

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto de la Fertilización Nitrogenada en Variables Agronómicas de Dos Cebadas  
Forrajeras en Navidad, N.L.

Por:

**OSCAR ALEJANDRO OTERO RODRÍGUEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Febrero de 2020.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto de la Fertilización Nitrogenada en Variables Agronómicas de Dos Cebadas  
Forrajeras en Navidad, N.L.

Por:


**OSCAR ALEJANDRO OTERO RODRÍGUEZ**


TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Victor Manuel Zamora Villa  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Modesto Colín Rico  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Arturo Mancera  
Dr. Arturo Mancera Rico  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Febrero de 2020.

## **Agradecimientos**

**A Dios.** Por permitirme la oportunidad de vivir, por darme a los mejores padres, por siempre darme salud y darme las fuerzas y la capacidad de aprender para poder afrontar cada obstáculo que he tenido.

**A la virgen de Guadalupe.** Por siempre llenarme de bendiciones y nunca dejarme solo durante este camino fuera de casa.

**A mi Alma Mater.** Estoy eternamente agradecido por haberme dado la oportunidad de ser parte de ella y así hacer realidad este gran sueño de ser un profesionalista, así como también le doy gracias por haberme dado un techo y alimento durante toda mi carrera, gracias porque viví tantos momentos inolvidables dentro de ella, gracias por todo. ESTOY TAN ORGULLOSO DE SER UN BUITRE DE LA NARRO.

**Al Dr. Víctor Manuel Zamora Villa.** Por haberme dado la oportunidad de realizar este proyecto a su lado por la dedicación orientación para poder llevarlo a cabo y más que nada por su tiempo y confianza que deposito en mi para llegar a la culminación del trabajo.

**Al MC. Modesto Colín Rico.** Por el apoyo brindado durante la realización de este trabajo y por el tiempo que dedicó a la revisión del mismo.

**Al Dr. Arturo Mancera Rico.** por su apoyo externo a la realización de mi proyecto y dedicación de su tiempo para poder concluirlo.

**A mis profesores.** Estoy muy agradecido con todos y cada uno de los maestros que me ayudaron en la formación como profesionalista, teniendo la dicha de adquirir conocimientos por parte de ellos y siempre un apoyo fuera de la universidad.

A mis amigos **Marco Polo, Pedro Omar, Francisco, Hugo, Ricardo, Alfonso, Yaneth,** por haberme acompañado en mi estancia en la universidad, así como apoyándome y dándome ánimos para nunca rendirme y llegar hasta el final de esta etapa.

## DEDICATORIA

### **A mis Padres.**

Magda Irais Rodríguez Reyes por haberme dado la vida, mi abuelo Sebastián Rodríguez Hernández por ser mi figura paterna, me siento muy orgulloso de ser su hijo y de todo el esfuerzo que han empeñado, su apoyo que me brindaron, consejos que en los momentos más difíciles me alentaron a seguir adelante, anhelando que siempre me preparara para enfrentarme a la vida.

Sacrificando gran parte de su vida para formarme y educarme, quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en una persona de provecho. Por lo que soy y por todo el tiempo que les robé pensando en mí, gracias. Hoy se ven cumplidos nuestros esfuerzos y mis deseos, iniciándose una nueva etapa de mi vida en la que siempre estarán en mi corazón.

### **A mis tíos.**

A Leticia, María de Lourdes, Sebastián, José Amando, por siempre confiar en mí y nunca negarme su apoyo a este sueño que hoy se cumple muchas gracias por siempre alentarme a seguir y querer luchar por lo que me proponía muchas gracias.

### **A mis primos.**

Oscar, Juanjo, Daniela, Leticia, Dante, en especial a Alejandra que es como una hermana para mí, siempre estando allí para escucharme para brindarme un apoyo y siempre poder estar allí gracias.

¡A toda mi familia y amigos que creyeron en mí!

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS .....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISION DE LITERATURA .....	3
Origen e Historia de la Cebada.....	3
Producción del cultivo de cebada .....	4
Comercialización y abastecimiento.....	5
Variedades forrajeras.....	6
Calidad forrajera .....	7
Cebada forrajera.....	8
Momento óptimo para el corte de la cebada forrajera .....	9
Caracteres agronómicos relacionados con el rendimiento .....	9
Factores que afectan la calidad de un forraje .....	10
Producción forrajera de cebada en comparación con otros cereales de invierno .....	12
Fertilización Nitrogenada en Cebada.....	13
Efecto de la fertilización nitrogenada .....	13
III. MATERIALES Y METODOS .....	15
Ubicación del experimento.....	15
Material genético .....	15
Preparación del terreno .....	15
Establecimiento del experimento .....	16
Variables evaluadas.....	17
Diseño Experimental.....	18
Análisis Estadístico .....	19
Comparación de medias .....	20

Correlaciones.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
Análisis de varianza para el genotipo CANI85.....	22
Pruebas de medias del genotipo CANI85.....	23
Correlaciones.....	26
Análisis de varianza para el genotipo GABYAN95.....	28
Pruebas de medias del genotipo GABYAN95.....	29
Correlaciones.....	31
Interacción en los genotipos CANI85 y GABYAN95.....	33
V. CONCLUSIONES.....	39
VI. LITERATURA CITADA.....	40

