

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**Evaluación bromatológica del FVH durante su crecimiento**

**POR**

**Sergio Eduardo Sanz Reyes**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TITULO DE:**

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México

Febrero, 2023

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MEDICO VETERINARIAS  
Evaluación bromatológica del FVH durante su crecimiento

Por:

Sergio Eduardo Sanz Reyes

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito  
parcial para obtener el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

Dr. Fernando Ulises Adame de León

Presidente

Dra. Olivia García Morales

Vocal

Dra. Guadalupe Sánchez Loera

Vocal

Lic. Isidro Pérez Esparza

Vocal Suplente

MC. JOSE LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS

Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón Coahuila, México

Febrero, 2023



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MEDICO VETERINARIAS  
Evaluación bromatológica del FVH durante su crecimiento

Por:

Sergio Eduardo Sanz Reyes

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el comité de asesoría

Dr. Fernando Ulises Adame de León

Asesor Principal



---

Dra. Olivia García Morales

Coasesor



---

Dra. Guadalupe Sánchez Loera

Coasesor



---

MC. JOSE LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS

Coordinador De La División Regional De Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México

Febrero, 2023

## **Agradecimientos**

### **A mi Alma Terra Mater Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro:**

Por haberme guiado durante estos 5 años de carrera y aun después de haber egresado y haberme formado como persona y profesionista, por haber puesto en mi camino a personas maravillosas que hoy se convirtieron en parte de mi familia, gracias a ti me llevo un gran número de hermosos recuerdos, lecciones, y conocimientos que dieron un cambio a mi vida y hoy me hace ser orgullosamente Buitre.

### **Al Dr. Fernando Ulises Adame de León**

Por su apoyo, asesoramiento, tiempo y confianza brindada durante el desarrollo de este trabajo y a lo largo de toda mi carrera, gracias por todo.

### **A mi familia y amigos**

Por haber estado a mi lado durante todo este proceso y volver de esta vida grandiosa.

# Dedicatorias

## **A mi familia**

A mis tíos Judith Guadalupe Reyes Juárez, Luis Alfonso Reyes Juárez, David Alejandro Reyes Juárez así como a sus familias por haberme apoyado incondicionalmente en un paso tan importante en mi vida

A mi tía Ma. Adela Sanz Carrillo y mi primo Arturo Benito Díaz Sanz por cuidarme y ayudarme en momentos difíciles.

## **A mis amigos**

Mis amigos de toda la vida “Los Mr” sobre todo a mi mejor amigo Diego Martínez Gonzales, quienes siempre estuvieron ahí, me apoyaron y confiaron en mí pese a la distancia y quienes me enseñaron lecciones de vida importantes que hoy me hacen ser quien soy.

A María Guadalupe Martínez Vázquez y a Janice Marie Sheppard Rey por volverse parte de mi familia y caminar conmigo estos últimos escalones y permitirme llegar hasta donde hoy estoy, por creer en mí y apoyarme y regalarme momentos tan especiales y únicos.

Al “Club de Fracados” Xavier Arturo Makushoy Peinado, Diego Alberto Monreal Martínez y Nadia Valeria Parra García quienes llegaron sin previo aviso y en un periodo de tiempo muy corto se convirtieron en personas esenciales para mí con quienes comparto momentos y experiencias únicas e inigualables que me devolvieron la chispa para conseguir mis metas.

A Francisco Javier Cruz Jiménez y a Luisa Fernanda Navarro Gómez por haber caminado a mi lado durante todos estos años de universidad y crecido junto a mi mostrándome lo que realmente significa ser un veterinario.

### **A mi padre**

Quien a pesar de la adversidad y las dificultades que hemos pasado siempre ha estado ahí en las buenas y las malas, me ha enseñado que el camino puede ser difícil y confuso, pero jamás imposible y que no importa que depare el futuro siempre vale la pena esforzarse por lo que uno quiere.

### **Pero sobre todo quiero agradecer a 4 personas**

#### **Javier Iván Peinado García**

Quien me mostro el verdadero significado de la amistad, pese a mis carencias me apoyo y me enseñó a salir adelante incluso en los momentos más difíciles, quien más que un amigo se convirtió en un hermano y un maestro de vida para mí.

#### **Adriana Sofía Sánchez Estrada**

Quien llegó en el momento más oscuro de mi vida, ilumino mi camino a partir de ese momento y ha caminado a mi lado desde entonces, quien me lleno de fuerza y motivación para salir adelante cuando todo parecía no tener sentido y me enseñó a

crecer. Quien ha creído en mi incluso cuando yo no lo hacía y vio en mi un gigante que hoy se llegará a ser.

### **Edith Elisa Reyes Juárez**

A mi madre quien saco la fuerza donde no la tiene para poder llegar hasta aquí, quien desafió la lógica e hizo lo imposible para vernos tener éxito a mi hermano y a mí, quien me crio y me enseñó todas aquellas lecciones y valores que me forjaron y hoy me convierten en quien soy, a quien le debo todo en esta vida y a quien agradezco de todo corazón. Doy gracias por haber tenido la suerte de tener por madre a la persona más maravillosa y especial de este mundo.

### **Carlos Gabriel Sanz Reyes**

Pero sobre todo quiero agradecer a mi hermano, mi cómplice de toda la vida y mi más grande admiración, quien me vio crecer más de cerca y vivió a mi lado cada etapa de mi vida, quien me cuidó incluso cuando pasaba por sus peores momentos y me conoce mejor que nadie. Quien incluso en los tiempos más difíciles y confusos se ha mantenido firme en su resolución y se ha abierto su propio camino en este mundo. Aquella persona que salió del molde y me enseñó que no necesito caminar como todos los demás para tener éxito en mi vida y para ser alguien digno de ser admirado. Gracias por apoyarme, permanecer a mi lado y enseñarme a vivir la vida y ser el mejor hermano que alguien podría tener.

# ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS:.....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICAS: .....	viii
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
General:.....	2
Específicos: .....	2
HIPOTESIS: .....	2
Revisión de literatura .....	3
Forraje:.....	3
Forraje verde hidropónico:.....	3
Antecedentes del Forraje Verde Hidropónico:.....	4
Uso sustentable:.....	6
Eficiencia en el uso del espacio:.....	6
Eficiencia en el tiempo de producción:.....	6
Inocuidad:.....	7
Calidad del forraje para los animales: .....	7
Costos de producción: .....	8
Inconvenientes: .....	8
Costos de instalación: .....	9
Bajo contenido de materia seca:.....	9
Características nutricionales del Forraje Verde Hidropónico:.....	9
Fibra detergente Neutro y Fibra detergente ácido: .....	11
Maíz:.....	12
Composición nutricional del maíz:.....	12
Avena: .....	13
Trigo: .....	16
Sorgo:.....	18
Materiales y Métodos: .....	19
Selección de la semilla:.....	20
Desinfección y extendido de la semilla:.....	20



<b>Diseño experimental:</b> .....	21
<b>Irrigación de los cultivos:</b> .....	21
<b>Extracción de muestras:</b> .....	21
<b>Obtención de resultados de Materia Seca (MS):</b> .....	22
<b>Obtención de Proteína Cruda (PC):</b> .....	23
<b>Digestión:</b> .....	23
<b>Destilación:</b> .....	24
<b>Titulación:</b> .....	24
<b>Resultados y discusión:</b> .....	25
<b>Contenido de Materia Seca</b> .....	25
<b>Resultados obtenidos para proteína cruda (PC):</b> .....	46
<b>Fibra detergente ácido y fibra detergente neutro:</b> .....	52
<b>Discusión:</b> .....	56
<b>Literatura Citada:</b> .....	58

## ÍNDICE DE CUADROS:

Cuadro 1: Cuadro comparativo de los valores nutricionales del maíz alrededor del mundo .....	13
Cuadro 2: Tabla Nutricional de la avena (100g) .....	14
Cuadro 3: Comparación nutricional de la avena con otros granos y subproductos usados de manera común .....	15
Cuadro 4: Composición química de las diferentes partes del grano de trigo, en % sobre materia seca (Shollenberger y Jeager, 1943, citado por Salas, 2016). .....	17
Cuadro 5: Valor nutritivo de los granos de cereales (por 100 gramos) (INCAP, 2015) .....	17
Cuadro 6: Composición promedio de los principales constituyentes del Sorgo en comparación a otros granos utilizados comúnmente (Domanski et al., 1997) .....	18
Cuadro 7: Resultado de Materia Seca de avena a 65°, 105° C y su valor promedio .....	26
Cuadro 8: Resultado de Materia Seca Sorgo a 65°, 105° C y su valor promedio. ..	27
Cuadro 9: Resultado de Materia Seca maíz a 65°, 105° C y su valor promedio. ..	29
Cuadro 10: Resultado de Materia Seca trigo a 65°, 105° C y su valor promedio. ..	30
Cuadro 11: Resultado de proteína cruda de los forrajes. ....	46
Cuadro 12: Resultados de fibra detergente neutra de los forrajes. ....	53
Cuadro 13: Resultados de fibra detergente acida de los forrajes. ....	55

## ÍNDICE DE GRÁFICAS:

Grafica 1: Representación en barras de los valores de materia seca de avena a 65° y 105° C. ....	32
Grafica 2: Representación lineal de los valores de materia seca de avena a 65° y 105° C. ....	32
Grafica 3: Representación en barras de los valores de materia seca de sorgo a 65° y 105° C. ....	33
Grafica 4: Representación lineal de los valores de materia seca de sorgo a 65° y 105° C. ....	33
Grafica 5: Representación en barras de los valores de materia seca de maíz a 65° y 105° C. ....	34
Grafica 6: Representación lineal de los valores de materia seca de maíz a 65° y 105° C. ....	34
Grafica 7: Representación en barras de los valores de materia seca de trigo a 65° y 105° ....	35
Grafica 8: Representación lineal de los valores de materia seca de trigo a 65° y 105° C. ....	35
Grafica 9: Representación en barras de los valores de materia seca promedio en los forrajes.....	37
Grafica 10: Representación lineal de los valores de materia seca promedio de los forrajes. ....	37
Grafica 11; Representación en barras de los valores de materia seca de los forrajes a 65° C. ....	38
Grafica 12: Representación lineal de los valores de materia seca de los forrajes a 65° C. ....	39
Grafica 13: Representación en barras de los valores de materia seca de los forrajes a 105° C. ....	40
Grafica 14: Representación lineal de los valores de materia seca de los forrajes a 105° C. ....	40
Grafica 15: Grafica comparativa entre la MS de la avena y el sorgo.....	41
Grafica 16: Grafica comparativa entre la MS de la avena y el maíz. ....	42

Grafica 17: Grafica comparativa entre la MS de la avena y el trigo.....	43
Grafica 18: Grafica comparativa entre la MS del sorgo y el maíz.....	44
Grafica 19: Grafica comparativa entre la MS del sorgo y el trigo. ....	45
Grafica 20: Grafica comparativa entre la MS del maíz y el trigo.....	45
Grafica 21: Representación en barras de los valores de proteína cruda de los forrajes. ....	47
Grafica 22: Representación lineal de los valores de proteína cruda de los forrajes. .....	48
Grafica 23: Comparativa lineal entre los valores de PC de la avena y el trigo. ....	49
Grafica 24: Comparativa lineal entre los valores de PC de la avena y el sorgo. ...	49
Grafica 25: Comparativa lineal entre los valores de PC de la avena y el maíz. ....	50
Grafica 26: Comparativa lineal entre los valores de PC del trigo y el sorgo.....	51
Grafica 27: Comparativa lineal entre los valores de PC del trigo y el maíz. ....	51
Grafica 28: Comparativa lineal entre los valores de PC del sorgo y el maíz. ....	52
Grafica 29: Representación en barras entre las diferencias de porcentaje de fibra detergente neutra entre los diferentes forrajes.....	54
Grafica 30: Representación lineal entre la diferencia de porcentaje de FDN entre los diferentes forrajes. ....	54
Grafica 31: Representación en barra de la diferencia de porcentaje de FDA entre los diferentes forrajes. ....	55
Grafica 32: Representación lineal de la diferencia de porcentaje de FDA entre los diferentes forrajes.....	56

## RESUMEN

La presencia constante de sequía en el Norte de México, obliga a buscar alternativas de alimentación de bajo costo, fácil manejo y resultados oportunos. Una alternativa viable la constituye el uso de forraje verde hidropónico (FVH), el cual consiste en la germinación de semillas y su posterior crecimiento, bajo condiciones ambientales controladas, en ausencia de suelo (Rotar, 2004).

A su vez, la fertilización foliar de estos cultivos permite una aportación inmediata y eficaz de macro-elementos que permite corregir problemas de carencia o bien mejorar el estado nutricional del cultivo. Esto se traduce rápidamente en una mejor nutrición y consecuente ganancia de peso en el ganado alimentado con tales productos.

Debido a su alto nivel proteico es necesario hacer una comparación entre los cultivos que comúnmente son regados con fertilizante conteniendo fertilizante comercial (triple NPK) y fertilización foliar, contra cultivos regados únicamente con agua. Para ello se usaron 4 cultivos diferentes de forraje *verde*, maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum spp.*), avena (*Avena sativa*) y trigo (*Triticum durum*) con la finalidad de analizar su nivel de materia seca (MS) y su contenido de proteína cruda (PC) a lo largo de los primeros días de producción y analizar en qué periodo de tiempo es más recomendable utilizar estos productos para una mejor nutrición y consiguiente producción del ganado.

**Palabras clave:** FVH, Fertilización, Nutrición, Producción, Ganado

## INTRODUCCIÓN

Debido a las continuas sequias del norte de México, los productores y ganaderos de la región se ven en una continua situación de agravio y la búsqueda de alternativas de alimentación se vuelve una necesidad, buscando principalmente una producción adecuada a un precio accesible y de fácil manutención que permita una buena producción incluso en las temporadas de mayor carencia. Aunado al hecho de que la venta de granos es muy cara en algunas épocas del año una alternativa real es la producción y uso de Forraje Verde Hidropónico el cual consiste de ser de una alta germinación de semillas y su posterior crecimiento en un corto tiempo bajo condiciones ambientales controladas, en ausencia de suelo y con un buen aprovechamiento y rendimiento de agua con resultados en periodos de tiempo muy cortos.

El forraje verde hidropónico es un producto obtenido del proceso de germinación de semillas de gramíneas o leguminosas como trigo, avena, maíz o sorgo, alimento de alta sanidad y calidad nutricional producido en aproximadamente 9 a 15 días dependiendo de su fin y empleador. Debido a su nula necesidad de un suelo, tiene la capacidad de poder ser producido en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. El FVH o “green fodder hydroponics” es un pienso o forraje vivo de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal (FAO, 2001).

## **OBJETIVOS:**

### **General:**

Evaluar la ganancia de PC y MS de los forrajes regados únicamente con agua para su posterior comparación con forrajes regados con fertilizante en el agua de riego o fertilización foliar.

### **Específicos:**

Determinar qué tipo de forraje es preferible usar de acuerdo a la ganancia y pérdida de PC y MS individual de cada uno de ellos durante los primeros 13 días.

Determinar la utilidad del riego con y sin fertilizante foliar en FVH y su impacto en el crecimiento y ganancia de nutrientes de estos forrajes.

## **HIPOTESIS:**

El riego utilizando fertilizante foliar o aplicado en el agua para riego de forraje verde hidropónico, resulta en un mayor crecimiento y ganancia de peso cuando se compara con el testigo que no lleva fertilizante.

## Revisión de literatura

### **Forraje:**

El forraje se define como alimento, los piensos se definen como alimentos para animales, ganado u otros animales. Generalmente, el termino se refiere a materiales como pasto, heno, verduras y ensilaje, entendiendo por ensilaje también el forraje que se ha conservado en estado succulento (Hughes *et al.*, 1966).

Las especies de plantas forrajeras de interés incluyen principalmente *Brassicaceae* y *Leguminosae*, además de algunas raíces de *Brassicaceae* (SEP, 1982)

El forraje que se cosecha después de la época oportuna disminuye la proteína bruta y aumenta el contenido de celulosa, lo que determina una reproducción gradual del valor nutritivo (Robles, 1978).

El forraje verde es un alimento vivo en pleno crecimiento, de alta palatabilidad para cualquier animal y excelente valor nutritivo (FAO, 2001).

### **Forraje verde hidropónico:**

El forraje verde hidropónico (FVH), es un producto que en la actualidad se ha convertido en una de las principales opciones en el sector primario, considerando que es un producto obtenido a través del proceso de germinación de semillas de gramíneas o leguminosas como trigo, avena, cebada, maíz, para suministro a



bovinos, ovinos, caprinos, equinos, porcinos, conejos y aves como alimento (Pautrat, 2008).

El forraje verde hidropónico es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 15 días) libre de problemas sanitarios, en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología del forraje verde hidropónico es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje (Santos, 2009).

Es un alimento que a los 15 días es cosechado, teniendo como principio el crecimiento de la planta a partir de las reservas alimenticias en las semillas (Rivera *et al.*, 2010).

La técnica de hidroponía juega un papel muy importante en el desarrollo global de la agricultura. La presión por el incremento de la población, los cambios climáticos, la erosión del suelo, la falta de agua y su contaminación, son algunos de los factores que han influenciado la búsqueda de nuevos métodos alternos de producción (FAO 2002).

## **Antecedentes del Forraje Verde Hidropónico:**

La producción de FVH es solo una de las derivaciones prácticas utilizando técnicas de hidroponía o sin suelo, que se remonta al siglo XVII cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691) realizó los primeros experimentos de hidroponía. De ese siglo, John Wood Ward germinó granos utilizando diferentes fuentes de agua y

comparo las diferentes concentraciones de nutrientes utilizados para regar los granos y la composición del forraje resultante (Corona, 2011).

