la mesa de las familias mexicanas, la planta es un excelente forraje para la crianza de todo tipo de animales rumiantes y especialmente para las vacas lecheras ya que la producción de leche es altamente dependiente de la cantidad de energía que consume (SADER, 2020).

El maíz forrajero es el resultado del mejoramiento y selección genética, actualmente los avances han sido en la generación de híbridos con buen potencial para producir biomasa en hojas, tallos y frutos, lo que se ve reflejada en el rendimiento (Bertoia & Aulicino, 2014). La producción de forrajes es una actividad agrícola fundamental para el desarrollo de la ganadería, especialmente del cultivo del maíz. Esto se debe a que este cultivo se adapta a diferentes regiones del país debido a su diversidad genética (Tucuch. *et al.*, 2011).

Para una buena producción del ensilaje es importante seleccionar los materiales genéticos, donde la madurez influye en el aumento de la digestibilidad de las plantas, por lo tanto es conveniente realizar la cosecha cuando los ejemplares presentan mayor cantidad de granos y contienen la mayor cantidad de energía que incrementa el rendimiento de la leche (Horst *et al.*, 2020).

2.2.2. Fenología

Las plantas como organismos vivos, se consideran aparatos meteorológicos registradores, sensibles a numerosos elementos climáticos. La fenología se encarga de estudiar el orden temporal de las diferentes fases periódicos de las plantas y su relación con el clima y el tiempo atmosférico (Granados y Sarabia 2013).

El maíz, como muchos otros cultivos posee etapas fenológicas desde su germinación hasta la cosecha. Como son las siguientes.

Cuadro 1. Descripción de etapa vegetativa del maíz forrajero

Nombre	Etapas	Características
VE	Germinación y emergencia	Comienzo del crecimiento, la radícula inicia a alongarse. Ocurre emergencia por elongación del mesocótilo que empuja al coleótilo hacia la superficie del suelo.
V1	Primera hoja	
V2	Segunda hoja	
V3	Tercera hoja	El ápice del tallo se encuentra por debajo de la superficie del suelo. Aquí se inician todas las hojas y espigas que la planta podría producir.
V4	Cuarta hoja	
V5	>5 hojas	La formación de hojas y espigas estará completa. La planta presenta una altura promedio de 20 cm.
V10 y V12		La planta comienza una rápida acumulación de materia seca y el número de hileras de cada espiga y el tamaño de la espiga ocurre aquí, en V12. Deficiencias de agua o nutrientes en esta etapa pueden reducir potencialmente el número de granos.
		La planta de maíz representa un promedio de 14 hojas después de la emergencia y 15 hojas a los 2 meses de la misma y está a 10 o 12 días de la etapa de R1. Este estado es el comienzo del periodo más importante en términos de determinación del rendimiento de grano.
VT	Panoja	Se inicia 2 o 3 días antes de la emergencia de barbas, se ha alcanzado la altura final e inicia la liberación de polen.

Cuadro 2. Descripción de etapa reproductiva del maíz forrajero

Nombre	Etapa	Características
R1	Barbas	Es el inicio de barbas visibles fuera de la vaina. Se requiere de 2 a 3 días para que todas las barbas queden expuestas. Inicia la polinización y en este momento se determina el número de óvulos fertilizados. Las mayores reducciones en rendimiento de grano resultaran por efecto de estrés hídrico entre dos semanas antes y 2 semanas después de R1.
R2	Ampollas	Ampolla, aproximadamente 10 a 14 días después de emergencia de barbas. La mazorca está por alcanzar, o ya alcanzó, su tamaño completo. Las barbas empiezan a secarse, el grano presenta 85% de humedad.
R3	Lechoso	Lechoso, 18 a 22 días después de la emergencia de barbas. El grano presenta una rápida acumulación de materia seca y contiene aproximadamente 80% de humedad. El grano es externamente de color amarillo y el fluido interno es blanco lechoso debido a la acumulación de almidón. El rendimiento final depende del número de granos que se desarrolle y del tamaño final o peso de los granos.
R4	Pastoreo	Pastoso, 24 a 28 días después de emergencia de barbas. El embrión ha crecido considerablemente en tamaño. Se ha formado la 5ta hoja embrionaria
R5	Dentado	Dentado, 35 a 40 días después de emergencia de barbas. Los granos se secan comenzando por la parte superior donde aparece una capa dura de almidón blanco. Una deficiencia en esta etapa, reducirá el rendimiento a través del peso del grano. En este estadio, es cuando se recomienda generalmente realizar el ensilaje.
R6	Madurez fisiológica	Madurez fisiológica, 55 a 65 días después de emergencia de barbas. Final de crecimiento del grano. Se forma un punto negro en la zona de inserción del grano a la mazorca. Finalmente, este es el indicador de máxima acumulación de materia seca. El grano aún presenta de un 30 a 35% de humedad.