La primera información escrita data del año 1600, cuando el belga Jan Van Helmont, documento acerca de cómo las plantas obtienen sustancias nutritivas a partir del agua. En 1699, el inglés, John Woodward cultivó plantas utilizando diversos sustratos y encontró que el crecimiento de las plantas era el resultado de ciertas sustancias en el agua. Los primeros en perfeccionar las soluciones nutritivas para el cultivo sin suelo fueron los botánicos alemanes Julius Von Sachs y Wilhelm Knop en 1860. En 1928, el profesor William Frederick Gericke de la universidad de Berkeley en California, sugirió sobre la posibilidad de producción vegetal sin el uso de suelo, y en 1940 escribió el libro, "Guía Completa del Cultivo sin Suelo". (Morales *et al.*, 2012).

Actualmente la hidroponía es practicada en todo el mundo y es parte de la agricultura protegida; según datos en México, se cuenta con 15,200 ha. De invernaderos. El 50% de la producción total de cultivos se encuentra en los estados de, Sinaloa (22%), Baja California (14%), Baja California Sur (12%) y Jalisco (10%) (Juárez *et al.*, 2011). Se puede producir en cualquier época del año con requerimientos mínimos de humedad, temperatura y luz (Arellano, 2009). Con esto es posible obtener un mayor porcentaje de proteína bruta y energía altamente digestible, en comparación con la agricultura tradicional (Morales *et al.*, 2012).

## **Uso sustentable:**

En la producción del forraje verde hidropónico las pérdidas de agua por evapotranspiración, escorrentía superficial e infiltración fueron mínimas en comparación con las condiciones de producción convencionales para especies de pastos, con eficiencias que oscilaron entre 270 y 635 litros de agua por kg de materia seca. Alternativamente, se requieren 2-3 litros de agua para producir 1 kg de FVH, con un porcentaje de materia seca que oscila entre 12% y 18% (dependiendo de la especie forrajera) (Sánchez, 2000). Entre uno o dos litros pueden producir de 2 a 3 kg de FVH. 1 kg de materia seca requiere 8 litros (Aguirre *et al.*, 2014).

## **Eficiencia en el uso del espacio:**

El sistema de producción de forraje verde hidropónico puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil (FAO, 2001).

## **Eficiencia en el tiempo de producción:**

Trabajos de validación de tecnología sobre Forraje Verde Hidropónico han obtenido cosechas con una altura promedio de 30 cm y una productividad de 12 a 18 kilogramo por cada kilogramo. De semilla utilizada a los 15 días de instalado el cultivo y en una situación climática favorable para el desarrollo del mismo (Palomino, 2008).

La producción de FVH tiene un ciclo de 12 a 20 días, dependiendo de las condiciones de temperatura, luminosidad, humedad, entre otros (Aguirre, et al., 2014).

### **Inocuidad:**

Con el forraje verde hidropónico los animales no comen malezas, pastos pisoteados o con desechos orgánicos de los mismos animales, de esta forma los procesos de metabolismo y absorción del alimento es óptima (Aguirre, et al., 2014).

### **Calidad del forraje para los animales:**

El forraje verde hidropónico, es un forraje de alta calidad, superior a otros forrajes, el cual se suministra a los animales en forma completa (hojas, tallos, semilla y raíces) constituyendo una completa fórmula de carbohidratos, azúcares, proteínas, minerales y vitaminas. Su aspecto, sabor, color y textura le confieren gran palatabilidad a la vez que aumenta la asimilación de otros alimentos (Tarrillo, 2007).

Cosechado a los 12 días y con unos 20 a 30 cm de altura, el forraje verde hidropónico es rico en vitaminas A y E, contiene carotenoides, y, además, importantes cantidades de hierro, calcio y fósforo, su digestibilidad es alta debido a baja presencia de lignina y celulosa (Aguirre, et al.2014).

## **Costos de producción:**

Las inversiones necesarias para producir forraje verde hidropónico dependerán del nivel y de la escala de producción. Investigaciones recientes sostienen que la rentabilidad de la producción del forraje verde hidropónico es lo suficientemente aceptable como para mejorar las condiciones de calidad de vida del productor con su familia, favoreciendo de este modo su desarrollo e inserción social, a la vez de ir logrando una paulatina reconversión económica productiva del predio (Sánchez, 2000).

## **Inconvenientes:**

En la producción de forraje verde hidropónico se debe considerar la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de agua, nutrientes, condiciones de luz, temperatura, humedad relativa, entre otros. Asimismo, la producción de forraje verde hidropónico es una actividad continua y exigente en cuidados diariamente, por lo que la falta de conocimientos e información pueden representar desventajas para los productores (Aguirre, et al., 2014).

## **Costos de instalación:**

Algunos autores mencionan como desventaja el costo de instalación, sin embargo, se ha demostrado que utilizando estructuras de invernaderos de bajo costo (tipo túneles), se pueden obtener excelentes resultados (Quillahuaman y Condori, 2019).

## **Bajo contenido de materia seca:**

En general, el FVH tiene bajo contenido de materia seca, lo que se resuelve agregando diversos rastrojos o alimento concentrado para complementar la ración en la alimentación del ganado (Juárez, et al., 2013).

## **Características nutricionales del Forraje Verde Hidropónico:**

Valdivia (1997), menciona que las principales características nutricionales del FVH son las siguientes:

- Los forrajes tiernos en condiciones normales de siembra en suelos, poseen entre 23 y 25% de contenido proteico con base en materia seca. Este valor es más elevado que el nivel de proteínas de las mismas plantas en épocas de mayor desarrollo (floración y maduración), donde baja su contenido proteico. La proteína contenida en forrajes tiernos, es de mayor digestibilidad que en plantas maduras.

- Los forrajes tiernos contienen menos fibra bruta respecto a una planta adulta; y está representada por celulosa pura. Esta, es una sustancia altamente digerible. En los forrajes maduros, junto con el aumento progresivo del contenido de celulosa se verifica el proceso de lignificación de su estructura orgánica, por esta razón su coeficiente de digestibilidad disminuye notablemente.
- La planta tierna tiene un elevado contenido de calcio, fósforo y hierro, minerales que sufren importantes variaciones a medida que crece la planta y por influencia del medio ambiente y suelo; tal fenómeno es muy acentuado en zonas áridas y desérticas.
- Los forrajes tiernos son muy ricos en vitaminas, principalmente carotenos (250 – 350 mg/kg de materia seca) y vitaminas liposolubles (A y E), por lo que los alimentos basados en forrajes tiernos o recién germinados proporcionan a los animales todos los minerales y vitaminas necesarias para su subsistencia.
- En el forraje verde hidropónico, todas las vitaminas se presentan libres y solubles y por lo tanto asimilables directamente, la vitamina E se encuentra en estado completamente asimilable y en libre circulación por toda la planta joven.
- Este producto tiene una cantidad de enzimas que lo hacen doblemente aprovechable, ya que evitan un trabajo en el tracto digestivo animal, teniendo en cuenta que está pre digerido, además estimula el sistema endocrino del animal y aumenta la actividad metabólica. Se observa un aumento de la

vertibilidad ya que la vitamina C, Factor de gran importancia para esta actividad es de 15.45 mg por cada 100 gr en el FBH y de autodefensa contra enfermedades. El caroteno aumenta 100% en el grano germinado.

- Las plantas, absorben los minerales que están en solución en el agua de riego y realizan una elaboración que conduce a un equilibrio casi perfecto de calcio, magnesio y fosforo
- El pH, del FVH varía entre 6 y 6.5. Es ligeramente ácido, lo que hace que este sea muy conveniente como alimento.
- Las raciones hidropónicas son inmediatamente asimilables, su digestibilidad es de 85% a 90%.
- Su aspecto, color, sabor y textura le confieren gran palatabilidad a la vez que aumentan la asimilación de otros alimentos por parte del animal.

### **Fibra detergente Neutro y Fibra detergente ácido:**

La fibra está constituida por 3 tipos, la fibra bruta (FB) la fibra detergente Neutra (FDN o FND) y la fibra detergente ácida (FAD o FDA), está constituida por carbohidratos estructurales de la pared celular, conformados principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, estos valores se emplean para la predicción de la calidad de los forrajes, la ingestión de la materia seca, la digestibilidad y el valor energético de los alimentos (Fernández, 2012)



## **Maíz:**

El maíz es sin duda el grano forrajero por excelencia a nivel mundial. Por décadas la utilización de maíz en la elaboración de alimento balanceado ha ido en aumento, principalmente en la alimentación de bovinos de carne, producto del auge en los sistemas de producción semi-intensivos (suplementación a campo) o los sistemas intensivos (feedlots). De la misma manera, aunque en menor proporción, fue el crecimiento del concentrado para uso en animales de engorda, sin embargo en este sector la mayor utilización de maíz fue en la forma de ensilaje. La engorda en corral fue el segundo factor de incremento de los volúmenes de ensilado de maíz. El incremento sostenido de la utilización del maíz nos estaría mostrando que transitamos hacia sistemas de mayor intensificación, con mayor nivel de suplementación en los sistemas de pastoreo y un incremento de los sistemas de engorda en corral (Depetris y Santini., 2006).

Dicha intensificación de los sistemas se produce en un momento en el que existe un creciente interés en el mundo por definir y caracterizar la carne de bovino lograda bajo diferentes condiciones de producción debido a su impacto sobre la salud humana (Santini *et al.*, 2003).

## **Composición nutricional del maíz:**

El maíz, al igual que todos los granos, es un alimento energético por lo que los valores de proteína suelen ser bajos, en el cuadro 1 se muestran los valores nutricionales obtenidos por 3 distintas organizaciones, las discrepancias surgen a partir de la variedad analizada

como es el caso de la proteína, la cual muestra variabilidad según la fuente consultada, fundamentalmente por la variedad y los factores de conversión de N (determinado por Kjeldahl) en proteínas. Las tablas Mundiales y la base de datos de ILSI han utilizado el factor de 6.25, mientras que las alemanas utilizaron el valor de 5.8 (Martin de Portela, 2006).

*Cuadro 1: Cuadro comparativo de los valores nutricionales del maíz alrededor del mundo*

	Tablas Alemanas	ILSI, Argentina, 2005	Tablas Nacionales, 2002
Energia Kcal/100g (Valores Calculados)	327	306	346
Proteína	8.5 (7.61-9.84)	9.53(6.93-11.8)	9.5
Grasa	3.8 (3.2-4.3)	3.6 (2.4-4.9)	0.9
Hidratos de carbono digeribles (Calculados)	64.7	72.8 (69.1-76.9)	74.9
	Método Enzimático	Método Detergente Neutro	No determinada
Fibra Total	8.2	14.01 (10.3-22.5)	
Cenizas	1.3 (1.12-1.51)	1.2(0.86-1.65)	1.30
Humedad	12.5 (12-13.2)	12.8 (10.7-16.2)	13.4

(Martin de Portela, 2006)

## **Avena:**

La avena se clasifica como un cereal de grano entero (granos que conservan las tres partes que los componen; germen, endospermo y salvado) y su composición nutricional se muestra en el cuadro 2, La avena es un cereal con un valor energético de 361 kcal por 100 g. Es fuente de proteínas de bajo coste y posee un alto contenido en fibra. Si lo comparamos con otros cereales (cuadro 3) presenta un contenido de hidratos inferior al resto

(básicamente en forma de almidón) y un aporte de lípidos superior al resto, aportando ácidos grasos mono insaturados y poliinsaturados (presentes en el endospermo, parte interna de la planta), consideradas como grasa saludable. En cuanto a los micronutrientes, la avena posee un alto contenido en hierro, magnesio, zinc, fósforo, tiamina (vitamina B1), vitamina B6 y folatos, además de ser fuente de potasio y vitamina E (Gómez *et al.* 2017).

Cuadro 2: Tabla Nutricional de la avena (100g)

AVENA (100g)	
Porción comestible (g)	100
Agua (g)	15.8
Energía (kcal)	361
Proteínas (g)	11.7
Lípidos (g)	7.1
Ácidos grasos saturados (g)	1.5
Ácidos grasos Mono insaturados	2.6
Ácidos grasos Poliinsaturados (g)	2.9
Colesterol (mg)	0
Hidratos de carbono (g)	59.8
Almidón (g)	59.8
Azúcares Totales (g)	0
Fibra (g)	5.6
Calcio (mg)	79.6
Hierro (mg)	5.8
Yodo (µg)	6
Magnesio (mg)	129
Zinc (mg)	4.5

Sodio (mg)	8.4
Potasio (mg)	355
Fósforo (mg)	400
Selenio (µg)	7.1
Tiamina (mg)	0.52
Riboflavina (mg)	0.14
Equivalentes de niacina (mg)	2.37
Vitamina B6 (mg)	0.96
Folato (µg)	60
Vitamina B12 (µg)	0
Vitamina C (mg)	0
Vitamina A: Equivalente a Retinol (µg)	0
Retinol (µg)	0
Carotenos Provitamina A (µg)	0
Vitamina D (µg)	0
Vitamina E (mg)	2

(Moreiras *et al.* 20013)

*Cuadro 3: Comparación nutricional de la avena con otros granos y subproductos usados de manera común*

	Energía (kcal)	Proteínas (g)	Lípidos (g)	Hidratos de carbono (g)	Fibra (g)
Arroz blanco	381	7	0.9	86	0.2
Arroz integral	351	8	2.2	73.4	2.8
Avena	361	11.7	7.1	59.8	5.6

Copos de Avena	379	13.2	6.52	61.9	10.1
Cebada en grano	389	12.5	2.3	70.8	17.3
Harina de maíz	369	8.7	2.7	76	3
Maíz, copos	372	7	0.8	83	2.5
Harina de trigo blanca	375	9.3	1.2	80	3.4
Harina de trigo integral	359	11.5	2.2	68.8	9
Sémola de trigo	363	12.5	1.2	73.6	4
Harina de centeno	326	10	1.93	59.7	15

(Moreiras *et al.* 2013)

## Trigo:

La composición del grano de trigo puede variar de acuerdo con la región, condiciones de cultivo y año de cosecha. También la calidad y cantidad de nutrientes depende de las especies de los trigos que influirán en sus propiedades nutritivas y funcionales (Kamal *et al.*, 2009; y Serna-Saldívar, 2009 citados por Salas, 2016).

En general el grano maduro está compuesto por hidratos de carbono, compuestos nitrogenados, lípidos, minerales y agua, junto con trazas de vitaminas, enzimas y otras sustancias (Kent, 1987; Alternach *et al.*, 2007, Salas,2016).

El cuadro 4 muestra la composición química de las diferentes partes del grano de trigo, así como del total de las mismas, y en el cuadro 5 se muestra el valor nutritivo de algunos de los granos de cereales más utilizados en la alimentación animal (por 100 gramos).

*Cuadro 4: Composición química de las diferentes partes del grano de trigo, en % sobre materia seca (Shollenberger y Jeager, 1943, citado por Salas, 2016).*

Parte del grano (% de la masa del grano)	Proteínas	Materias minerales	Lípidos	Celulosa	Hemicelulosas	Almidón
Pericarpio (4%)	7-8	3-5	1	25-30	35-43	0
Tegumento seminal (1%)	15-20	10-15	3-5	30-35	25-3.	0
Epidermis nuclear envuelta proteica (7-9%)	30-35	6-15	7-8	6	3.-35	10
Germen (3%)	35-40	5-6	15	1	20	20
Endospermo (82-85%)	8-13	0.35-0.60	1	0.3	0.5-3.0	70-85
Grano Entero (100)%	10-14	1.6-2.1	1.5-2.5	2-3	5-8	60-70

*Cuadro 5: Valor nutritivo de los granos de cereales (por 100 gramos) (INCAP, 2015)*

Cereal	Calorias	Proteínas	Carbohidratos (g)	Grasa (g)	Fibra (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Fosforo (mg)	Tiamina (mg)
Avena (Mosh)	378	14.4	66.1	6.9	6.6	5.2	5.5	414	0.61
Cebada	348	9.7	75.4	1.9	6.5	55	4.5	341	0.4
Centeno	334	12.1	73.4	1.7	1.8	38	3.7	376	0.4
Sorgo	342	8.8	76.3	3.2	2.3	19	3.7	299	0.4
Trigo Duro	330	12.3	71.7	1.8	2.3	46	3.4	354	0.5

## Sorgo:

Según (Domanski *et al.*, 1997) El grano de sorgo está constituido básicamente por proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas, minerales y polifenoles, en porcentajes variables según su genotipo y ambiente. La composición química del sorgo es bastante similar a la del maíz, con la diferencia en el contenido de almidón y proteína que es mayor en sorgo, y en el aceite que es mayor en maíz.

De igual forma también menciona que el contenido de proteína del sorgo está comprendido entre 5 y 19.3% con una media de 10.7% dependiendo del cultivo utilizado y factores de suelo y clima. El contenido de proteína del endosperma está más influenciado por la eficiencia en la absorción de nitrógeno (N) y su translocación a la semilla, que por la cantidad y forma de N aplicado al suelo. El N conduce más a menudo a un alto rendimiento de grano, que a un contenido más elevado de proteína en el grano. El N foliarmente aplicado, resulta en un mayor contenido de proteína del grano, que el N aplicado al suelo. En el cuadro 6 se hace una relación de los contenidos nutrimentales del sorgo como parte importante de la alimentación animal.