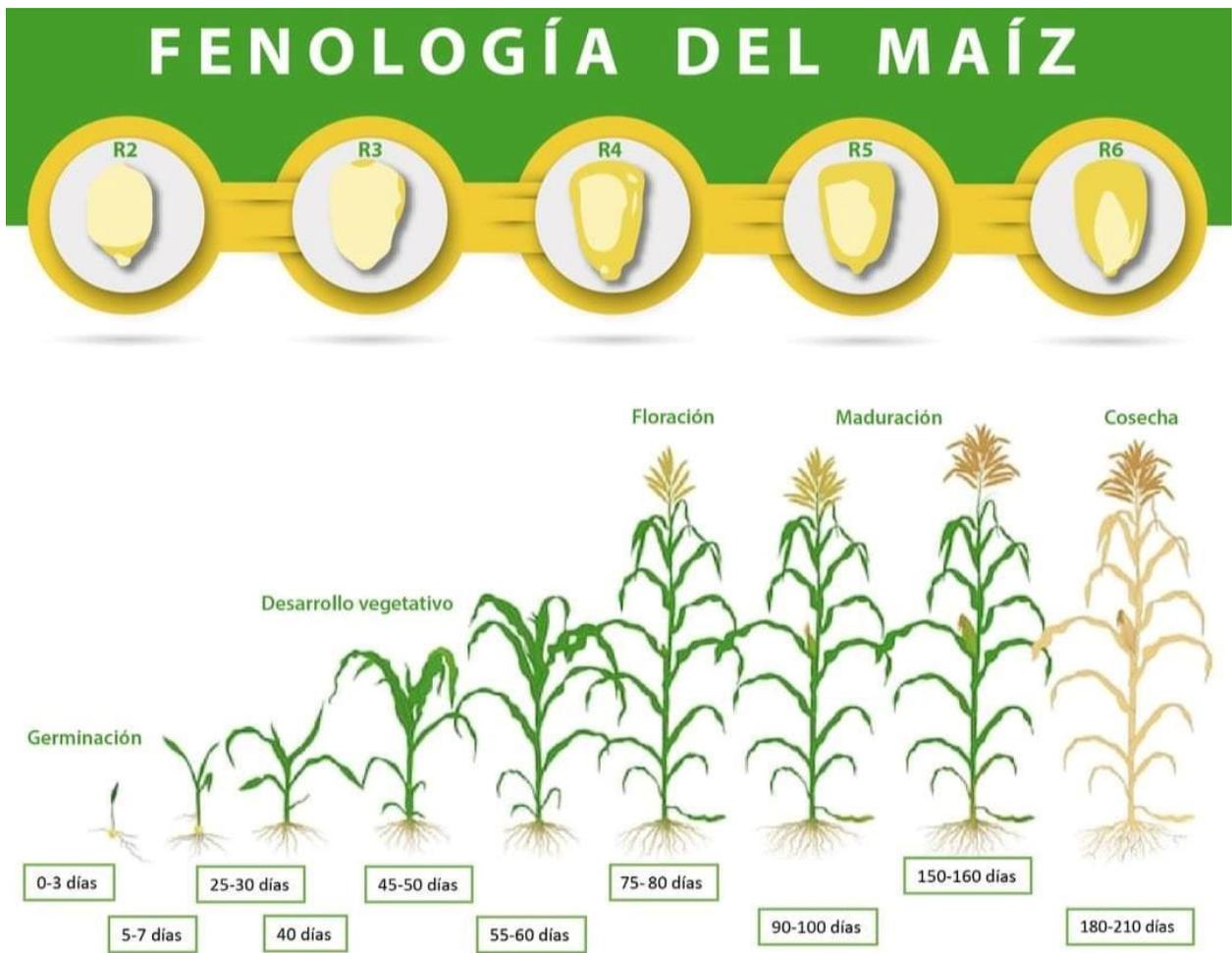


Figura 1. Fenología del maíz forrajero

2.2.3. Forraje para ensilaje

El maíz forrajero es uno de los principales insumos para elaborar un ensilaje, donde con condiciones anaeróbicas permite la actividad de comunidades microbianas, principalmente bacterias, los microorganismos unicelulares arqueas (*Archaea*) que generan el proceso de digestión del ensilaje (Wojcieszak *et al.*, 2017). Los ensilajes de maíz que se producen en México tienen bajo valor energético, con respecto a los que se producen en Estados Unidos y Europa (Núñez *et al.* 2003).

Wong 2021, menciona que el ensilaje ofrece la posibilidad de asegurar alimentos durante épocas de alta producción para conservarlos para su empleo futuro, especialmente en periodos de escasez o simplemente para administrar los recursos disponibles y usarlos durante el resto del año, donde no hay cosecha.

2.2.4. Producción de maíz forrajero

El maíz es el cultivo más empleado como fuente de forraje en los sistemas de producción bovina a través de ensilaje, debido a un alto rendimiento de biomasa área de 35 a 95 toneladas por ha⁻¹ (Somarribas 2007), con alto contenido de carbohidratos (Méndez 2000), los cuales favorecen el proceso fermentativo y su calidad.

El estado de madurez es el factor más importante pues determina la calidad y cantidad de la cosecha, a medida que la planta madura, los granos de la mazorca van almacenando la energía en forma de almidón. La cosecha debe realizarse en el punto de equilibrio entre la energía y la materia seca contra la disminución de la digestibilidad (Fedegan *et al*, 2014).

Cuadro 2. Nutrientes extraídos por maíz forrajero para producir una tonelada de materia seca

Nutriente	Simbología	Cantidad para producir una tonelada (Kg)
Nitrógeno	N	14
Fosforo	P ₂ O ₅	5.6
Potasio	K ₂ O	13.2
Calcio	Ca	3.6
Magnesio	Mg	1.8
Azufre	S	1.8
Fierro	Fe	0.072
Cobre	Cu	0.005
Manganeso	Mn	0.07
Zinc	Zn	0.016
Boro	B	0.08

Son parámetros promedio que el cultivo deberá de tener en absoluta disponibilidad para su mejor expresión.

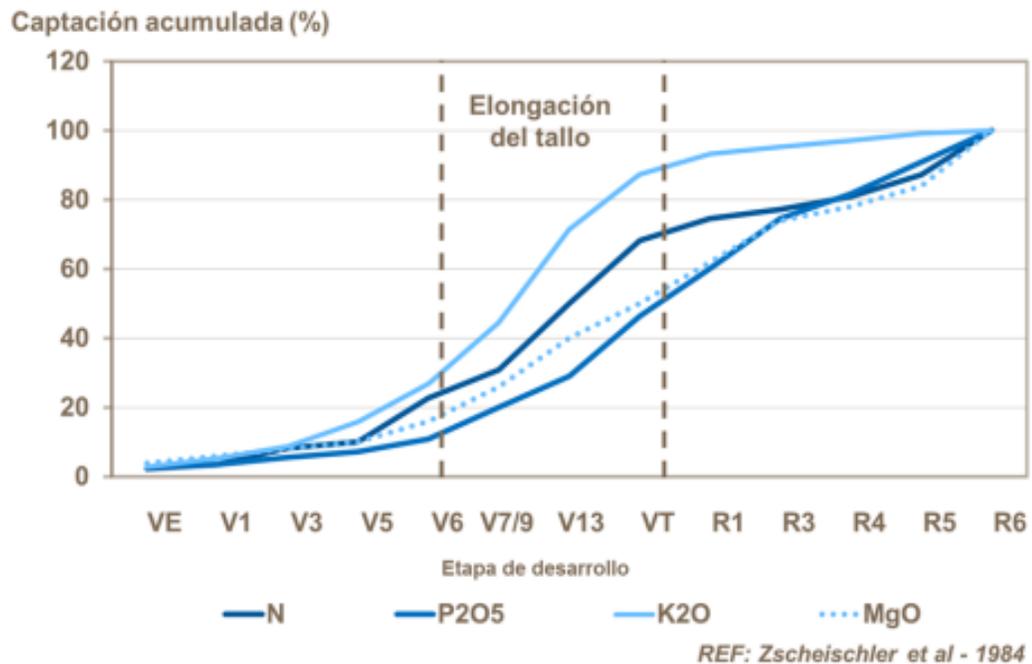


Figura 2. Curva de absorción de macronutrientes en maíz.