*Cuadro 6: Composición promedio de los principales constituyentes del Sorgo en comparación a otros granos utilizados comúnmente (Domanski et al., 1997)*

	Sorgo	Maíz	Trigo	Arroz
Proteína %	7-14	10	11.5	8
Lípidos %	2.4-6.5	4.5	2	1.5
Carbohidratos %	70-90	71	70	77
Fibra%	1.2-3.5	2	2	0.5
Ca (Mg(100)-1)	11-58.6	12	30	10

P	167-751	340	380	290
Fe	0.9-20	2.5	3.5	2
Tiamina	0.2-0.5	0.35	0.4	0.25
Niacina	2.9-6.4	2	5	2
Riboflavina	0.1-0.2	0.13	0.10	0.05

### **Materiales y Métodos:**

Este experimento se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN UL). Geográficamente el lugar se sitúa a 25°33'15.2" Latitud Norte y 103°22'28.7" de longitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich. La UAAAN se localiza en la Carrerera a Santa Fe y Periférico Raúl López Sánchez, colonia Valle Verde del Municipio de Torreón el cual está ubicado en la región suroeste del estado de Coahuila.

### **Los materiales usados fueron los siguientes:**

Materiales de campo:	Materiales de Laboratorio	Reactivos
Trigo	Estufa de Secado a 65°	Ácido Sulfúrico
Maíz	Estufa de Secado a 105°	Agua destilada
Sorgo	Crises	Hidróxido de sodio
Avena	6 Tubos de Borosilicato	Ácido bórico
Jabón Detergente	Bascula	Ácido Clorhídrico



Cloro 56 Bolsas de papel

Charolas de plástico Matraz Erlenmeyer

Agua corriente. Molino

### **Selección de la semilla:**

Se consiguió la semilla de mejor calidad asegurándose que su procedencia fuera adecuada siendo libre de suciedad, hongos y plagas, con un elevado índice de fertilidad y que pertenecieran a especies existentes dentro de la comarca lagunera.

### **Desinfección y extendido de la semilla:**

De acuerdo con la información revisada, se lavó la semilla con agua corriente y jabón detergente, se enjuago 3 veces con agua corriente, se aplicó un 2.0% de hipoclorito de sodio y se dejó reposar por 5 minutos. Posteriormente se enjuago 3 veces con agua corriente, se dreno el exceso de humedad y se extendió sobre charolas de plástico de 37 x 64 cm. El extendido se hizo procurando que no quedara ningún espacio vacío o muy fino donde se pudiera dar como resultado una deshidratación.

## **Diseño experimental:**

El trabajo se realizó en el interior del laboratorio de microbiología donde se ubicaron las charolas con 4 granos distintos (Maíz, Trigo, Sorgo y Avena) colocadas en repisas a un lado de un lavabo para impedir el estancamiento del agua.

El diseño experimental fue un modelo completamente al azar, considerando 4 variedades de grano: maíz, avena, trigo y sorgo.

## **Irrigación de los cultivos:**

Las charolas fueron irrigadas 3 veces al día durante 13 días en los horarios correspondientes a las 8:00 AM, 16:00 PM y 20:00 PM utilizando solamente agua corriente y verificando que los cultivos no se deshidrataran o fueran severamente afectados por contaminación con hongos.

## **Extracción de muestras:**

Una vez colocadas las charolas se procedió a la toma de muestras, la cual consistió en tomar una porción suficiente para poder crear 2 unidades de un gramaje suficiente para los análisis posteriores. La toma de muestras se hizo diariamente tomando el día inicial como día 0 y el día final como el día 13.

La toma se realizaba a las 8:00 AM antes del primer riego del día, posteriormente se llevaba al laboratorio de bromatología y procedía a dividirse y pesarse en una báscula 2 unidades por grano con un peso aproximado entre sí. Cada muestra se

introdujo en una bolsa de papel diferente y fueron marcadas con un plumón con la temperatura a la que serían sometidas respectivamente dando como resultado dos grupos con 4 bolsas diferentes cada uno; uno de 65° y otro de 105°.

### **Obtención de resultados de Materia Seca (MS):**

Después de haber separado las muestras se colocaron en su respectivo horno a la temperatura indicada y se dejaron ahí durante 24 horas. Este proceso se realizó diariamente hasta finalizar con los días establecidos.

Al término de las 24 horas se procedía a pesar nuevamente las muestras y a calcular mediante un análisis proximal la materia seca (MS) mediante la siguiente fórmula:

$$MS = \frac{PF-PI}{g} * 100$$

MS= Materia Seca

PF= Peso Final (peso de la bolsa con la muestra seca)

PI= Peso Inicial (peso de la bolsa vacía)

g= gramos de muestra

Ej.: PI= 7.0078g

g= 56.603g

PF= 33.590g

MS= 46.838%

$$MS = \frac{33.590\text{g} - 7.0078\text{g}}{56.603\text{g}} * 100 = 46.838\%$$

## **Obtención de Proteína Cruda (PC):**

Para la obtención de la proteína cruda se utilizó el análisis por método Kjeldahl. Para llevar a cabo dicho método se procedió a moler con ayuda de un molino todas las muestras de 65° hasta que la muestra sea homogeneizada para después pesarse con una balanza analítica una muestra de 1g – 1.005g de cada grano de cada uno de los 13 días del proyecto incluidos el día 0 y el valor del grano previo al inicio del experimento.

## **Digestión:**

El método Kjeldahl consiste en 3 fases (digestión, destilación y titulación). Para la digestión, se introdujo en 6 tubos de Borosilicato las muestras de cada grano acorde al día correspondiente y se le administro por muestra 12 ml de ácido sulfúrico además de 2 pastillas Kjektabs como catalizador, las cuales contienen 3.5 g de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y 0.4 g de CuSO<sub>4</sub> x 5H<sub>2</sub>O por pastilla que actuaran como aceleradores de la digestión.

Una vez iniciado el proceso de digestión se introducen las muestras en una estufa donde se calentarán a 150°C durante 15 minutos, después se aumentará a 300°C durante otros 15 minutos y al final se aumentará una vez más a 450°C durante 1 Hora.

Con el calentamiento del bloque digestor juntamente con la mezcla acida, el carbono contenido en la muestra es oxidado, el dióxido de carbono se desprende y el nitrógeno es transformado en sulfato de amonio, transformando la muestra oscura en una solución translúcida que, normalmente, tiende a ser un color verde clara.

## **Destilación:**

Después de que la solución de sulfato de amonio es obtenida de la digestión, se deja enfriar el tubo a temperatura ambiente y se coloca en un destilador de nitrógeno, en la salida del condensador se colocara un matraz de Erlenmeyer con 40 ml de ácido bórico, el tubo de Borosilicato es colocado en el destilador y procede a ser dosificado con 80 ml de hidróxido de sodio para la neutralización. El Sulfato de amonio que entra en contacto con el hidróxido de sodio y el agua destilada será transformado en hidróxido de amonio y posteriormente liberado en estado gaseoso.

Una vez liberado, pasará por el sistema de destilación y será condensado dentro del matraz de Erlenmeyer, formando borato de amonio convirtiendo el color morado del ácido bórico en uno verde.

## **Titulación:**

Por medio de una bureta se procede a titular ácido clorhídrico, al borato de amonio obtenido de la destilación.

El ácido clorhídrico es titulado hasta que se alcance el punto de cambio del destilado, alterando la coloración del borato de amonio convirtiéndolo nuevamente en una tonalidad morada, dando por terminado el proceso.

La cantidad en ml de ácido clorhídrico usada para teñir el borato de amonio será usada para conocer el N% que existe en la muestra por medio de la siguiente formula

$$\%N = \frac{(mM - VmB)0.1x14.007x100}{gm(en\ mg)}$$

Una vez conocido el %N se multiplicará x 6.25 para todos los granos a excepción del trigo y x 5.7 para este último lo que nos permitirá sacar el % PC.

## **Resultados y discusión:**

### **Contenido de Materia Seca**

A partir de este procedimiento se obtuvieron los siguientes resultados en contenidos de materia seca:

El tratamiento térmico para determinar materia seca en avena se desglosa en el cuadro 7. En él se muestran los valores obtenidos cuando la muestra se incubó a 65 y 105 C.

Cuadro 7: Resultado de Materia Seca de avena a 65°, 105° C y su valor promedio

Días	Avena 65°C	Avena 105°C	Avena Promedio
Grano	95.05%	91.95%	93.50%
0	46.84%	45.61%	46.22%
1	46.45%	46.43%	46.43%
2	41.74%	41.08%	41.40%
3	41.91%	39.01%	40.46%
4	45.03%	38.75%	41.88%
5	39.20%	39.84%	39.52%
6	33.74%	27.75%	30.74%
7	22.00%	19.08%	20.54%
8	22.96%	21.23%	22.09%
9	21.43%	20.27%	20.85%
10	25.47%	23.46%	24.46%
11	25.25%	23.45%	24.35%
12	23.60%	19.94%	21.76%
13	31.03%	27.24%	29.13%

Se observa, que el grano inicio con un valor de entre 95.05 C y 91.95 C con un valor promedio de 93.50 C, al iniciar el día 0 los valores bajaron drásticamente a un promedio de 46.22, teniendo los valores de ambos hornos una diferencia no muy significativa, del día 0 al día 5 los datos irán en declive de manera no significativa, siendo el día 4 el único con una diferencia de valores importante teniendo 45.03%

a 65 C y 38.75% a 105 C dando un promedio de 41.88% el cual rompe por un momento con la disminución de los valores momentáneamente, sin embargo, para el día 5 esta regla volverá a existir, hacia el día 6 existe una disminución significativa ( $p > .05$ ) de los datos, bajando de un promedio de 39.52% a 30.74% y nuevamente al día 7 habrá otra disminución importante llegando a 20.54% en su promedio. A partir del día 8 los valores se mantendrán en un intervalo de 20% a 24.5% a excepción del día 13, en donde la materia seca se verá elevada nuevamente a 29% en promedio, dando a entender que a partir de este día habrá un incremento de materia seca considerable.

Dicho esto, este mismo tratamiento en sorgo se desglosa en el cuadro 8, los valores mostrados fueron obtenidos a partir de las mismas temperaturas.

*Cuadro 8: Resultado de Materia Seca Sorgo a 65°, 105° C y su valor promedio.*

Días	Sorgo 65° C	Sorgo 105° C	Sorgo Promedio
Grano	93.02%	88.51%	90.76%
0	58.80%	57.36%	58.08%
1	63.15%	60.21%	61.68%
2	61.41%	60.05%	60.72%
3	63.33%	61.44%	62.38%
4	54.18%	48.44%	51.31%
5	38.44%	33.66%	36.04%
6	32.40%	26.08%	29.24%
7	28.67%	22.71%	25.68%
8	28.50%	18.87%	23.68%



9	25.96%	17.75%	21.85%
10	20.23%	16.86%	18.54%
11	29.87%	25.52%	27.69%
12	23.35%	20.17%	21.75%
13	21.83%	21.62%	21.72%

Se puede apreciar que el grano inicio con valores entre los 93.02% y 88.51% con un promedio de 90.76% el cual rápidamente fue disminuido hasta un valor promedio de 58.08% a partir del día 0, durante el intervalo de tiempo de este día hasta el día 3 el porcentaje de materia seca del sorgo aumenta ligeramente y a partir del día 1 se mantiene en valores que rondan los 60% - 62% para el día 4 los valores se verán reducidos de manera significativa llegando a 54.18% a una temperatura de 65 C, 48.44% a una temperatura de 105 C y 51.31% como valor promedio, teniendo una diferencia importante entre ambos tratamientos, durante el día 5 los datos volverán a bajar radicalmente llegando a un valor de 38.44% a 65 C, 33.66% a 105 C y 36.04% Promedio para el día 6 la disminución continuara llegando a un valor promedio de 29.24% sin embargo la disminución de valores a partir de este día dejara de ser tan importante y se mantendrán hasta el día 11 en donde existe un aumento importante del 9% llegando de 18.54% a 27.69%, valor que volverá a disminuir a un 21.75% en el día 12 y se mantendrá durante el 13 siendo este el único día en el que los datos entre ambos tratamientos no tienen una diferencia tan notable.

Así mismo, para maíz, y trigo el tratamiento térmico arrojo los datos que se muestran en el cuadro 9 y cuadro 10 respectivamente.

*Cuadro 9: Resultado de Materia Seca maíz a 65°, 105° C y su valor promedio.*

Días	Maíz 65° C	Maíz 105° C	Maíz Promedio
Grano	95.82%	91.68%	93.75%
0	67.10%	62.60%	64.85%
1	71.00%	67.36%	69.17%
2	72.83%	67.37%	70.09%
3	71.64%	71.36%	71.49%
4	61.15%	56.39%	58.77%
5	34.01%	30.55%	32.28%
6	32.42%	24.83%	28.62%
7	24.54%	24.35%	24.44%
8	24.08%	22.20%	23.14%
9	25.43%	20.13%	22.77%
10	24.19%	23.74%	23.96%
11	25.63%	23.00%	24.31%
12	24.50%	21.18%	22.83%
13	27.55%	22.63%	25.09%

En el maíz se puede observar que al igual que los dos casos anteriores la disminución de grano al día 0 es considerable, sin embargo, a diferencia de los otros dos casos, dicha disminución no será tan pronunciada, llegando a valores de 64.85% promedio y una diferencia del 5% entre ambos tratamientos térmicos, durante los siguientes días, el porcentaje de materia seca ira al alza hasta llegar a un máximo de 71.49% promedio durante el día 3, teniendo una diferencia casi inexistente entre ambos tratamientos, a partir del día 4 existe una caída de los valores significativa y pronunciada que no se detendrá hasta llegar al día 7 teniendo una pérdida total del 47% de materia seca. A partir de este punto los valores se mantendrán en un rango de 22% a 25% sin cambios importantes a excepción del día 13 donde volverá a existir una diferencia apreciable entre ambos tratamientos siendo esta del 5%.

*Cuadro 10: Resultado de Materia Seca trigo a 65°, 105° C y su valor promedio.*

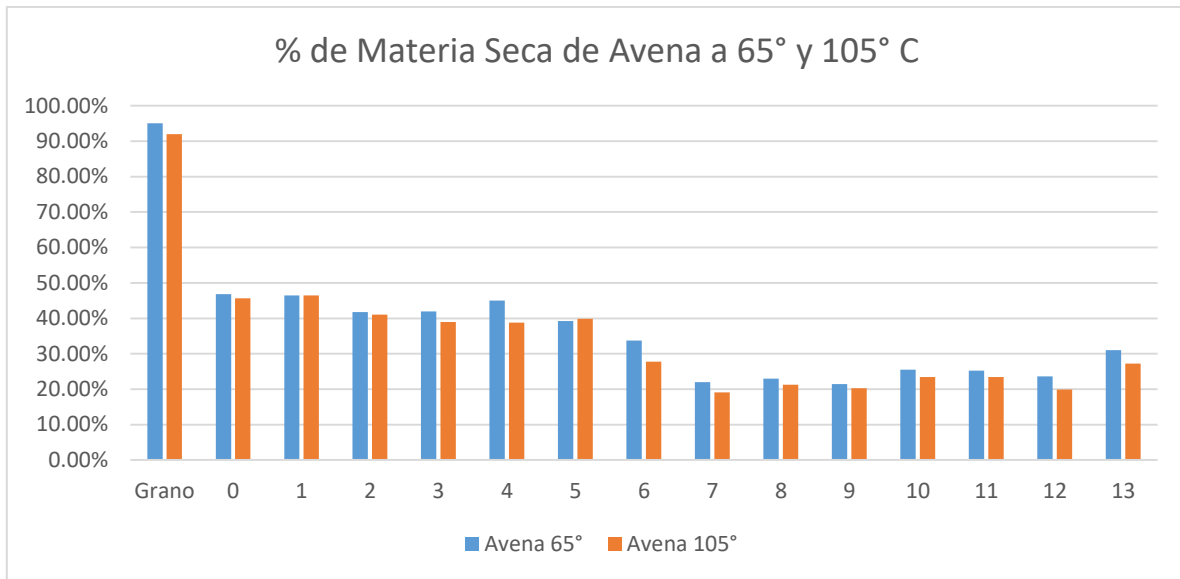
Días	Trigo 65° C	Trigo 105° C	Trigo Promedio
Grano	94.62%	89.93%	92.27%
0	54.39%	53.08%	53.73%
1	54.36%	52.55%	53.45%
2	52.08%	50.53%	51.30%
3	49.23%	48.04%	48.63%
4	43.50%	42.37%	42.94%
5	31.17%	30.35%	30.76%
6	33.20%	32.47%	32.84%
7	27.43%	24.07%	25.75%

8	24.86%	22.63%	23.75%
9	20.72%	21.58%	21.15%
10	22.97%	23.15%	23.06%
11	21.30%	21.02%	21.16%
12	23.53%	21.13%	22.33%
13	25.28%	24.51%	24.90%

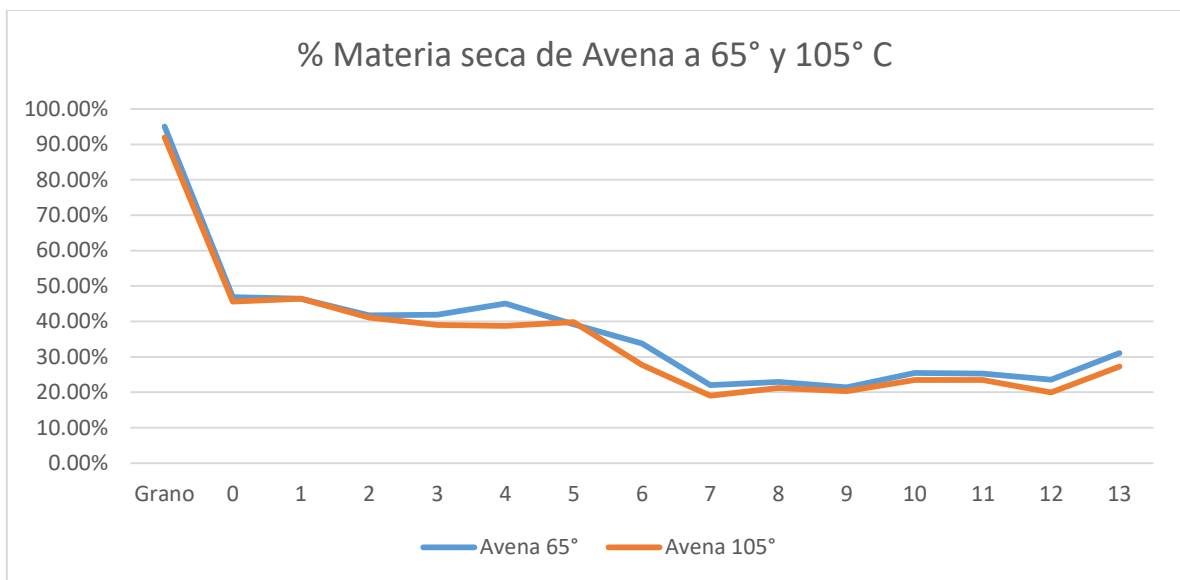
Finalmente en el cuadro del trigo podemos observar el mismo patrón de los granos anteriores del grano al día 0, llegando de un 92.27% promedio con una diferencia de 4.5% entre ambos tratamientos térmicos a un valor de 53.73% promedio con una diferencia de solo un 1.31% entre los tratamientos, al igual que los casos anteriores, los valores se mantendrán con una disminución poco importante hasta el día 3 terminando con un promedio de 48.63% el cual tendrá una reducción del 6% hacia el día 4 que marcará el inicio de la caída significativa de los datos teniendo una pérdida de 12% para el siguiente día, donde se mantendrá durante el día 5 y 6 con una pequeña alza del 2% llegando a 32.84% y una recaída en el día 7 teniendo una pérdida del 5% en su valor promedio. A partir de este día los valores se mantendrán en un intervalo de 21% a 25% sin cambios importantes.