En la curva de absorción de macronutrientes como se aprecia en la Figura 2, existe una etapa determinada de mayor absorción nutrimental, por lo que, considerado esto, se deberá cubrir dicha demanda con la adecuada nutrición. Si se llega a provocar algún estrés en estas etapas, el resultado final será en una disminución del número y calidad de granos.

Para Compo, esto es muy importante y, por lo tanto, es prioridad para la elaboración de una excelente propuesta de nutrición. Todos los programas consideran la etapa fisiológica de los cultivos y el tiempo de duración de cada una de ellas, logrando explotar el máximo potencial de rendimiento de los cultivos, además de perseguir el adecuado costo de inversión en la nutrición.

2.3. Paquete tecnológico de maíz forrajero

2.3.1. Generalidades

El paquete tecnológico Compo Expert, es determinante en cada una de las etapas fisiológicas del cultivo, en cada una de ellas ocurren procesos determinantes para su buena cosecha y calidad. Aunado a ello, se otorga gran importancia a la eficiencia de los fertilizantes, brindando la nutrición especializada, con lo que se busca la eficiencia de costos, esto es muy importante y por lo tanto, es prioridad para la elaboración de una excelente propuesta de nutrición. Todos los programas consideran la etapa fisiológica de los cultivos y el tiempo de duración de cada una de ellas.

2.3.2. Paquete tecnológico

Usando el paquete tecnológico denominado Compo Expert Pack Nutrition (CEPN) se puede explotar con mayor precisión el potencial genético de cada variedad. Para esto, se toma en cuenta la realización de un análisis de suelo, la disponibilidad del agua, la variedad a utilizar, el sistema de producción agrícola como el tipo de riego: goteo, rodado, pivote central; entre otros aspectos.

El primer paso para obtener el forraje y realizar el ensilado de alto valor nutritivo y alta producción de materia seca es seleccionar el híbrido o variedad a sembrar. La selección adecuada de los genotipos de maíz forrajero para ensilado se puede obtener de los materiales más sobresalientes en rendimiento de materia seca y principalmente de mayor calidad, ya que existen diferencias entre híbridos de maíz en cuanto a sus contenidos de proteína cruda, fibra y digestibilidad de la materia seca.

2.3.3. Requerimientos bromatológicos

Es importante mencionar que los análisis bromatológicos del maíz para ensilaje deberán por lo menos coincidir o superar los siguientes parámetros.

Cuadro 3.Componentes nutricionales

Componente	Unidad	Rango
Materia Seca	%	32 - 34
Proteína	%	7 - 9
Energía metabolizable	Mcal/kg	2,6 - 2,8
Fibra Detergente Neutro FDN	%	40 - 42
Fibra Detergente Acida FDA	%	24 - 26
Digestibilidad de la FDN	%	68 - 72
Almidón	%	34 - 38
Calcio	%	0,11 - 0,25
Magnesio	%	0,10 - 0,18
Potasio	%	1,00 - 2,25

El ensilado de alta calidad maximizará la capacidad de ingestión y cubrirá las necesidades de la vaca. De lo contrario, solo ocupará espacio en el rumen y habrá que complementar con concentrado la dieta, logrando incrementar los costos para su alimentación diaria. Se consideran cuatro factores nutricionales esenciales, como son, energía, almidón, fibra y digestibilidad de las paredes celulares.

Cuando el maíz alcance el estado de madurez óptimo se debe cosechar, almacenar y compactar rápidamente para que se pueda realizar correctamente el proceso de fermentación. Un adecuado ensilado, deberá limitar la oxigenación del maíz para potenciar su fermentación, que permitirá conservar su valor nutricional. Pudiendo destapar el silo como mínimo, 60 días después de la siembra (dds); teniendo en cuenta que la digestibilidad de la materia seca y almidón van aumentando hasta los seis meses del sellado y que el ácido láctico alcanza su mayor nivel a los cuatro meses.

2.3.4. Programa de fertilización Tecnología Novatec®

El 3,4 Dymethyl Pyrazol Phosphate (3,4 DMPP) es uno de los inhibidores más estudiados en el mundo. Fue desarrollado por BASF en 1995, que luego de largos años de estudio con muchos inhibidores, eligió finalmente a este, 3,4 DMPP debido a su alta

efectividad. Este inhibidor ha sido comercializado mundialmente por Compo Expert desde 1999 (Trenkel, 2010).

3,4 DMPP es relativamente inmóvil en el suelo, por este motivo, no hay pérdidas por lixiviación. Por otro lado, las tasas de aplicación son muy bajas comparados con otros inhibidores de nitrificación ($\pm 1\%$ del $N-NH_4^+$), siendo 16 veces menos la tasa de aplicación de otros inhibidores como Dicianamida (DCD), Trenkel, 2010.

Resulta destacable el uso de la línea Novatec® Solub bajo estas condiciones de suelo, ya que, con su exclusiva tecnología 3,4 DMPP, además de hacer más eficiente el uso del Nitrógeno, genera condiciones de acidez en la solución del suelo, mejorando sustancialmente la asimilación de fosforo fijado en el suelo, haciendo sinergismo el Amonio con el ion Fosfato, así como se aprecia en la siguiente imagen.

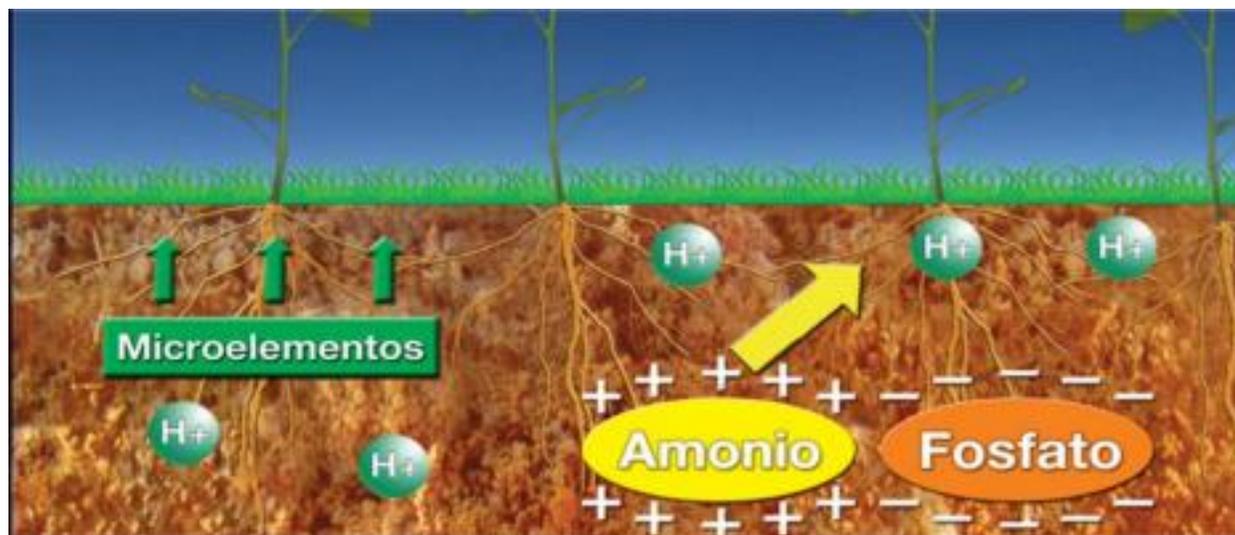


Figura 3. Acción de 3,4 DMPP en el suelo

La absorción preferente de nitratos causa la alcalinización de la rizosfera al ser liberados por la planta en iones OH^- , creando antagonismo con el fosfato y algunos micro elementos impidiendo su absorción. La absorción preferente de amonio, causa la acidificación de la rizosfera al ser liberados por la planta iones H^+ , haciendo sinergia con el fosfato y liberando micro elementos fijados en la solución del suelo por efecto de pH.

La nitrificación es la oxidación biológica de amonio con oxígeno en nitrito, seguido por la oxidación de nitritos en nitratos, es una etapa importante en el ciclo del nitrógeno en los suelos. Este proceso fue descubierto por el microbiólogo ruso Sergei Winogradsky.

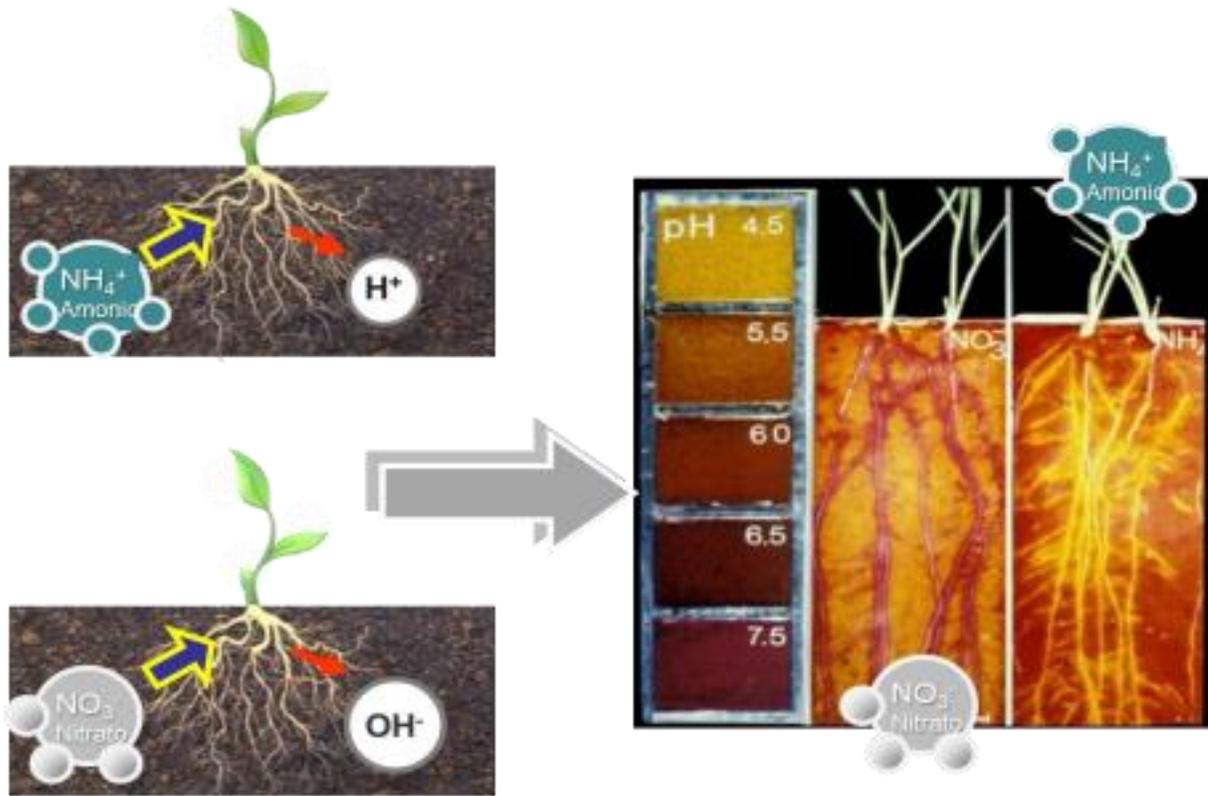


Figura 4. Efecto de acidificación de Rizosfera con Novatec

La oxidación del amonio en nitrito, y la subsecuente oxidación a nitrato es hecha por dos especies de bacterias nitrificantes. La primera etapa la hacen bacterias del género microbiológico Nitrosomonas y Nitrosococcus. La segunda etapa es la oxidación de nitrito a nitrato lo realizan mayormente las bacterias del género Nitrobacter, y en ambas etapas se produce energía que se destina a la síntesis de ATP. Estos microorganismos nitrificantes son quimioautótrofos, y usan dióxido de carbono como su fuente de carbono para crecer.

La molécula de 3,4 DMPP, inhibe la acción hasta por 12 semanas de la bacteria nitrosomonas, manteniendo el nitrógeno en forma amoniacal en el complejo húmico arcilloso del suelo y 100% disponible.

El efecto de mantener por más tiempo una porción del nitrógeno como amonio en el suelo, tiene innumerables beneficios en la planta, tanto desde el punto de vista nutricional, como en la calidad y rendimientos que se puede obtener. Entre los más relevantes están, el ahorro energético que genera en la planta, la mayor absorción de Fósforo y micro elementos metálicos, mayor crecimiento del sistema radicular y con ellos la mayor absorción de agua y nutrientes, y mayor generación de cito quininas.

La asimilación del nitrógeno requiere una serie compleja de reacciones bioquímicas con un alto costo energético. En la asimilación del nitrato (NO_3^-), el nitrógeno del NO_3^- es convertido en una forma de energía superior, nitrito, (NO_2^-), luego en una mayor forma de energía, amonio, (NH_4^+) y finalmente en nitrógeno amídico en la glutamina. Este proceso consume 12 equivalentes de ATPs por molécula de nitrógeno.