La representación gráfica de las tablas permite observar la diferencia de los valores obtenidos del tratamiento térmico a 65 y 105 C. La gráfica 1 y 2 permiten observar los valores correspondientes a la avena.

Grafica 1: Representación en barras de los valores de materia seca de avena a 65° y 105° C.

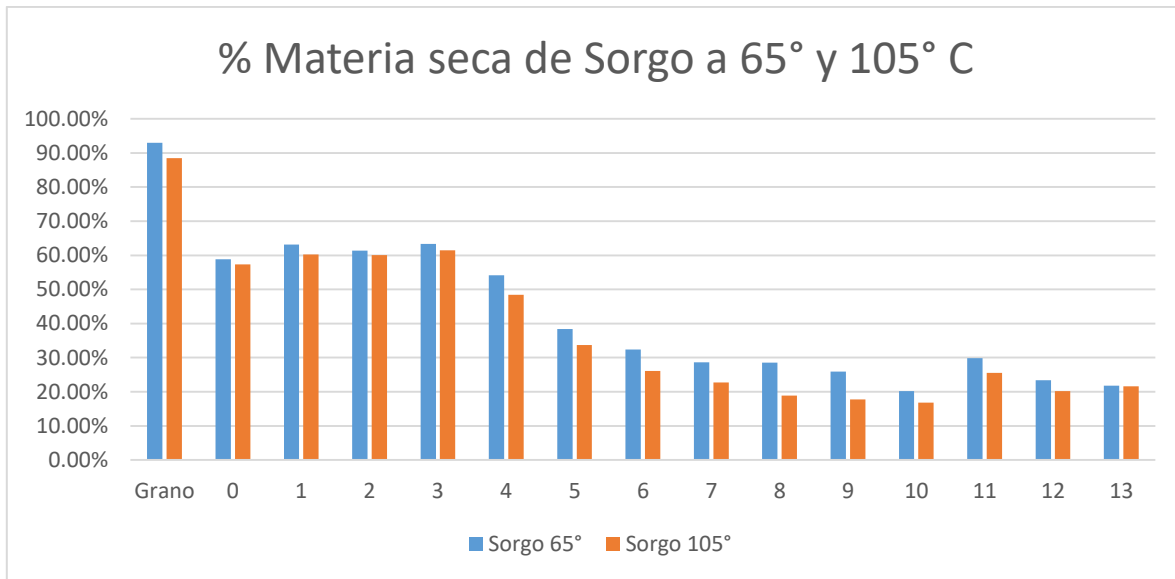


Grafica 2: Representación lineal de los valores de materia seca de avena a 65° y 105° C.

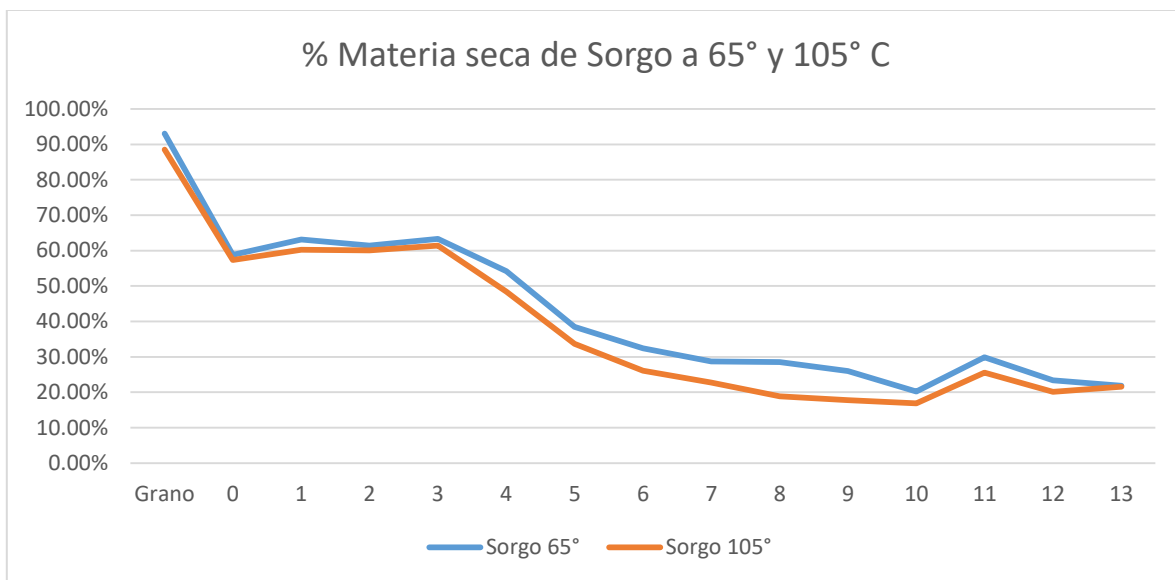


Se puede observar el decremento del día 0 y una permanencia de los valores hasta el día 5 y 4 donde empieza a ocurrir una caída de los mismos nuevamente hasta llegar al día 7, donde ambos valores se ven igualados y se mantienen en una ligera alza hasta el día 13. Las gráficas 3 y 4 hacen referencia a los valores obtenidos del sorgo durante dicho tratamiento térmico.

Grafica 3: Representación en barras de los valores de materia seca de sorgo a 65° y 105° C.



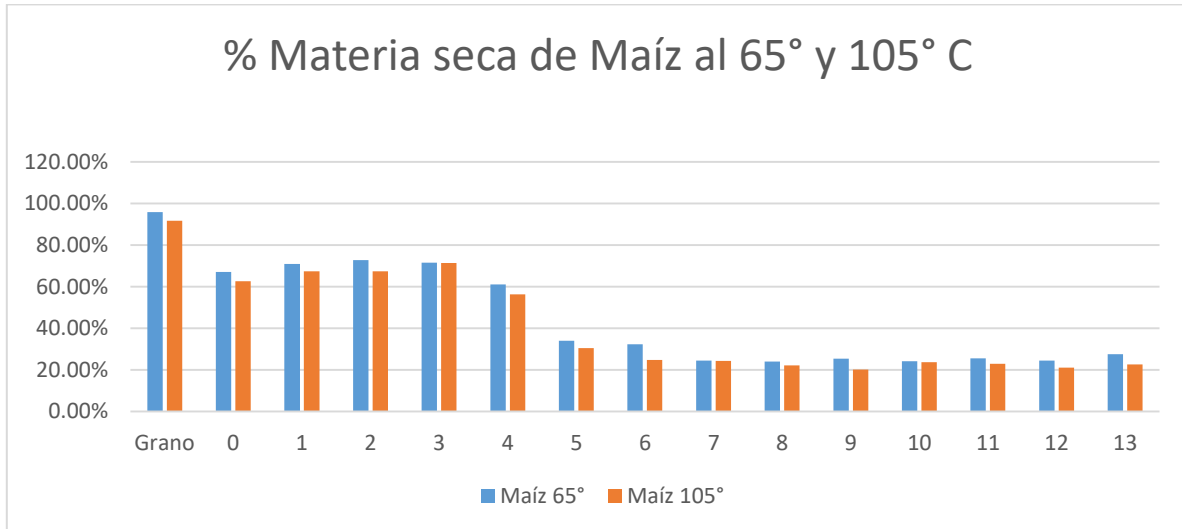
Grafica 4: Representación lineal de los valores de materia seca de sorgo a 65° y 105° C.



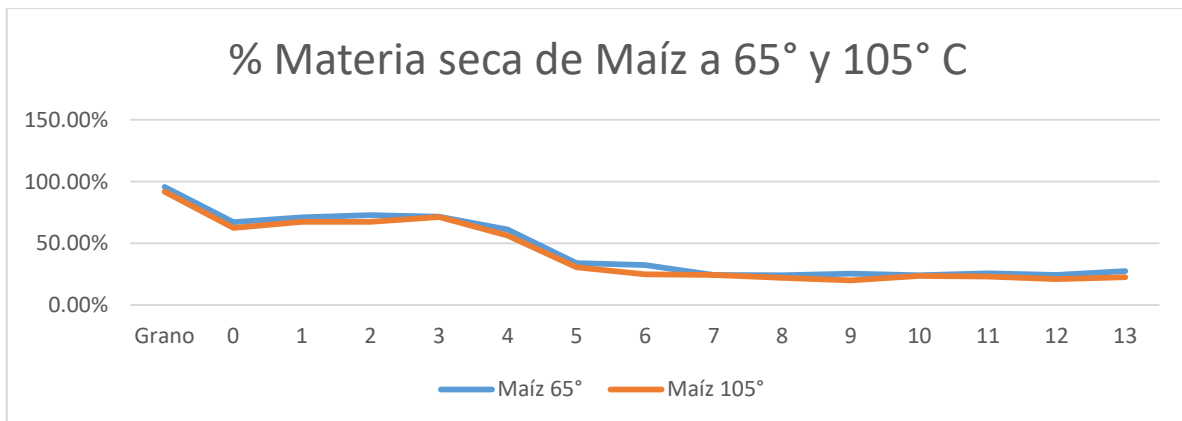
Durante el día 0 al día 3 existe una permanencia de los datos que ronda el 60%, a partir del día 4, además de la pérdida de materia seca acostumbrada del grano al día 0, existe un declive pronunciado que existe hasta el día 10, dando una diferencia bastante visible entre ambas temperaturas, llegando a ser el día 8 el más significativo con una diferencia de casi un 10%, a partir día 11 iniciara una alza

visible que reducirá la diferencia entre ambas temperaturas y se verá homogenizada en el día 13. Las gráficas 5 y 6 correspondientes al maíz nos muestran que:

Grafica 5: Representación en barras de los valores de materia seca de maíz a 65° y 105° C.



Grafica 6: Representación lineal de los valores de materia seca de maíz a 65° y 105° C.

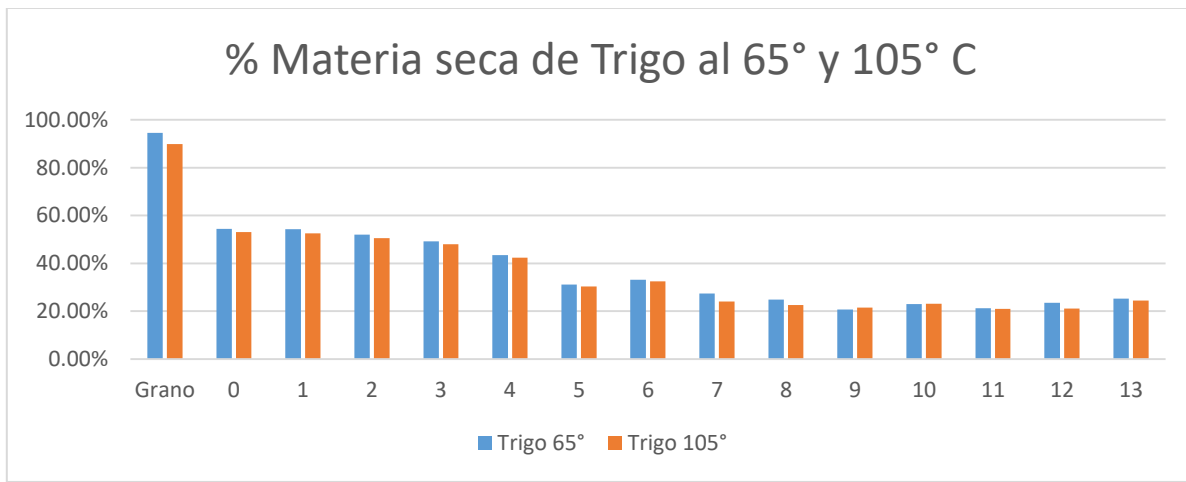


A diferencia del caso anterior, los valores no tienen una discrepancia tan grande entre sus datos, estando casi homogenizados la mayoría del tiempo, siendo la única diferencia importante la del día 6 con una discrepancia del 8% entre las 2 temperaturas, además del declive inicial, tendrá una pérdida considerable de

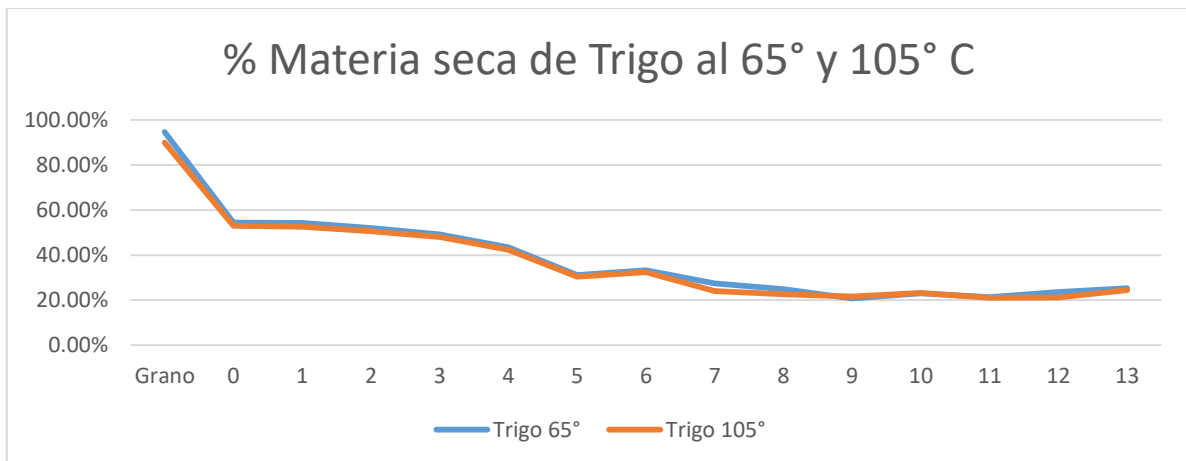
materia seca a partir del día 3 y se estabilizará durante el día 5 y 6 manteniéndose hasta el día 13.

Como ultimo las gráficas 7 y 8 hacen referencia a los valores obtenidos del trigo durante el mismo procedimiento térmico.

Grafica 7: Representación en barras de los valores de materia seca de trigo a 65° y 105° .



Grafica 8: Representación lineal de los valores de materia seca de trigo a 65° y 105° C.



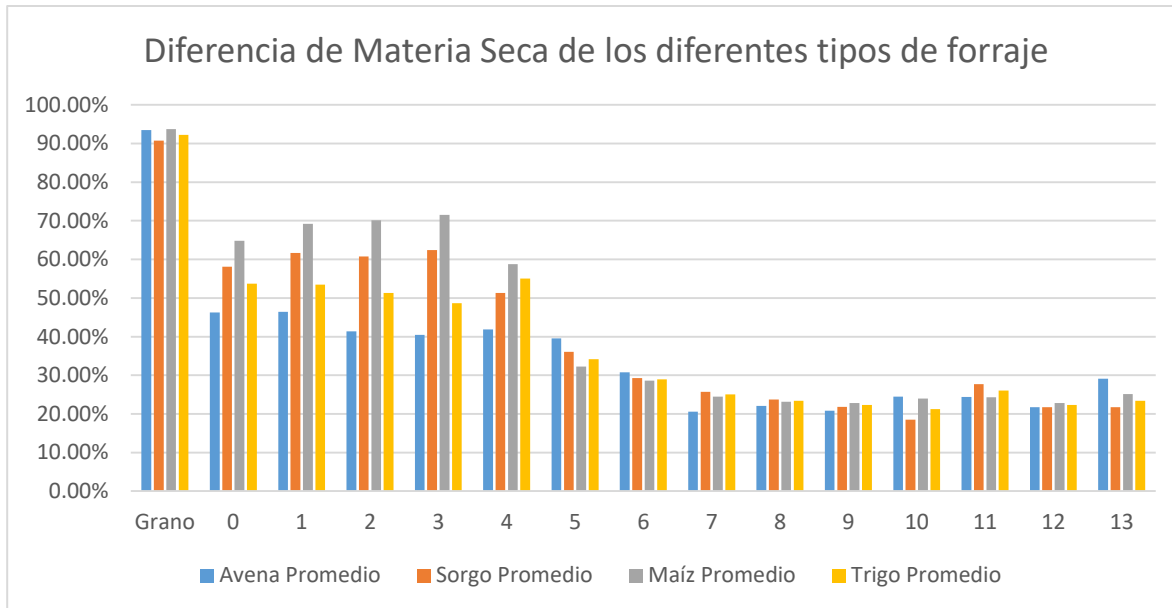
A diferencia de los casos anteriores, la única pérdida radical sucede en el día 0, de ahí, los valores permanecen homogenizados hasta el día 13 con la única excepción del día 7 con una diferencia visible del 3% y el día 12 con una diferencia del 2%. Del



día 4 al día 5 existe una caída visible del 12% en donde recupera un 2% durante el día 6 y vuelve a la baja hasta el día 9 donde empezara a existir un ligero aumento de materia seca hasta el día 13.

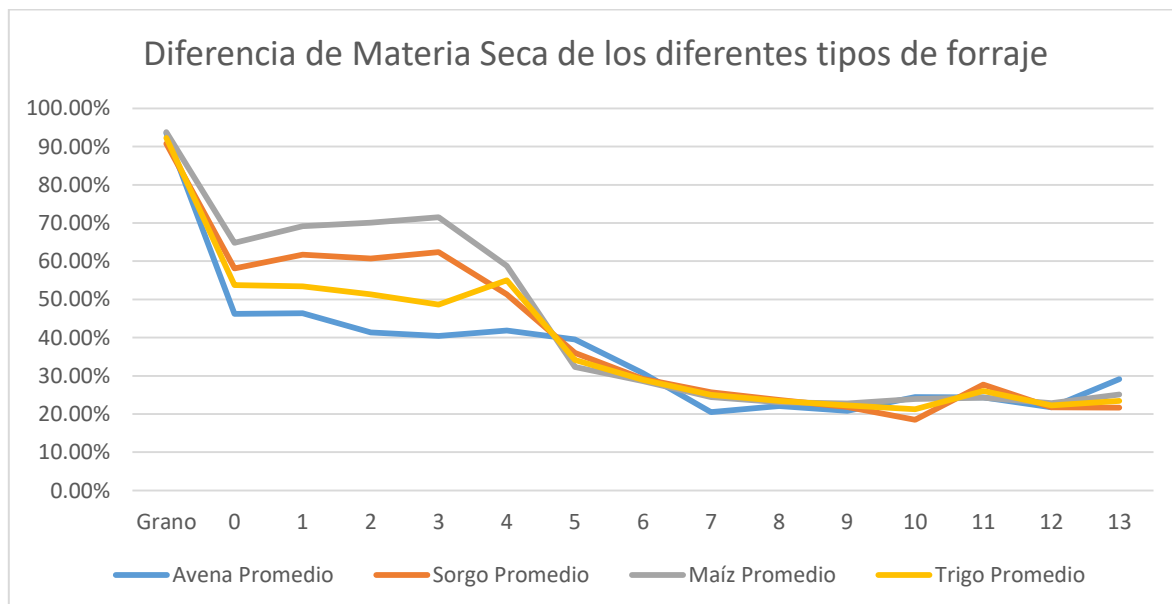
En las gráficas correspondientes a la materia seca de 65° C y 105° C se puede observar que la única diferencia notable entre ambas temperaturas se encuentra en el Sorgo donde la diferencia de valores alcanza hasta un 10%. A partir del primer riego (día 0) la materia seca baja de un 90% – 93% a un 71% – 46%, se mantiene durante los primeros 3 – 4 días en un rango de 73% – 40%, a partir del día 5 existe un decremento importante de la materia seca a excepción de la avena en donde existirá hasta el día 7 donde los valores se mantendrán en un decremento constante hasta el día 13, llegando a valores que rondan entre 39% - 16%, dejando al día 2 del maíz 65°C como el más elevado con un 72.83% y al día 10 del sorgo 105°C como el menos elevado con un 16.86% de Materia seca.

Grafica 9: Representación en barras de los valores de materia seca promedio en los forrajes.



Las gráficas 9 y 10 explican la representación de los valores promedio de materia seca de los 4 forrajes durante el tratamiento térmico

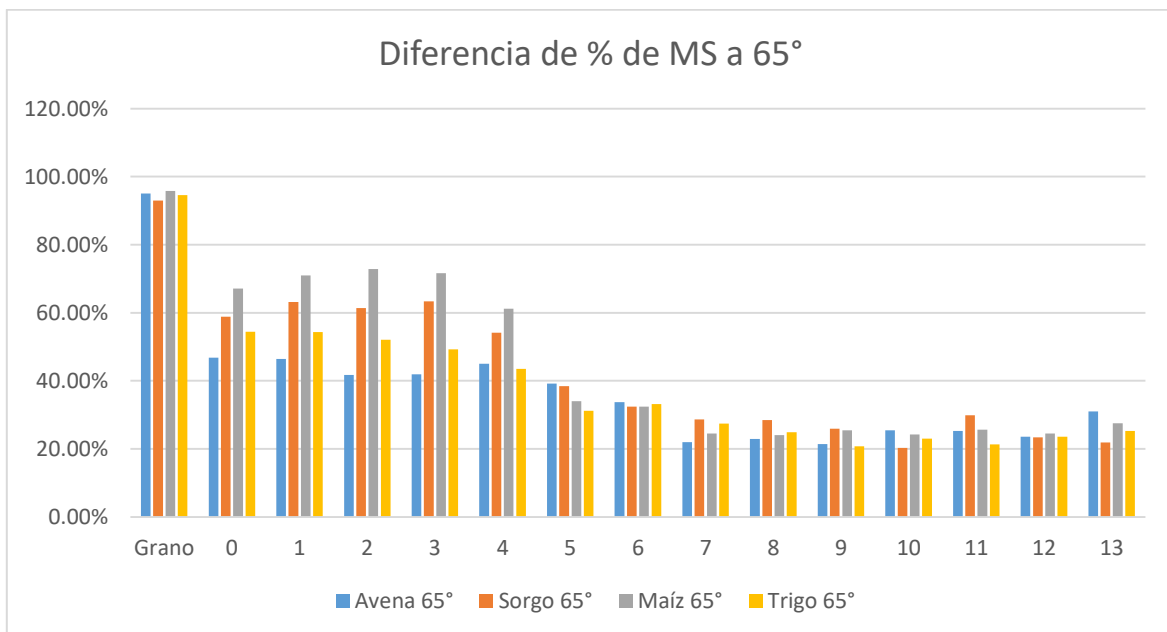
Grafica 10: Representación lineal de los valores de materia seca promedio de los forrajes.



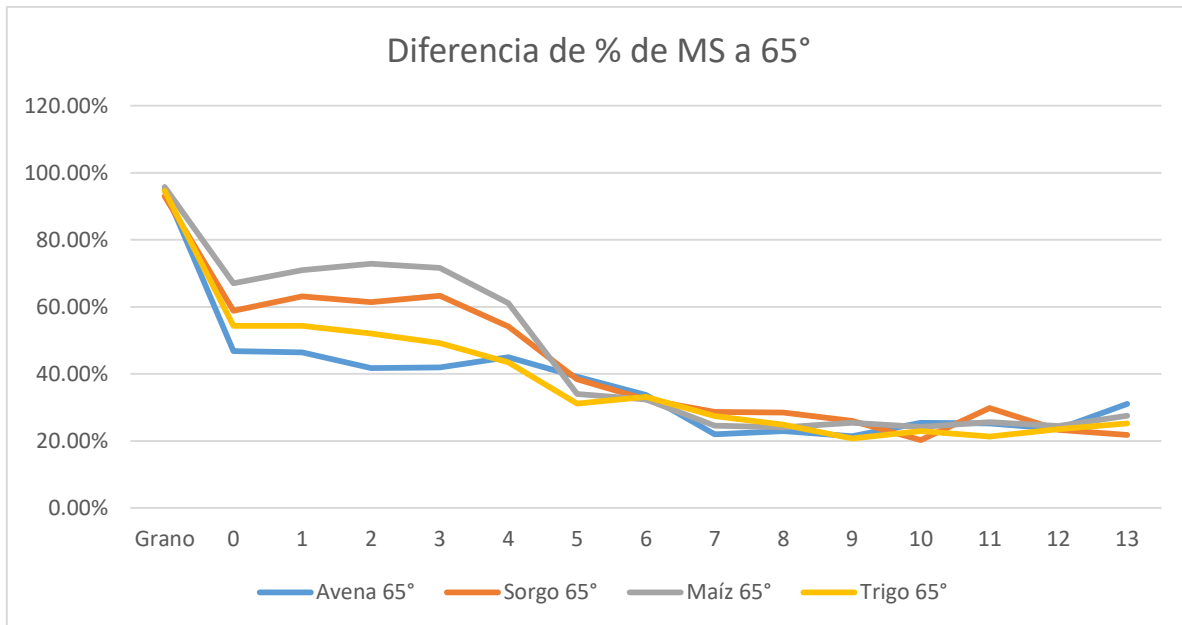
En dichas gráficas, se puede observar una diferencia significativa en los valores iniciales de los 4 forrajes correspondientes del día 0 – 3. Comparando el promedio

de los 4 forrajes podemos observar es el maíz quien más % de ms tiene rondando entre los 70% a 60% y la avena quien menos ms contiene con un valor entre los 45% a 30%, no obstante, durante estos 3 días los valores se mantienen de manera paralela entre los 4 forrajes, rompiendo esta regla durante el día 3 y el día 4 en donde empezara a existir un decremento de los valores más altos, finalmente llegando al día 5 al llegar a un rango de valores entre los 40% - 30% por parte de los 4 valores, existe una homogenización de todas las variantes que se mantendrá hasta el día 13 en un decremento constante dejando a la avena como la variante que más cambios recibe durante estos días. En el día 13 se aprecia que empieza a existir un nuevo incremento de MS. Los valores referentes al tratamiento térmico a una temperatura de 65 C son apreciables en las gráficas 11 y 12.

Grafica 11; Representación en barras de los valores de materia seca de los forrajes a 65° C.



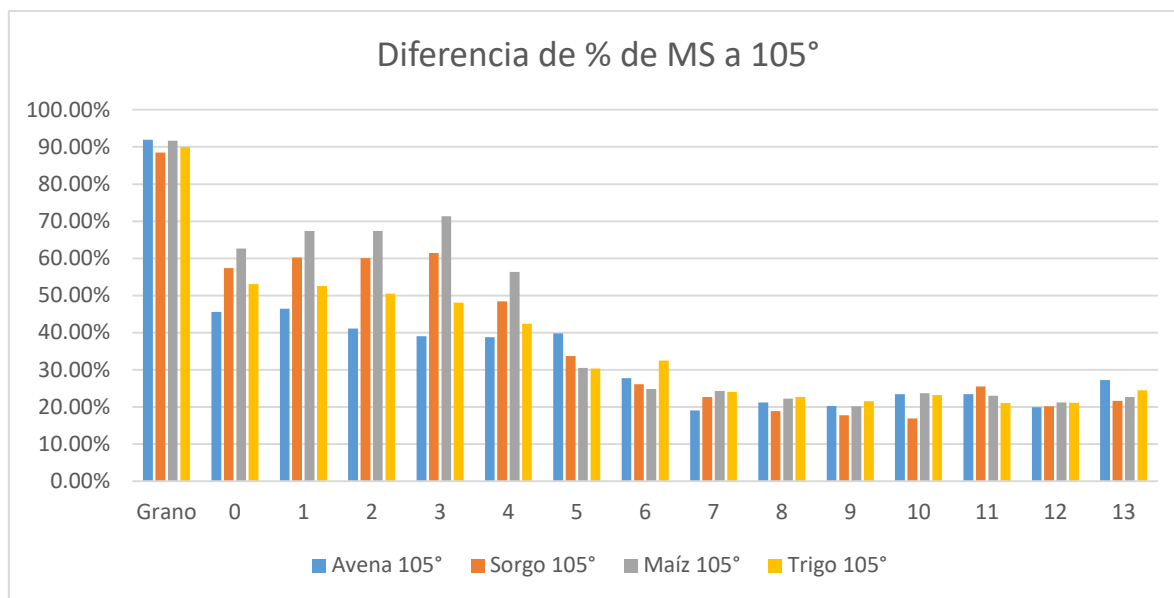
Grafica 12: Representación lineal de los valores de materia seca de los forrajes a 65° C.



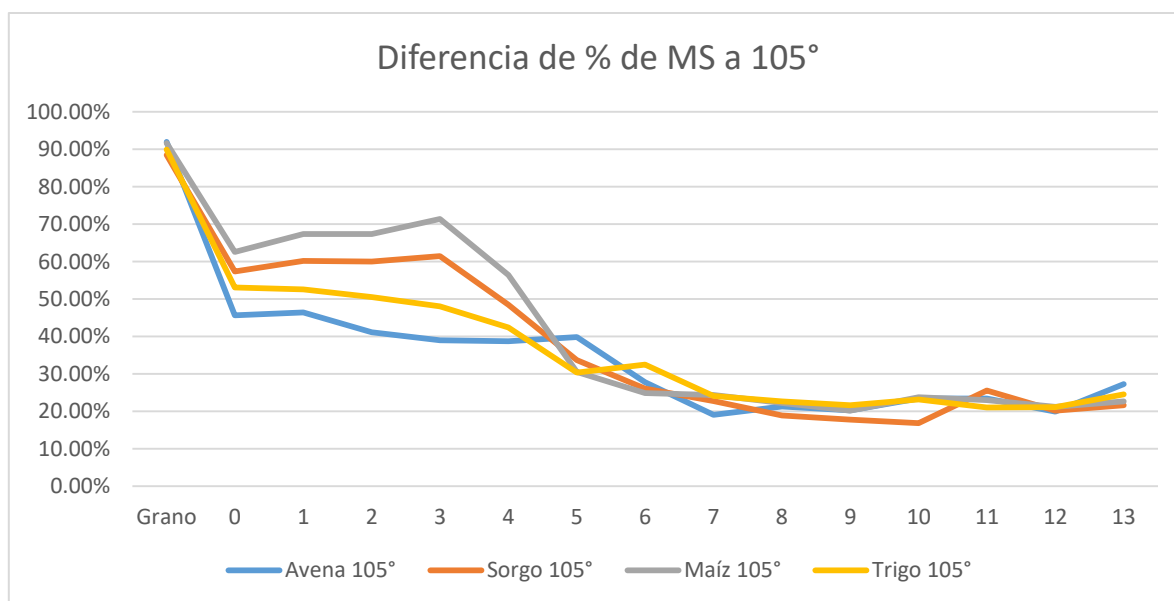
A diferencia de los valores promedios, se puede observar una discrepancia mayor en los datos, a pesar que los mismos eventos suceden con estos valores, la homogenización es menos pronunciada en los valores de 65 C existiendo una mayor discrepancia en los datos referentes del día 6 al día 13, sin embargo, los datos del día 0 al día 5 tendrán una permanencia muy parecida a los anteriormente analizados.

Las gráficas 13 y 14 permiten apreciar los valores referenciados a el tratamiento térmico aplicado en los 4 forrajes a 105 C

Grafica 13: Representación en barras de los valores de materia seca de los forrajes a 105° C.



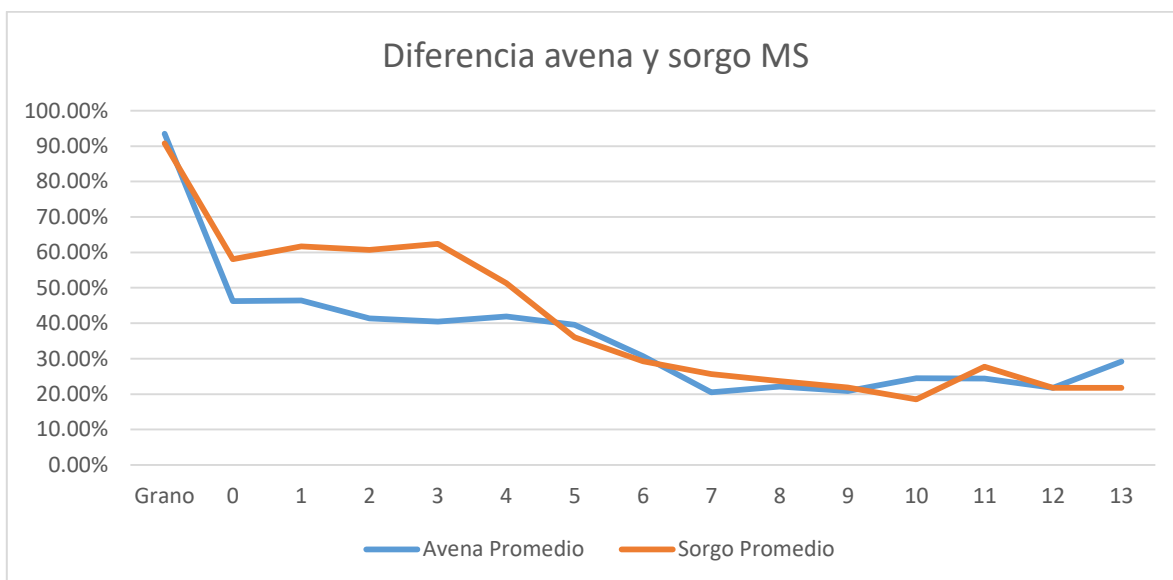
Grafica 14: Representación lineal de los valores de materia seca de los forrajes a 105° C.