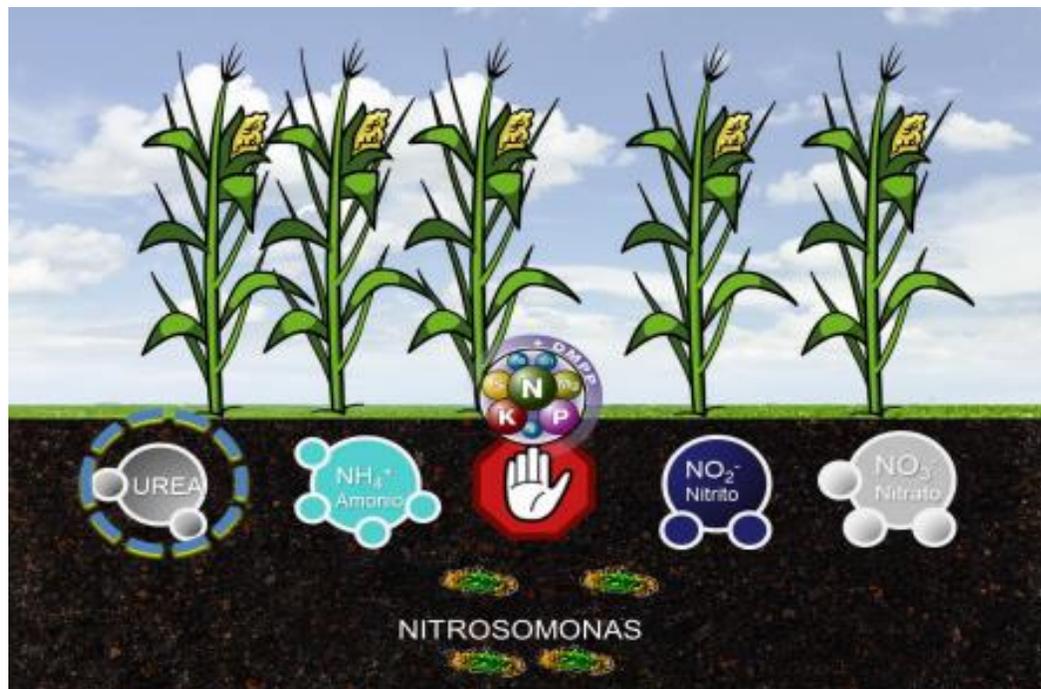


Figura 5. Simulación efecto 3,4 DMPP

Con Novatec® Solub se ahorra este alto costo de energía, misma que la planta podría utilizar en otros procesos fisiológicos, como la formación de más carreras y granos por mazorca, etc.

Otro de los beneficios de la aplicación de Novatec® Solub en el cultivo de maíz, es la alta fijación del amonio (+) en el suelo. Este efecto en el suelo posee carga negativa donde los nitratos (-) quedan suspendidos en la solución del suelo y se mueven fácilmente con el agua generando alta pérdidas por lixiviación. Por lo que Novatec® Solub es la mejor opción para la nutrición del maíz, donde el nitrógeno y fósforo son elementos determinantes para el éxito del cultivo. El nitrógeno es el nutriente más absorbido por las plantas y el principal constituyente de la mayoría de las estructuras vegetales, como también componente esencial de clorofila, enzimas, proteínas. Es por esto que las plantas, en general, responden rápidamente a aplicaciones de N.

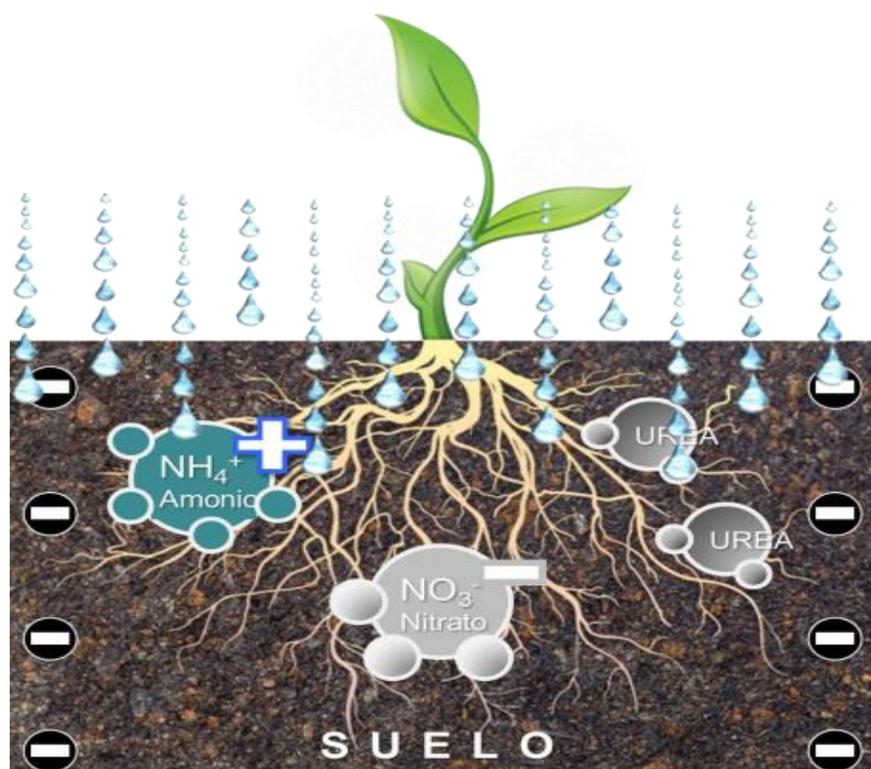


Figura 6.Efecto de lixiviación de Nitratos

Se recomienda realizar enmiendas al suelo como agregar compost o compuestos orgánicos en la preparación del suelo, esto con la finalidad de mejorar estructuralmente el suelo, para permitir mayor eficiencia de la nutrición y aporte de agua. Igual se puede acompañar la nutrición con humus líquido bajo riegos presurizados.

Además del aporte de Nitrógeno y Fosforo de alta eficiencia, Novatec® Solub adiciona micro elementos quelatados en algunas fórmulas especializadas, como las siguientes.

Nitrógeno									
PRODUCTO	Total	Amoniacal	Nitríco	Fósforo (P ₂ O ₅)	Azufre (S)	CE en mS/cm a 20 °C 1.0 g/L	pH en una solución al 10%	Solubilidad a 20 °C g/L	Peso molecular
Novatec® Solub 21	21	21	-	-	23	2.34	3.7	750	132
Novatec® Solub 45	45	45	-	-	-	0.1	5.8	1330	60
Novatec® Solub 14-48	14	14	-	48	5	1.3	4	380	115



Figura 7. Fórmulas de Novatec® Solub

En la Línea Novatec®, se cuenta con fórmulas 100% solubles y de disponibilidad inmediata, en base a la calidad química de los suelos, se podrá disponer de Novatec® Solub 21 o Novatec® Solub 45. El único inhibidor de la nitrificación en México es el DMPP

Principales efectos:

- Disponibilidad de nitrógeno en forma de amonio por más tiempo. · Proceso de nitrificación más lento.
- Barrera física sobre la ureasa del suelo.
- Acidificación del área radicular.
- Mayor eficiencia del nitrógeno.
- Sinergia química con el fosforo.
- Liberación de ME fijados al suelo por efecto de pH.

- Alta concentración de Nitrógeno.

2.3.5. Ensilaje

El ensilaje es la fermentación anaerobia de carbohidratos solubles que se encuentran en forrajes para generar ácido láctico. Dicho proceso permite que los alimentos sean almacenados en tiempos de cosecha manteniendo calidad y palatabilidad, lo cual posibilita aumentar la carga animal por hectárea y remplazar o complementar concentrados. (Ruiz *et. al.*, 2004).

Así mismo, Ledezma (2018) menciona que el ensilaje es la técnica de conservación anaeróbica, donde los productos de la fermentación inhiben el crecimiento de microorganismos degradadores de la materia orgánica, permite conservar el forraje original con variación en su calidad nutritiva). La calidad de un ensilaje depende de dos factores: de la eficiencia del proceso y de las características del forraje que favorecen la obtención de un producto de buena calidad (Martínez, 2003).

Su finalidad como método de conservación, es preservar los forrajes con un mínimo de pérdida de materia seca y de nutrientes, y que siga siendo apetecible para el ganado y sin que se produzcan durante el proceso, sustancias tóxicas para la salud animal (Martínez *et. al.*, 2014)

Las fermentaciones secundarias son procesos bacterianos indeseables y que es preciso minimizar, donde la fermentación butírica es peligrosa, producida por bacterias que se desarrollan entre 20-40 °C. El incremento de amoníaco generado por esas bacterias tiende a favorecer la proliferación de especies del género *Bacillus*, que generan aún más amoníaco y algunos microorganismos nocivos que fermentan el alimento almacenado.

Uno de los factores más importantes que influyen en la calidad del ensilaje del maíz es su contenido de humedad en la época de la cosecha. En forma ideal, el ensilaje del maíz se debe cosechar cuando el contenido de humedad sea el apropiado para el

tipo de silo utilizado con contenidos de humedad recomendados de 65-70 % para los silos horizontales, 63-68 % para los silos convencionales de torre, 55-60 % para los silos de oxígeno limitado y 65 % para las bolsas de ensilaje.

La producción de materia seca cosechada se maximiza con cerca del 65 % de humedad y las pérdidas se minimizan durante la alimentación, el almacenaje, y la cosecha. El retraso en la cosecha puede reducir la digestibilidad de la fibra y del almidón ya que el rastrojo se lignifica y los granos maduros se hacen duros y menos digestibles si pasan intactos después de ensilar. La humedad del ensilaje a la cosecha debe ser monitoreada, para prevenir cosechar fuera del rango de humedad deseado. El contenido de humedad no se puede determinar exactamente usando la línea de la leche del grano, debido a la variación del tiempo y los híbridos.

En general, los valores de pH de los ensilajes de maíz deben estar en un rango de entre 3.5 a 4, los niveles de ácido láctico deben estar en un rango entre 4-6 %, el ácido acético en menos de 2%, el ácido propionico 0-1 %, y el butírico en menos de 0.1 %. los niveles de amoniaco deben ser de menos del 5 %. G.W. Roth y A. J. Heindrichs 2016

Otros factores que se pueden utilizar para evaluar el ensilaje son: temperatura, el olor, y el aspecto del ensilaje, generalmente las temperaturas del ensilaje deben estar de 7° a 10° C menor que la temperatura ambiente. Si hay temperaturas más altas indican que el oxígeno está penetrando en el ensilaje y daría como resultado la descomposición aerobia. G.W. Roth y A. J. Heindrichs 2016

El ensilaje tampoco debe tener un olor añejo, esto está asociado a una fermentación clostridial en ensilajes muy húmedos. El olor a vinagre se puede asociar también a los ensilajes muy húmedos, que tienen altos niveles de ácido acético. Un olor a alcohol se asocia a la fermentación por levaduras, como resultado de un llenado lento ocasionando una penetración de aire en las superficies del ensilaje.

No debe tener mohos visibles, esto nos indica a menudo altos contenidos de materia seca o una pobre compactación y una mala práctica de sellado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del área de estudio

El trabajo de establecimiento del cultivo de maíz forrajero se realizó en el Rancho La Estrella, localizado en el municipio de González, Estado de Tamaulipas. Se ubica en las coordenadas 22°36'40.3" N y 98°35'42.4" O con una altitud media de 304 m. s. n. m.



Figura 8. Ubicación del Rancho La Estrella

3.2. Siembra y desarrollo del cultivo.

Se estableció la siembra en el mes de marzo, a la vez, se incorporó la fertilización de fondo con Blaukorn Classic, depositando 200 kg/Ha. Se estableció la variedad de maíz forrajero Salamandra de la empresa Asgrow, con una densidad de 95,000 a 110,000 semillas por hectárea.

Se aplicó el riego usando un sistema de pivote central, se llevó un buen control de los riegos, en ese momento se aplicó la nutrición del cultivo en la aplicación del riego. Dependiendo de la etapa fenológica, se considera la dosificación de los fertilizantes. A la par de la nutrición soluble, se incorporaron dos aplicaciones foliares, mismas que en su formulación estaban compuestas por N P K y ME. Se buscó obtener una mejor respuesta sobre la calidad del cultivo, con mayor énfasis en la aplicación de Zinc.

No se presentaron inconvenientes fuertes que reportar para el desarrollo del cultivo, solo un poco de temperaturas altas durante floración. Se dio manejo sanitario oportuno, así como el manejo de malezas.

3.3. Análisis

Análisis foliar

El objetivo del análisis vegetal fue cuantificar analíticamente el contenido de nutrimentos en el tejido analizado después de haber sido secado, molido y digerido. La selección de la parte de la planta para su análisis nutrimental es muy importante y un criterio comúnmente utilizado con bases científicas es seleccionar tejidos fisiológicamente maduros, ya que estos presentan la concentración máxima de nutrimentos que puede acumular la planta.