A diferencia de los valores de 65 C, durante los días 0 al 4 los valores analizados tienen una mayor discrepancia, existiendo una diferencia significativa mayor. Hacia el día 5 durante el momento de la homogenización es el único momento en el que la avena tiene un valor mayor que el resto de forrajes con una diferencia de 9.4%

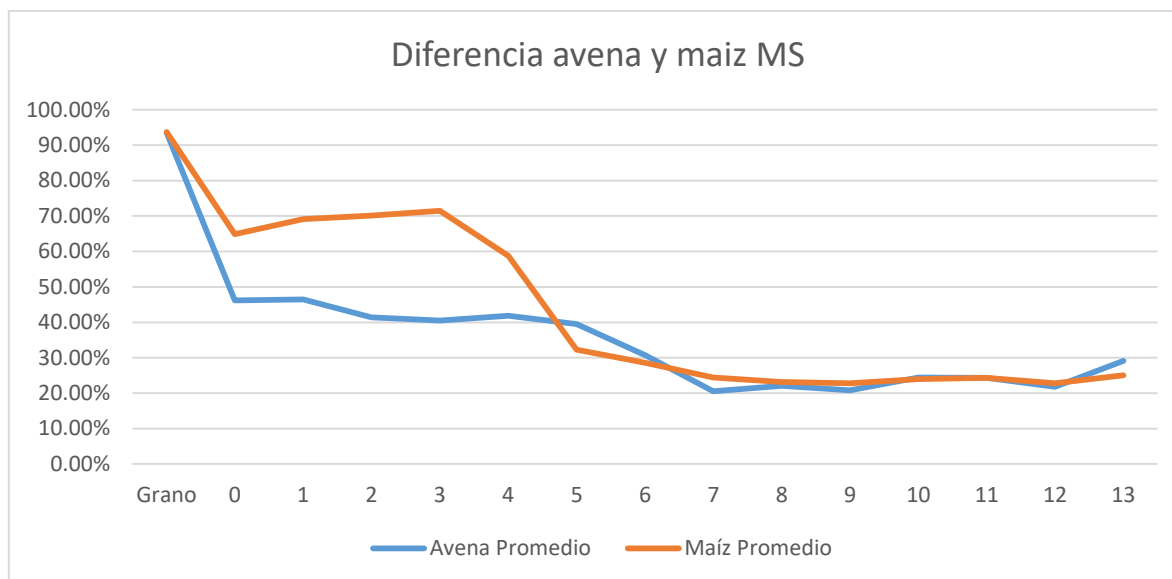
con respecto al valor más próximo. A partir de este momento los valores se mantendrán de una manera muy parecida a los valores referenciados en el promedio, con la diferencia de que el sorgo será el único forraje que tendrá una diferencia significativa respecto al resto de forrajes durante el día 10 teniendo un 7% menos de materia seca. Dicha diferencia será eliminada para el día 11 donde la homogenización se mantendrá hasta el día 13.

Grafica 15: Grafica comparativa entre la MS de la avena y el sorgo.



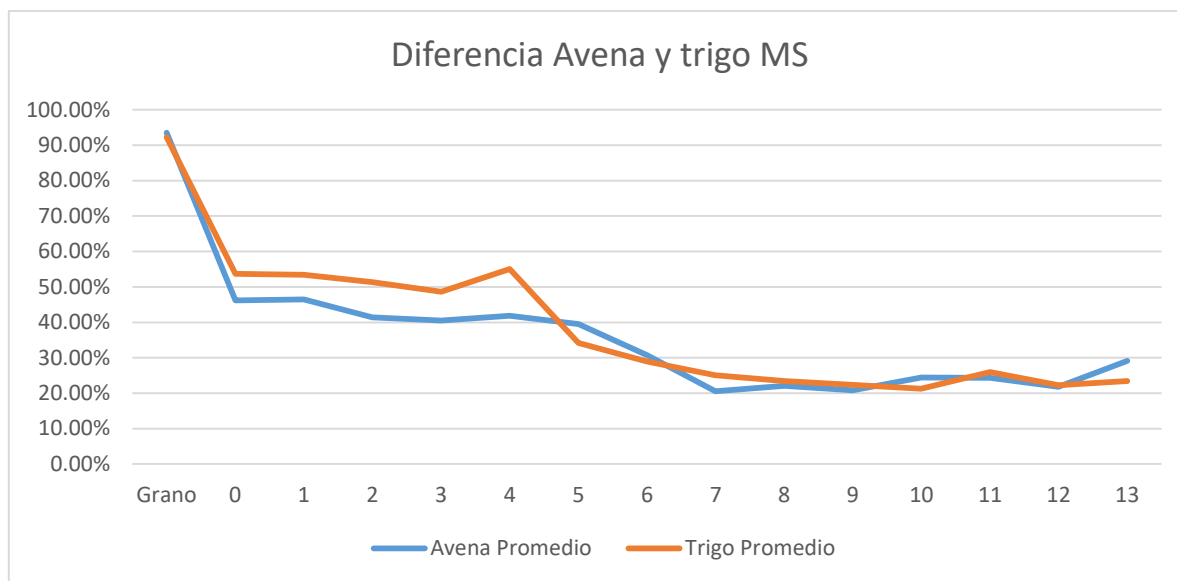
Si los Diferenciamos independientemente podemos observar que la avena inicia con una mayor cantidad de MS cuando es grano la avena tiene más MS que el sorgo, sin embargo desde el día 0 hay una disminución considerable de MS en avena a comparación del sorgo el cual se mantiene con valores mucho más elevados hasta el día 4 donde tiene un decremento más dramático que la avena, a partir del día 5 los valores de ambos serán casi homogéneos teniendo una diferencia de 5 % durante el día 7 siendo este el valor que más difiere después del día 5.

Grafica 16: Grafica comparativa entre la MS de la avena y el maíz.



Si comparamos la avena con el maíz descubrimos que hay una diferencia del 3% en MS a favor del Maíz cuando es grano, al día 0 el maíz tiene un decremento pequeño a comparación de la avena y se pierde notar que los valores aumentan durante los primeros 3 días. A partir del día 4 la disminución del maíz se hace evidente pasado a tener menos cantidad de MS que la avena durante el día 5 y 6, durante el día 8 los valores se homogenizaran hasta el día 13 donde la avena empieza a ganar MS.

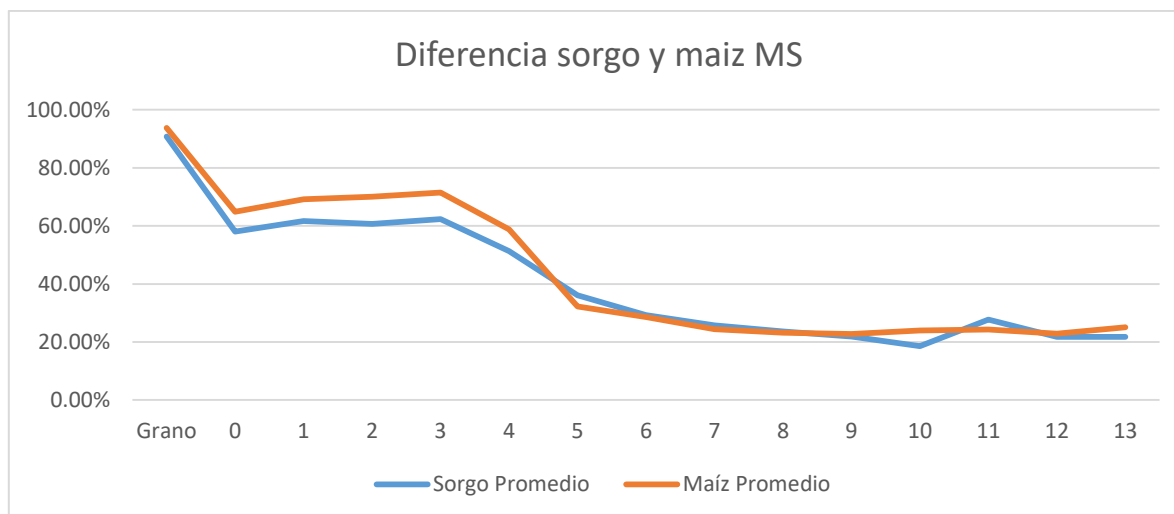
Grafica 17: Grafica comparativa entre la MS de la avena y el trigo.



De igual manera que con el sorgo el trigo empieza con menos cantidad de MS que la avena, pero en este caso podemos observar que los valores del trigo, aunque son elevados son casi paralelos a los de la avena durante los primeros 3 días, al cuarto día podemos observar un aumento de la MS del trigo que inmediatamente pasara a perderse hasta un valor inferior al de la avena durante el día 5. A partir del sexto la diferencia de valores será poco significativa teniendo como valores más representativos el día 7, en donde la avena tendrá una disminución del 5% superior a la del trigo y el día 13 en donde la avena superara por 6% al trigo.

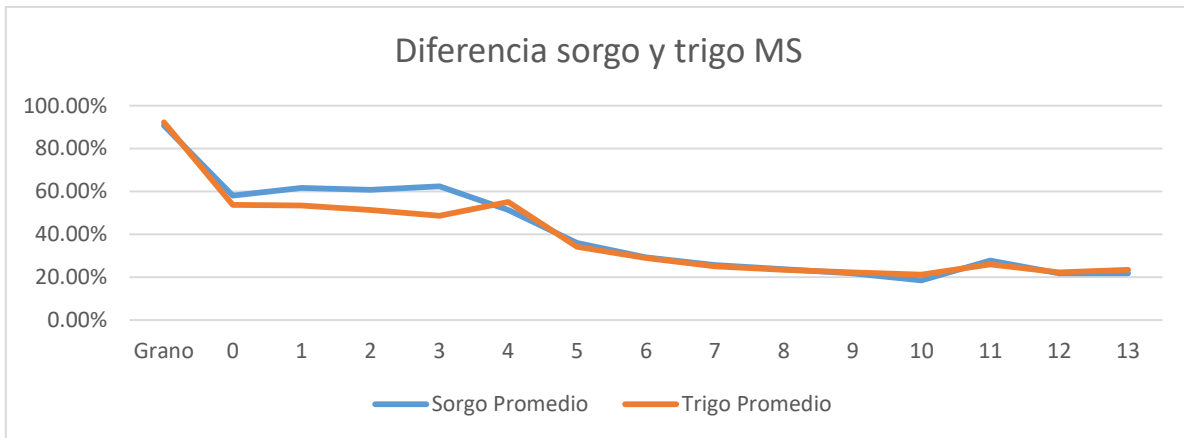


Grafica 18: Grafica comparativa entre la MS del sorgo y el maíz.



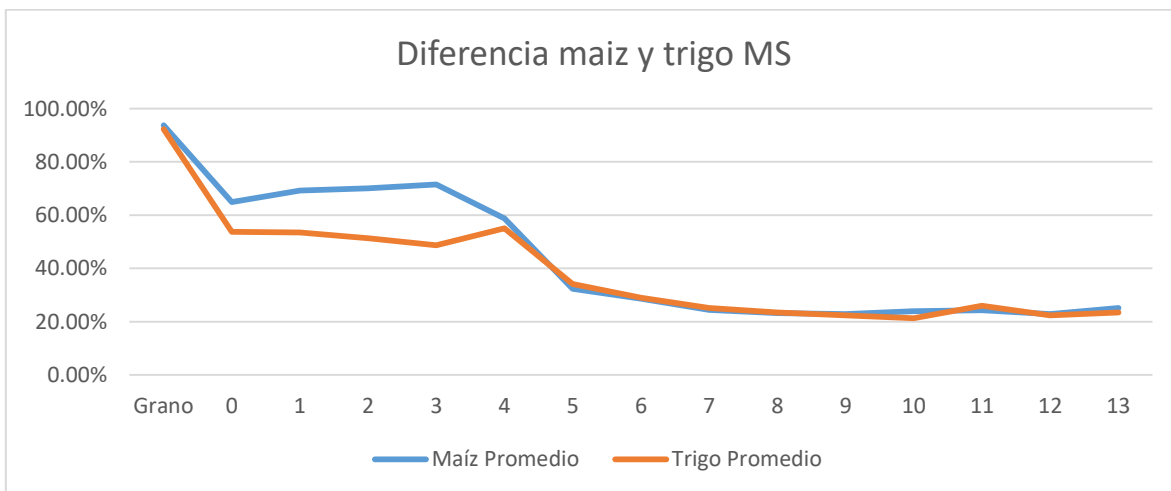
Si comparamos el sorgo con el maíz podemos observar un comportamiento sumamente similar entre ambos forrajes, creando un arco muy parecido durante los primeros 5 días, con una dominancia del maíz desde que es semilla hasta el día 4, a partir del día 5 los valores del sorgo superarán momentáneamente al maíz y procederán a ser homogenizados durante los siguientes 4 días. Al décimo día el valor del sorgo romperá la homogenización disminuyendo 5 % más que el sorgo y después recuperándolo considerablemente hasta tener un valor superior al maíz durante un solo día.

Grafica 19: Grafica comparativa entre la MS del sorgo y el trigo.



El trigo por su parte tiene una diferencia muy poco notoria con el sorgo, el único momento donde habrá una discrepancia considerable de datos será del día 1 al 4 en donde el sorgo será mayor al trigo a excepción del cuarto día en donde el caso será el contrario, a partir del quinto día los valores serán casi homogéneos.

Grafica 20: Grafica comparativa entre la MS del maíz y el trigo.



El maíz junto al trigo muestra una diferencia de más del 30% durante el tercer día, brecha que se perderá completamente al día 4 en donde el Maíz perderá MS y el trigo la ganará homogenizando los valores de manera considerable hasta el día 10 donde empezará a haber pequeñas discrepancias.

## Resultados obtenidos para proteína cruda (PC):

Los resultados de PC respectivos a los 4 forrajes obtenidos mediante el método Kjeldahl fueron enlistados en el cuadro 11

*Cuadro 11: Resultado de proteína cruda de los forrajes.*

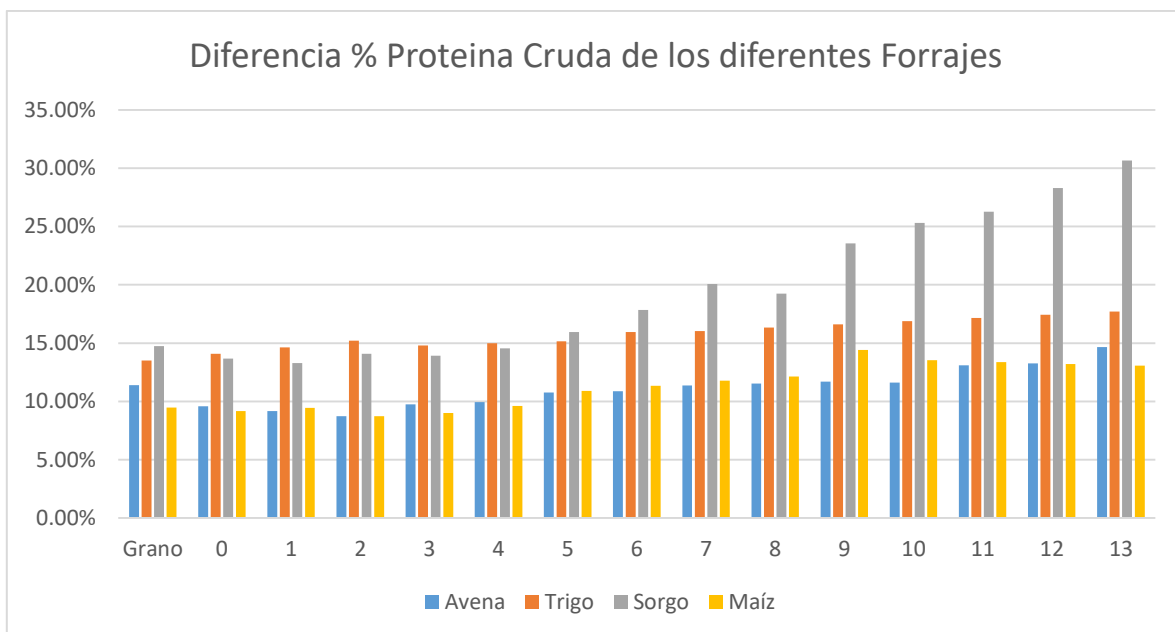
Día	Avena	Trigo	Sorgo	Maíz
Grano	11.38%	13.50%	14.75%	9.46%
0	9.59%	14.07%	13.68%	9.16%
1	9.18%	14.63%	13.28%	9.44%
2	8.73%	15.20%	14.09%	8.74%
3	9.75%	14.80%	13.91%	9%
4	9.94%	15%	14.54%	9.62%
5	10.76%	15.16%	15.94%	10.89%
6	10.88%	15.96%	17.85%	11.34%
7	11.36%	16.04%	20.07%	11.79%
8	11.54%	16.32%	19.25%	12.14%
9	11.70%	16.60%	23.54%	14.41%
10	11.62%	16.88%	25.31%	13.54%
11	13.09%	17.16%	26.26%	13.36%
12	13.26%	17%	28.30%	13.21%
13	14.67%	17.71%	30.64%	13.07%

Los valores iniciales observados para avena son de 11.38%, para trigo, de 13.50%, para sorgo, 14.75%, y para maíz, de 9.46%. Estos valores disminuyen el día del

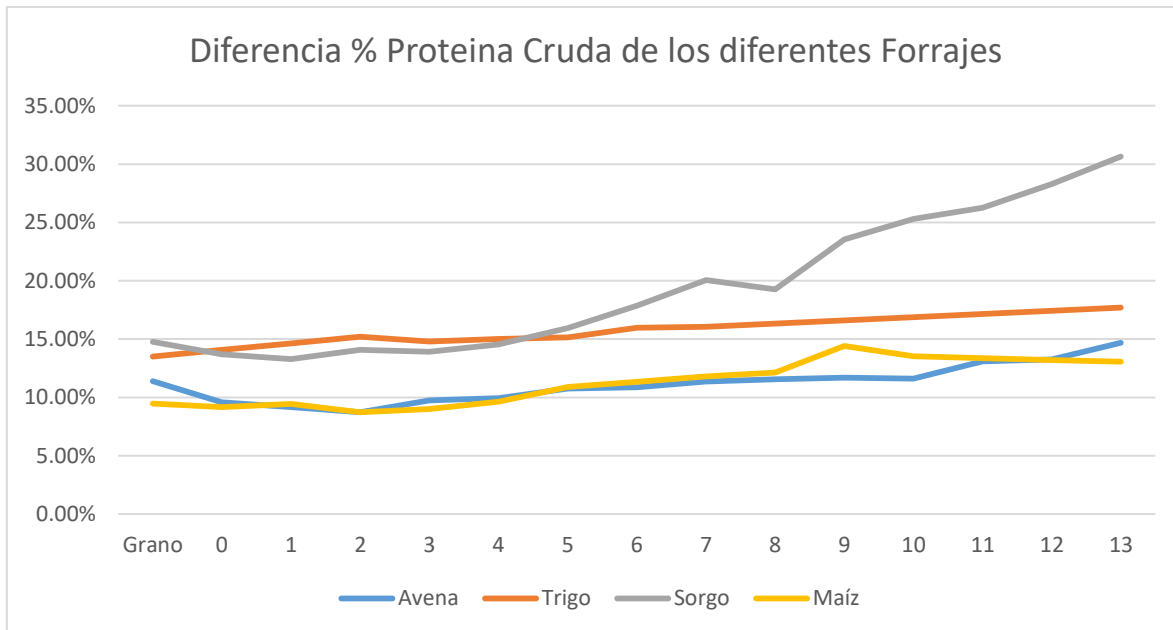
inicio, después de la humidificación, con excepción del trigo, el cual tendrá un ligero aumento del .17%, del día 1 al día 3 existe un pequeño aumento de % con excepción del trigo y sorgo que tendrán una disminución de sus datos en el día 3. A partir de aquí se puede observar un aumento paulatino y ligero de los datos correspondientes a maíz, avena y trigo hasta llegar a un valor de 13.07%, 14.67% y 17.71% respectivamente durante el día 13. A diferencia de estos forrajes, el sorgo tendrá un aumento radical en sus valores, pasando de un 14.75% inicial a un 30.64% final teniendo aumentos bastante considerables a partir del día 7.

Dichos datos se pueden observar graficados en las gráficas 15 y 16

*Grafica 21: Representación en barras de los valores de proteína cruda de los forrajes.*

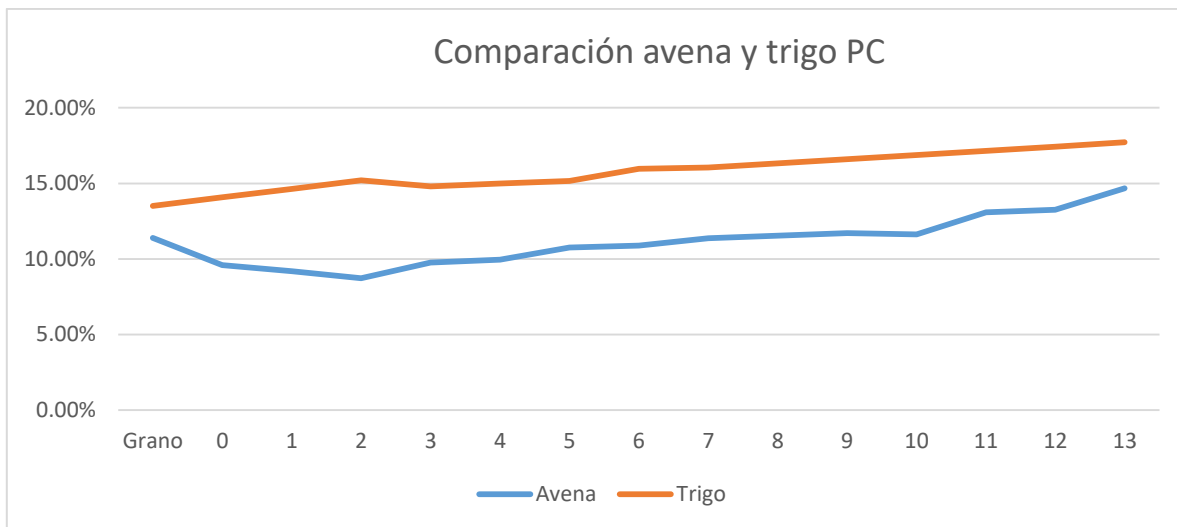


Grafica 22: Representación lineal de los valores de proteína cruda de los forrajes.



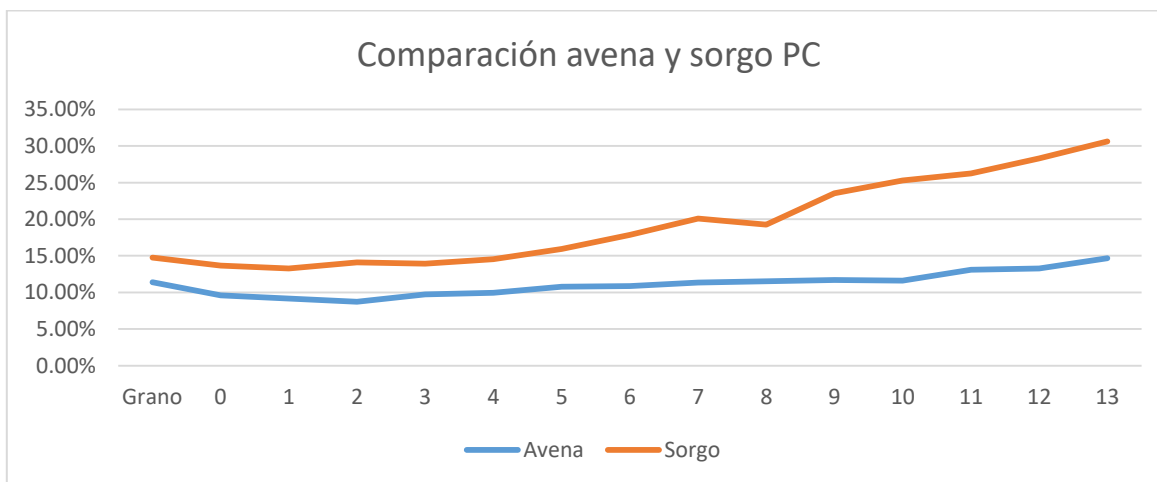
Los datos comparados de los 4 forrajes demuestran que existe una similitud entre los valores de la avena y el Maíz, los cuales permanecerán homogenizados hasta el día 9 donde el maíz obtendrá un aumento significativo que posteriormente se verá alcanzado por la avena durante el día 11, el trigo y el sorgo tienen una similitud en sus valores parecida a los anteriormente expuestos, con la diferencia de que el sorgo tendrá un aumento exponencial de sus valores a partir del día 4 con un aumento constante de pc, con excepción del día 8 en donde tendrá un ligero decremento que después volverá a ser aumentado de manera considerable hasta llegar a un valor de 30.64% pc dejándolo como el forraje con más pc entre los forrajes analizados. El trigo por su parte tuvo un aumento constante, lineal y poco notorio durante los 13 días del experimento.

Grafica 23: Comparativa lineal entre los valores de PC de la avena y el trigo.



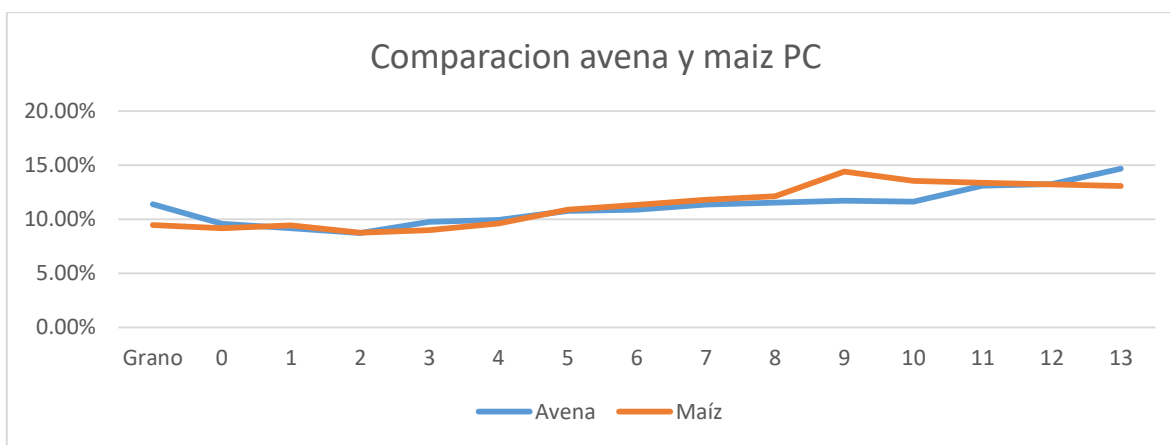
Comparando individualmente los forrajes podemos observar que la PC del trigo en todo momento es superior a la avena sin embargo pese a que como grano tienen un valor de PC con una diferencia de solo el 2% durante el día dos se puede apreciar la mayor diferencia entre ambos forrajes teniendo un 7% más PC el trigo que la avena, dato que se puede apreciar ira disminuyendo a lo largo de los días cerrando la brecha entre ambos forrajes hasta terminar con una diferencia de solo el 3% durante el día 13

Grafica 24: Comparativa lineal entre los valores de PC de la avena y el sorgo.



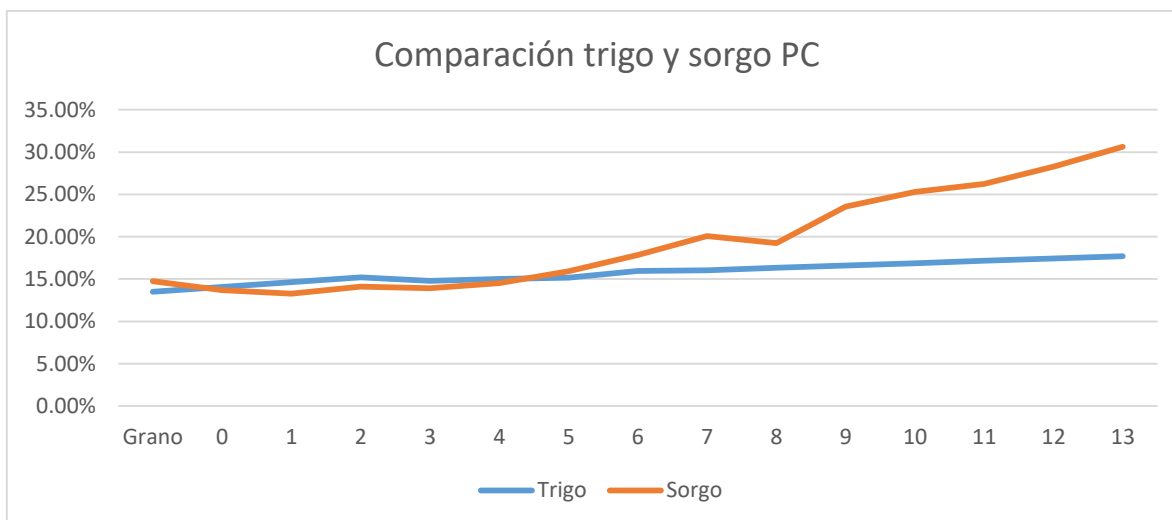
Comparando la avena con el sorgo ambos valores inician con valores muy parecidos como grano teniendo solo una diferencia del 4% más de PC el sorgo que la avena, estos valores permanecerán casi paralelos hasta el día 5 donde los valores del sorgo iniciarán un incremento exponencial creando una brecha final de 16% más de PC en comparación a la avena.

Grafica 25: Comparativa lineal entre los valores de PC de la avena y el maíz.



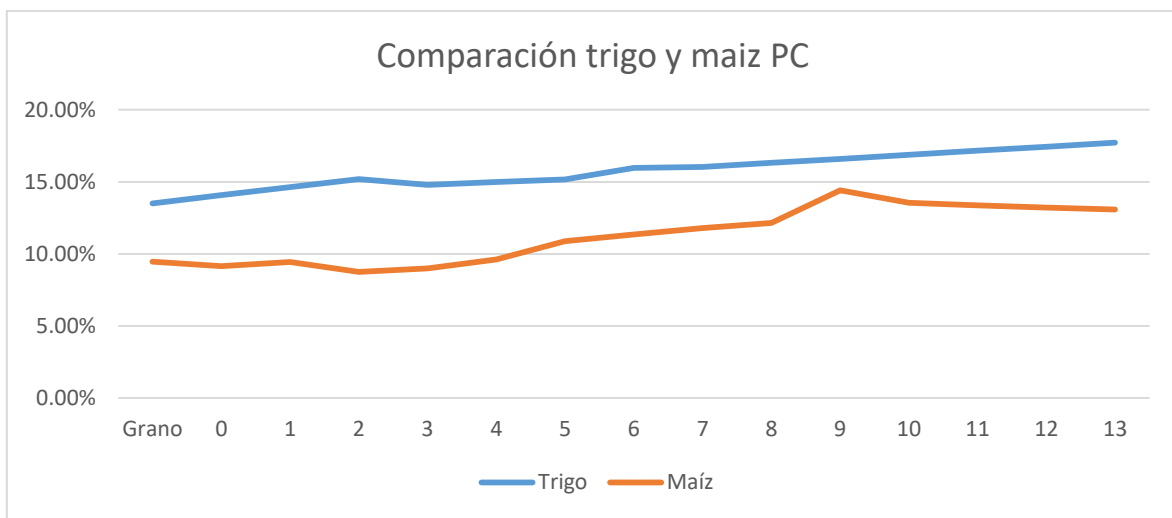
La avena y el maíz presentan los valores más parecidos de PC entre todos los forrajes, teniendo una diferencia en los valores poco relevante en la mayoría de los días, siendo sus únicas excepciones los valores del grano con una diferencia del 2% más de PC de la avena, el día 9 y 10 en donde el maíz tiene un incremento considerable de sus valores teniendo una diferencia del 3 % de PC que descenderá posteriormente y el día 13 donde la avena superará al maíz con un 1% de PC extra.

Grafica 26: Comparativa lineal entre los valores de PC del trigo y el sorgo.



A diferencia del sorgo se puede observar que los valores del trigo tienen un incremento poco notorio, teniendo un incremento de solo el 3% durante todo el experimento. Aunque durante los primeros 4 días el trigo tuvo una pequeña cantidad superior de PC a partir del 5 día el sorgo supera al trigo completamente. Siendo el trigo el forraje que tendrá los valores más aproximados al sorgo en cuanto a PC se refiere.

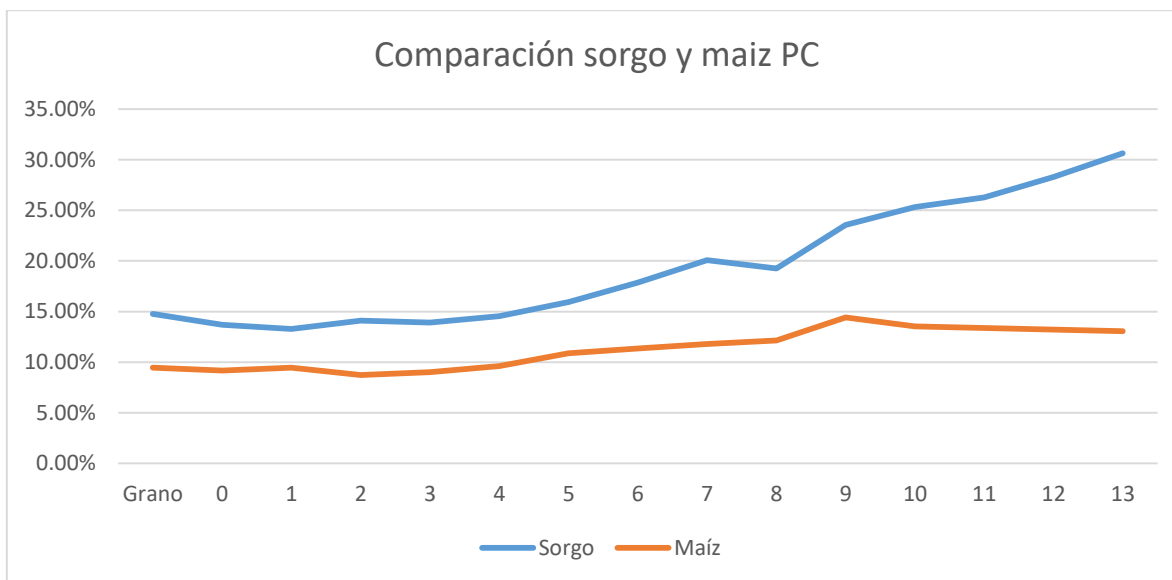
Grafica 27: Comparativa lineal entre los valores de PC del trigo y el maíz.





A diferencia del sorgo el maíz tiene un valor inferior al trigo durante todo el experimento, teniendo una diferencia significativa en todo momento y llegando a una diferencia de hasta 7% más de PC por parte del trigo durante el día 3 y siendo el día 9 el momento donde los valores serán más cercanos con solo una diferencia de 1%.

Grafica 28: Comparativa lineal entre los valores de PC del sorgo y el maíz.