Como apoyo contundente para corroborar el efecto de la nutrición, se realizó un muestreo foliar del cultivo. Mismo que fue tomado de la primera hoja mostrando vaina.



Figura 9.Selección de la muestra para análisis foliar

Para el caso del análisis de macro y micronutrientes, el laboratorio asignado fue Phytomonitor, donde el análisis requerido fue el más completo con respecto a la concentración nutrimental foliar. Partiendo de esto, se realiza la comparación de las concentraciones mínimas y máximas del cultivo para la etapa de desarrollo.

Finalmente se realizó la aplicación de nutrientes foliar, con N P K y micro elementos, elevando la concentración de K con respecto a los demás elementos, esto con el objetivo de favorecer más el llenado de las mazorcas y aumentar el peso específico de grano.



Figura 10.Fertilizante utilizado y análisis de contenido

Con los resultados del laboratorio, se hizo la interpretación comparando los valores de análisis con la tabla de interpretación de los resultados del análisis los cuales se expresan en unidades de % para los macronutrientes y elementos secundarios como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre; y en mg/kg o ppm para micronutrientes como hierro, cobre, zinc, manganeso, boro, molibdeno y cloro.

Cuadro 4. Contenido de nutrientes en la hoja debajo de la mazorca de maíz en inicio de floración femenina (Jones1967)

Elemento		Deficiencia	Bajo	Suficiente	Alto	Excesivo
Nitrógeno	%	<2.45	2.45-2.75	2.76-3.50	3.51-3.75	>3.75
Fosforo	%	<0.15	0.16-0.24	0.25-0.40	0.41-0.50	>0.50
Potasio	%	<1.25	1.26-1.70	1.71-2.25	2.26-2.50	>2.50
Calcio	%	<0.10	0.11-0.20	0.21-0.40	0.41-0.90	>0.90
Magnesio	%	<0.10	0.11-0.20	0.21-0.40	0.41-0.55	>0.55
Azufre	%	<0.10	0.11-0.20	0.21-0.40	0.41-0.40	>0.50
Boro	Mg/Kg	<2	3-5	6-25	26-35	>35
Magnesio	Mg/Kg	<15	16-19	20-150	151-200	>200
Hierro	Mg/Kg	<10	10-20	21-250	251-350	>350
Cobre	Mg/Kg	<2	3-5	6-20	20-50	>50
Zinc	Mg/Kg	<10	11-20	21-70	71-100	>100
Molibdeno	Mg/Kg			0.6-1		

3.4. Cosecha

Se realizó en el mes de septiembre, se considera que los factores más importantes que influyen en la calidad del ensilaje del maíz, es su contenido de humedad en la época de la cosecha, se cortó el material, se trasladó al área seleccionada para su llenado y se cubrió con plásticos, eliminando todo el aire.

Pasadas entre 10 y 12 semanas de cubierto el silo, se procedió al destape del mismo, para usarse como alimento, esto se hizo sobre la primera quincena de diciembre, momento en el cual se tomó la muestra de silo para su análisis.



Figura 11. Aspecto del silo de maíz forrajero

La muestra de ensilaje se llevó para su análisis al laboratorio especializado de FOGASA, ubicado en Aguascalientes.



Figura 12.Aspecto de la muestra utilizada del material ensilado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron rendimientos promedio de 52 toneladas por hectárea, el material vegetal presentaba alta humedad al momento de la cosecha, situación que afectó ligeramente el porcentaje (%) de materia seca total a la hora de realizar el análisis bromatológico



Figura 13.Proceso de cosecha de maíz forrajero



Figura 14.Area de concentración y compactación de ensilaje

De acuerdo con los resultados del análisis realizado, en el Cuadro 4, se aprecia que se está dentro de los parámetros del cultivo. A pesar de que el programa de nutrición

llevado a cabo no contempla la aplicación directa de fuentes de calcio, el resultado muestra niveles adecuados del mismo. Esto se debe a que se está trabajando en suelos calcáreos, aunado a la aplicación de la tecnología Novatec con su alto poder de reacción acida en el suelo, logra poner en solución fuentes como el Calcio, Fósforo y micro elementos principalmente.



Figura 15.Equipo utilizado en el proceso de cosecha

Cuadro 5. Resultados análisis foliar Phytomonitor Maíz variedad Salamandra

Nutriente		Contenido ppm	Porcentaje%
Nitrógeno	N		2.7
Fósforo	P ₂ O ₅	1600	0.16
Potasio	K ₂ O	14300	1.43
Calcio	Ca	6500	0.65
Magnesio	Mg	1600	0.16
Azufre	S	1320	0.13
Fierro	Fe	128	0.01
Cobre	Cu	13	0
Manganeso	Mn	66	0
Zinc	Zn	46	0
Boro	B	20	0

Aquí se muestra el resultado del análisis bromatológico donde el porcentaje de materia seca fue bajo, ocasionado por el alto contenido de humedad y que los ejemplares de maíz se encontraban en un estado vegetativo al momento de la cosecha y posterior almacenamiento.

Cuadro 6. Resultado análisis Bromatológico del ensilado de maíz variedad Salamandra

Componente	Unidad	Resultado	Rango
Materia seca	%	22.8	32 - 34
Proteína	%	9.2	7 - 9
Energía metabolizable	Mcal/kg	2.51	2,6 - 2,8
Fibra Detergente Neutro FDN	%	47.8	40 - 42
Fibra Detergente Acida FDA	%	30.5	24 - 26
Digestibilidad de la FDN	%	55	68 - 72
Almidón	%	21.4	34 - 38
Calcio	%	0.28	0,11 - 0,25
Magnesio	%	0.18	0,10 - 0,18
Potasio	%	1.62	1,00 - 2,25

De acuerdo con lo anterior, el ensilaje presentó un contenido bajo de materia seca, Energía metabolizable, Digestibilidad de la FDN y Almidón, mientras que el contenido de proteína fue mayor con 9.2%, además de Fibra Detergente Neutro FDN, con contenidos mayor de calcio.

V. CONCLUSIONES

La tecnología actual y la innovación tecnológica en fertilizantes es una alternativa para mejorar los sistemas de producción agrícola, la tecnología Novatec es una opción para la nutrición en el cultivo de maíz, a ser el nitrógeno y fósforo, elementos determinantes para el éxito del cultivo. El nitrógeno es el nutriente más absorbido por las plantas y el principal constituyente de la mayoría de las estructuras vegetales, como también componente esencial de clorofila, enzimas, proteínas. Es por esto que las plantas, en general, responden rápidamente a aplicaciones de N.

Los fertilizantes utilizados en esta investigación contienen nitrógeno amoniacal más el DMPP (3,4 Dimethyl Pyrazol Phosphate), esta molécula nos permite estabilizar el nitrógeno y disponer de nitrógeno por más tiempo, que puede ser de hasta 6 meses si está en las condiciones adecuadas.

Los datos aportados por esta investigación muestran un buen desempeño de los fertilizantes utilizados, ya que el productor tenía un rendimiento de 38 a 40 Ton/Ha como máximo, gracias a este trabajo se pudo alcanzar un rendimiento de 52 Ton/Ha, el tratamiento empleado con este productor impactó en un 20% esto demuestra, que esta variedad Salamandra tiene el potencial para incrementar el rendimiento y cualidades para su uso en el ensilaje.

VI. LITERATURA CITADA

- Bertoia, L. M., & Aulicino, M. B. (2014). Maize forage aptitude: Combining ability of inbred lines and stability of hybrids. *Crop Journal*, 2(6). <https://doi.org/10.1016/j.cj.2014.07.002>
- CATCHPOOLE, V.R., y HENZELL, E.F. Silage and silage-making from tropical herbage species. En: *Herbage Abstracts*. Vol. 41 (1971); P. 213-221.
- Conde, C. 2005. El clima del sur de Tamaulipas: Aspectos generales. Presentación en el Taller final del proyecto AIACC LA29 en Tamaulipas. 6 de mayo, 2005. Universidad Autónoma de Tamaulipas
- Granados Ramírez, Rebeca, & Sarabia Rodríguez, Asael Alejandro. (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(3), 435-446. Recuperado en 05 de septiembre de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000300008&lng=es&tlng=es
- Horst, E. H., López, S., Neumann, M., Giráldez, F. J., & Junior, V. H. B. (2020). Effects of hybrid and grain maturity stage on the ruminal degradation and the nutritive value of maize forage for silage. *Agriculture (Switzerland)*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/agriculture10070251>
- Huang, X., Shi, B., Wang, S., Yin, C., & Fang, L. (2021). Mitigating environmental impacts of milk production via integrated maize silage planting and dairy cow breeding system: A case study in China. *Journal of Cleaner Production*, 309. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127343>
- INEGI, 2020, Censo de población y vivienda. <https://cuentame.inegi.org.mx/default.aspx>
- Gobierno Municipal de González, 2005-2007. <http://www.gonzalez.gob.mx/>
- Jones, J.B. 1967. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. In *Soil testing and plant analysis*, Part 11, Plant Analysis, SSSA Special Publication No. 2, Soil Science Society of America, Madison. P- 49-58.
- Khan, N. A., Yu, P., Ali, M., Cone, J. W., & Hendriks, W. H. (2015). Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. In *Journal of the Science*

of Food and Agriculture (Vol. 95, Issue 2). <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>

Ledezma, W. S. (2018). Potencial de los forrajes para producir ensilaje de calidad. *Alcances Tecnológicos*, 49.

Martínez, A. 2003. Ensilabilidad de especies pratenses en Asturias y su interacción con el uso de aditivos. Tesis Ph.D. Oviedo, España. Universidad de Oviedo. 450 p.

Martínez-Fernández, A., Argamentería-Gutiérrez, A. y De la Roza-Delgado, B. (2014). Manejo de forrajes para ensilar. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentaria. Recuperado el 05 de septiembre de 2022 de <http://www.serida.org/pdfs/6079.pdf>

MÉNDEZ M. 2000. Aprendamos sobre ensilajes. Núcleo de formación y servicios tecnológicos agropecuarios Subsector Zootecnia. Instituto Nacional de Aprendizaje (INA). Editorial INA. San José, Costa Rica. p. 1-10.

Nelson, W.L. 1989. Plant and Tissue testing principles relating to identification of nutrient deficiencias. In *Detecting Mineral Nutrient Deficiencies in Tropical and Temperate Crops*, ed. por D.L. Plucknett y H.B. Sprague, Westview Press Inc, Colorado, USA. p. 23-40.

Núñez, H.G., Contreras, E.F. & Faz, R. 2003. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Tec. Pec. Méx.* 41:37

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural SADER (07 de septiembre 2020). Maiz forrajero, también es maíz. Recuperado el 05 de septiembre de 2022): <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-forrajero-tambien-es-maiz>

Ruíz, Santiago, & Berrio, Lorena, & Builes, Andrés Felipe, & Serna, Juan Guillermo, & Garcés, Adelaida María (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(1),66-71. [fecha de Consulta 5 de Septiembre de 2022]. ISSN: 1794-4449. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69511010>

Somarribas M. 2007. Efecto de diferentes densidades de maíz y diferentes agotamientos del agua disponible en el suelo sobre la producción de forraje de maíz asociado con

- mucuna. Tesis de maestría. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 90 p
- Tucuch-Cauich, Carlos Alejandro, Rodríguez-Herrera, Sergio Alfredo, Reyes-Valdés, Manuel Humberto, Pat-Fernández, Juan Manuel, Tucuch-Cauich, Fulgencio Martín, & Córdova-Orellana, Hugo Salvador. (2011). Índices de selección para producción de maíz forrajero. *Agronomía Mesoamericana*, 22(1), 123-132. Retrieved September 04, 2022, from
- Valencia-Castillo, A., Hernández-Beltrán, A., López de Buen, L. (2011). El ensilaje: ¿Qué es y para que sirve?. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana*. 24(2). Recuperado el 07 de septiembre de 2022. <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num2/articulos/ensilaje/>
- Villegas Hurtado, J. B., & Trujillo Acevedo, J. M. 2014. Herramientas para mejorar la producción y calidad de los ensilajes de maíz en Colombia (No. PDF 1007)).
- WILKINS, R.J. et al. The future role of silage in sustainable animal production. En: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE; SILAGE PRODUCTION IN RELATION TO ANIMAL PERFORMANCE, ANIMAL HEALTH, MEAT AND MILK QUALITY. (12^o: 1999: Uppsala). 12th Proceedings of the International Silage Conference. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 1999. p. 23-35.
- Wojcieszak, M., Pyzik, A., Poszytek, K., Krawczyk, P. S., Sobczak, A., Lipinski, L., Roubinek, O., Palige, J., Sklodowska, A., & Drewniak, L. (2017). Adaptation of methanogenic inocula to anaerobic digestion of maize silage. *Frontiers in Microbiology*, 8(SEP). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01881>.
- . <http://www.agribiotech.com.mx/test/wp-content/uploads/2016/01/Ensilaje-de-Maiz-Traduccion.pdf>

VII. ANEXOS.