La diferencia más grande se encuentra en el sorgo y el maíz, aunque los valores iniciales tienen una diferencia del 5% el sorgo gana PC a un ritmo mucho más elevado que el maíz en todo momento llegando a una diferencia final del 17%

### **Fibra detergente ácido y fibra detergente neutro:**

Como adición, se midió aparte la Fibra detergente Neutra durante 7 días y la Fibra detergente Acida durante 6 días para poder tener un análisis más profundo sobre el

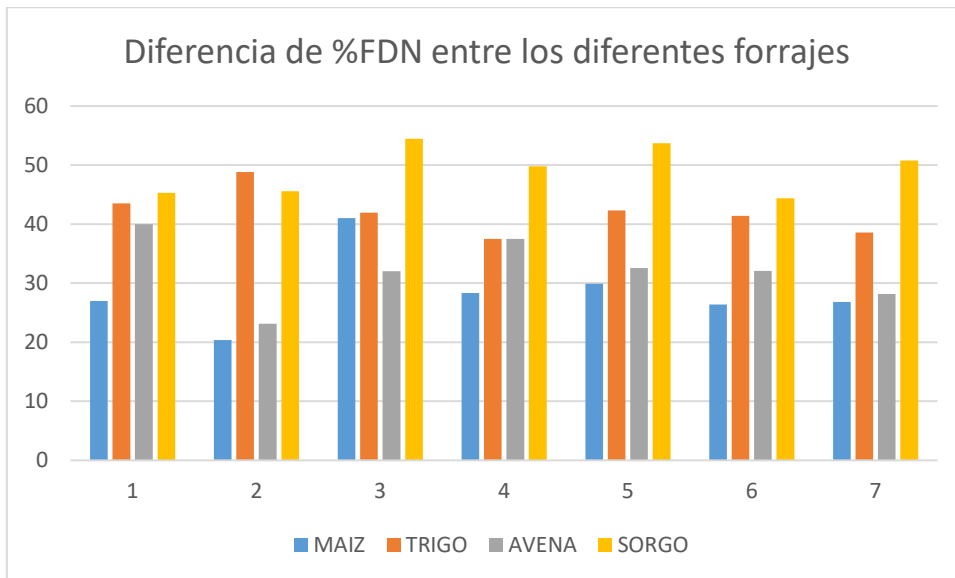
contenido nutricional de los forrajes manejados, los cuales se representan en los siguientes cuadros

*Cuadro 12: Resultados de fibra detergente neutra de los forrajes.*

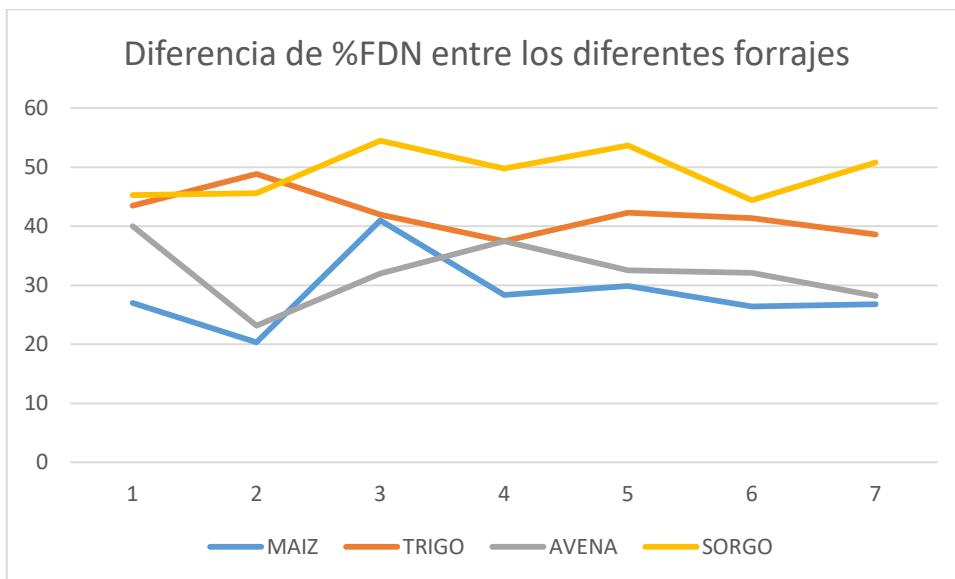
DIA	MAIZ	TRIGO	AVENA	SORGO
1	27	43.5	40	45.3
2	20.35	48.85	23.15	45.6
3	41	41.95	32.02	54.48
4	28.35	37.5	37.5	49.8
5	29.9	42.3	32.56	53.7
6	26.4	41.4	32.1	44.4
7	26.8	38.6	28.2	50.8

Gracias a las siguientes tablas podemos observar que durante los días en los que se presenta una variedad más notoria entre los forrajes respecto a la MS y la PC el nivel de FDN alcanza valores considerables en todos los casos, teniendo como el punto más bajo al maíz durante el día 6.

Grafica 29: Representación en barras entre las diferencias de porcentaje de fibra detergente neutra entre los diferentes forrajes.



Grafica 30: Representación lineal entre la diferencia de porcentaje de FDN entre los diferentes forrajes.



Visto de una manera gráfica podemos observar que los valores discrepan mucho entre si durante todo el proceso, no teniendo ninguna similitud entre los valores, se puede observar también que el maíz a excepción del día 3 prevalece como el forraje con menor porcentaje de FND mientras que el sorgo tiene una dominancia

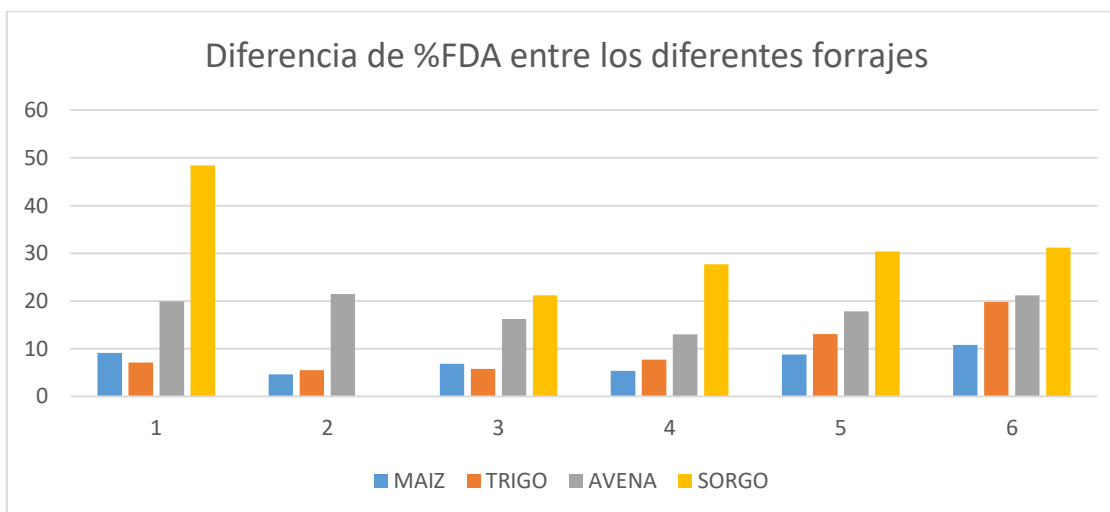
considerable siendo el único que supera el 50% en 2 ocasiones, a su vez se muestra como el trigo y la avena invierten sus valores de manera paralela

Cuadro 13: Resultados de fibra detergente acida de los forrajes.

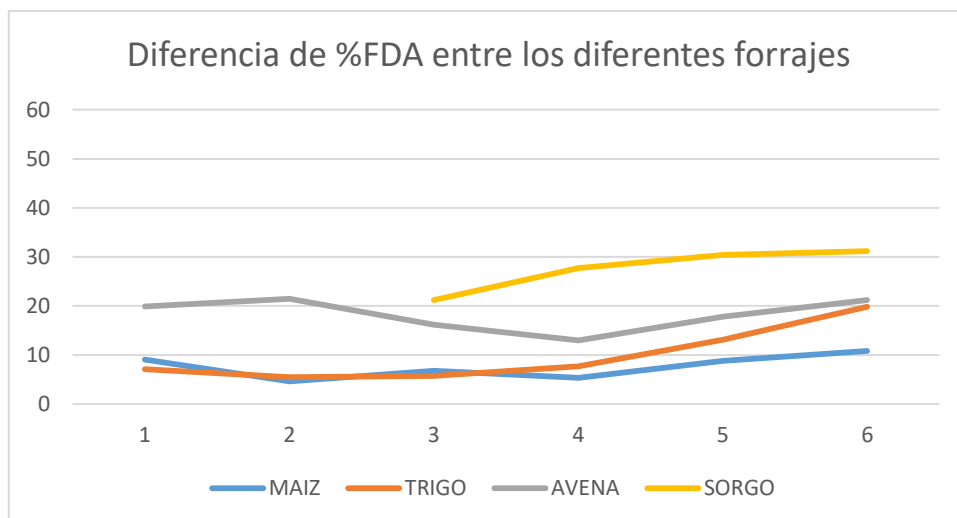
DIA	MAIZ	TRIGO	AVENA	SORGO
1	9.08	7.1	19.9	48.4
2	4.6	5.49	21.45	
3	6.8	5.75	16.2	21.2
4	5.35	7.7	13	27.7
5	8.8	13.1	17.8	30.4
6	10.8	19.8	21.21	31.2

A diferencia del FDN los valores de FDA son bastante poco elevados en su mayoría teniendo como excepción al sorgo el cual tiene una diferencia bastante notoria en comparación al resto

Grafica 31: Representación en barra de la diferencia de porcentaje de FDA entre los diferentes forrajes.



Grafica 32: Representación lineal de la diferencia de porcentaje de FDA entre los diferentes forrajes.



Pasando estos valores a una gráfica se observa que a diferencia de la FDN los valores de la FDA son más sinérgicos tendiendo a una depresión durante el día 2 a 4 y una posterior alza del día 4 al día 6, se puede observar también que el maíz y trigo tienen valores homogéneos hasta el día 3, a partir del cuarto día el trigo empezara a tener un alza que equiparara a la avena en valores.

## Discusión:

Se tiene el concepto de que el forraje verde hidropónico, a partir de las reservas en la semilla, es un alimento que puede ser cosechado a partir de los 15 días (Rivera *et al.*, 2010), sin embargo, los resultados anteriormente mostrados revelan que a partir del día 8 o 9 el forraje ya es apto para su consumo y en su mayoría tendrán un valor nutricional aun mayor que a los 15 días comúnmente establecidos.

por otro lado, en muchos países tropicales, las variaciones climáticas sumadas a la baja calidad de los forrajes existentes en la zona y en el mercado usados en la

producción pecuaria, constituyen 2 de los factores que restringen el desarrollo adecuado de la ganadería. Debido a ello, los productores agropecuarios suministran a sus animales, dietas suplementarias basadas en alimentos concentrados (Espinoza *et al.*, 2004). Por lo anterior, los usos de técnicas diferentes para la alimentación se vuelven necesarias y beneficiosas, volviendo el forraje hidropónico una opción por excelencia para una buena alimentación en el ganado.

Dicho esto, la mayoría de los artículos exponen que, gracias a su valor nutricional y a su volumen, el maíz es uno de los granos por excelencia para la alimentación de los hatos, sin embargo, en este experimento se mostró que el sorgo maneja un nivel de PC mucho mayor al de maíz en todo su ciclo y que a partir del día 9 sus niveles de proteína resultan bastante convenientes a la dieta, convirtiéndolo en una de las selecciones más acertadas, tomando en cuenta que el forraje verde hidropónico en ningún momento pretende remplazar el 100% de la dieta, y tiene un uso como suplemento, dejando a la avena y al maíz como mejores opciones en dietas donde la suma de la proteína cruda sea más elevada.

## Literatura Citada:

- Aguirre, A. C., Rubio, A., Mora López, D., Silva Rubio, I., Olgúin, R., Inía, R. 2014. Producción de forraje verde hidropónico(fvh). Chile
- Arellano, M.R. 2009. Proceso de producción de forraje verde hidropónico. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit. México. 30 p.
- Corona, R. 2011. Producción de forraje verde hidropónico. Engormix, 9
- Depetris, G., Santini, F. 2006. Particularidades nutricionales del grano de maíz en la alimentación de bovinos de carne. Maíz y nutrición, informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. Recopilación de ILSI Argentina. Argentina: 28
- Domanski, C., Giorda, L. M., Feresin, O. 1997. Composición y calidad del grano de sorgo. EEA INTA Manfredi. Arg. Cuaderno de Actualización N° 7. Argentina (en línea). Consultado el día 1 de marzo de 2022. Disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/42-calidad\\_y\\_composicion\\_del\\_grano\\_de\\_sorgo.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/42-calidad_y_composicion_del_grano_de_sorgo.pdf)
- Espinoza, F., Argenti, P., Urdaneta, G., Araque, C., Fuentes, A., Palma, J., Bello, C. 2004. Uso del forraje de maíz (Zea mays) hidropónico en la alimentación de toretes mestizos. Zootecnia Trop., 22(4): 303-315
- FAO. 2001. Forraje verde hidropónico. Manual técnico; mejoramiento de la

dispersión de alimentos en los centros de desarrollo infantil del INNFA.

Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.

FAO. 2001. Forraje verde hidropónico, mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en los centros de desarrollo infantil del innfa. Santiago de Chile.

FAO. 2001. Manual técnico forraje verde hidropónico. Oficina regional de la FAO para américa latina y el caribe.

FAO. 2002. Forraje Verde Hidropónico: Manual Técnico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 69 p

Fernández, M. 2012. Función de la fibra en la alimentación. Nutrición. Vacuno de leche. Mundo ganadero. Consultado el día 2 de septiembre del 2022.

Disponible en:

[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_MG%2FMG\\_2012\\_245\\_60\\_64.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_MG%2FMG_2012_245_60_64.pdf)

Gómez Carus, A., Ceballos Walls, I., Ruiz Moreno, E., Rodríguez Alonso, P.,

Valero Gaspar, T., Ávila Torres, J. M., Varela Moreiras, G. 2017. Datos actuales sobre las propiedades nutricionales de la avena. Fundación española de la nutrición. España.: 8-9

Hughes, M. D. M. E. Heathy D. S. Metcalfe. 1978. Forrajes 5ª Edición. CECSA. México.



INCAP. 2015. Contenidos actualizados de nutrición y alimentación. CADENA.

Instituto de nutrición de Centroamérica y Panamá, Guatemala, Guatemala.

Juárez, I., Morales Rodríguez, H. J., Sandoval Villa, M., Gómez Danés, A., Cruz

Crespo, E., Juárez Rosete, C., Ortiz Catón, M. 2013. Producción de forraje verde hidropónico. <https://www.researchgate.net/publication/275715557>.

Universidad Autónoma de Nayarit, México.

Juárez, L.P., Bugarín, M.R., Castro, B.R., Sánchez-Monteón, A., Cruz-Crespo, E.,

Juárez, P.C.R., Alejo, S.G., Balois, M.R. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida, Revista fuente año 3, No. 8, Julio – septiembre 2011.

Martin de Portela, M. L. P. 2006. Componentes nutricionales del grano de maíz.

Maíz y nutrición, Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. Recopilación de ILSI Argentina. Argentina: 43

Morales Rodríguez, H. J., Gómez-Danés., A., Juárez López, P., Loya Olguín, L.,

Ley de Coss, A. 2012. Forraje verde hidropónico de maíz amarillo (*zea maíz I.*) con diferente concentración de solución nutritiva. Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Nayarit. Nayarit, México.

Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L., Cuadrado, C. 2013. Tabla de composición de alimentos. Guía de prácticas. 16th ed. Madrid: piramide

- Palomino, V. 2008. Producción de forraje hidropónico, primera edición. Perú: macro eirl.
- Pautrat, W. 2008. Producción de forraje verde hidropónico de cebada para la alimentación de cuyes. INIA. Junín, Perú.
- Quillahuaman, A. F., Condori, M. R. 2019. Producción del forraje verde hidropónico con la utilización de tres tipos de ormus – en el centro agronómico kayra – cusco. Cusco, Perú.
- Robles, S. R. 1978. Producción de grano y forraje 2ª edición. LIMUSA.
- Rivera, A. M.M., González. E M, González D, Perdomo D, García DE, Hernández G. 2010. Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de iluminación deficiente. *Zootecnia Trop.* 28(1): 33-41
- Rotar, P. 2004. Hydroponic techniques sprout healthy, inexpensive fodder.
- Disponibile en
- [Http://www.isar.org/Archive/ST/Hydroponics47.HTML](http://www.isar.org/Archive/ST/Hydroponics47.HTML).
- Salas Nuncio, D. 2016. Características generales del trigo blando y trigo duro y para que se utiliza. Monografía. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Division de ciencia animal. Saltillo, Coahuila. Mexico.: 13
- Sánchez, C. 2000. Una experiencia de forraje verde hidropónico en el Uruguay.

[en boletín informativo no. 7, 2000].

<http://www.lamolina.edu.pe/facultad/ciencias/hidroponia/boletin7.htm>.

Santini, F.J., Rearte, D.H., Grigera, J.M. 2003. Algunos aspectos sobre la calidad de las carnes bovinas asociadas al sistema de producción. Jornada de actualización Ganadera. 12 de septiembre de 2003. Balcarce. [www.inta.gov.ar/balcarce/actividad/capacita/jorn\\_ganadera.pdf](http://www.inta.gov.ar/balcarce/actividad/capacita/jorn_ganadera.pdf).

Santos, V. 2009. Producción de forraje verde hidropónico. machu picchu cuy, 60.

Tarrillo, O. 2007. Producción de forraje verde hidropónico.

<http://www.forrajehidroponico.como/arti001.htm>. Arequipa Perú

Valdivia, B. E. 1997. Producción de forraje verde hidropónico. Conferencia internacional en Hidroponía Comercial. Del 6 al 8 de agosto de 1997. UNA la Molina. Lima, Perú.