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 4.1.</b> Cuadrados medios y significancia de las variables evaluadas en el genotipo CANI85.....	<b>23</b>
<b>Cuadro 4.2.</b> Pruebas de medias de los tratamientos de fertilización en el genotipo CANI85.....	<b>25</b>
<b>Cuadro 4.3.</b> Pruebas de medias para los muestreos realizados en el genotipo CANI85.....	<b>26</b>
<b>Cuadro 4.4.</b> Correlaciones y significancia en el genotipo CANI85.....	<b>27</b>
<b>Cuadro 4.5.</b> Cuadrados medios y significancia de las variables evaluadas en el genotipo GABYAN95.....	<b>29</b>
<b>Cuadro 4.6.</b> Pruebas de medias de los tratamientos de fertilización GABYAN95	<b>30</b>
<b>Cuadro 4.7.</b> Pruebas de medias para los muestreos realizados GABYAN95.....	<b>31</b>
<b>Cuadro 4.8.</b> Correlaciones y significancia en el genotipo GABYAN95.....	<b>32</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 4.1.** Altura de planta en cuatro fechas de muestreo de las variedades de cebada CANI85 y GABYAN95 con cinco dosis de nitrógeno. .... 33
- Figura 4.2.** Contenido de CLORO en cuatro fechas de muestreo de las variedades de cebada CANI85 y GABYAN95 con cinco dosis de nitrógeno. .... 34
- Figura 4.3.** Cobertura de planta en cuatro fechas de muestreo de las variedades de cebada CANI85 y GABYAN95 con cinco dosis de nitrógeno. .... 35
- Figura 4.4.** Etapa fenológica de planta en cuatro fechas de muestreo de las variedades de cebada CANI85 y GABYAN95 con cinco dosis de nitrógeno.. 36
- Figura 4.5.** Peso seco de la hoja bandera (PSHB) en cuatro fechas de muestreo de las variedades de cebada CANI85 y GABYAN95 con cinco dosis de nitrógeno..... 37
- Figura 4.6.** Peso seco de la espiga (PSE) en cuatro fechas de muestreo de las variedades de cebada CANI85 y GABYAN95 con cinco dosis de nitrógeno.. 38

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de evaluar el comportamiento de dos genotipos de cebada forrajera (CANI85 y GABYAN95) desarrolladas por el Programa de Cereales de Grano pequeño de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) se establecieron bajo dosis de fertilización nitrogenada de: 0, 60, 120, 180, 240 unidades de nitrógeno por hectárea usando sulfato de amonio como fuente de dicho elemento, más 80 unidades de fósforo usando fosfato monoamónico (MAP), durante el verano del 2018 en Navidad, N.L., con el objetivo de evaluar la respuesta de variables agronómicas y tecnología de infrarrojos a la fertilización nitrogenada en dos cebadas forrajeras.

El experimento se realizó en dos fases las cuales fueron: campo y laboratorio. Fase en campo: Se llevó a cabo en el ciclo otoño-invierno (2018-2019) en el campo experimental "Navidad" propiedad de la UAAAN, ubicado en el Estado de Nuevo León, Municipio de Galeana. La fase de laboratorio se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el Laboratorio de Fisiotecnia. El primer muestreo se realizó a los 74 días después de la siembra, tomando la primera lectura de los parámetros estudiados, se evaluaron semanalmente las variables agronómicas: temperatura (TEM), Altura de la planta (ALTURA), Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI), Etapa fenológica (ETAPA), Cobertura (COB), Clorofila (CLORO), Peso en fresco y seco de la hoja bandera (PVHB, PSHB) y Peso en fresco y seco de la espiga (PVE, PSE) de ambos genotipos, realizando un total de cuatro determinaciones hasta que la planta alcanzó la madurez fisiológica.

La siembra se realizó manualmente a chorrillo a una densidad de siembra de 120 kg ha<sup>-1</sup>, la parcela experimental fue de 6.3m<sup>2</sup> (6 hileras de 3 m de longitud a 0.35 m entre hileras). Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se realizaron análisis de varianza como parcelas divididas para cada uno de los genotipos, considerando los muestreos como parcela grande y los genotipos como parcela chica, pruebas de medias mediante DMS y correlaciones.



En el análisis de varianza para los dos genotipos resultaron diferencias significativas en las variables: TEM, ALTURA, COB, CLORO, PVHB, PSHB y PVE para muestreos y tratamientos. En el genotipo CANI85 se reportaron dos grupos de significancia en las variables: TEM, ALTURA, ETAPA, COB, PVHB, PSHB y PSE, ya que para GABYAN95 se detectaron cuatro grupos de significancia para ALTURA, CLORO y PVHB entre tratamientos. Para los muestreos se detectaron también los grupos de significancia y en particular se resalta que en el genotipo CANI85 las variables: TEM, ALTURA, ETAPA, PVHB y PSHB alcanzaron su mayor valor en el último de los muestreos realizados, en tanto que GABYAN95 solo lo hizo en las variables TEM y ETAPA.

Con los promedios a través de los tratamientos de fertilización y muestreos, se obtuvo el coeficiente de correlación entre pares de variables y en CANI85 se detectaron correlaciones positivas y significativas en cinco pares de variables y negativas y significativas en dos pares. En la variedad GABYAN95 se detectaron correlaciones positivas y significativas en nueve pares de variables y negativas y significativas en dos pares. En ambos genotipos se detectó una asociación positiva entre el NDVI con las variables COB y CLORO, pero negativa con ETAPA. El PSE se asoció positivamente con la variable ETAPA.

Las variables que más respondieron a los tratamientos de fertilización en ambos genotipos fueron la temperatura Dosel, el peso seco de la hoja bandera y el peso verde de espiga. De los dos genotipos evaluados GABYAN95 mostró la mayor respuesta a la fertilización nitrogenada, en variables como: altura de planta, cobertura, etapa fenológica y peso seco de hoja bandera. CANI85 no presentó interacción de los muestreos con los tratamientos de fertilización, mientras que GABYAN95 lo hizo en la etapa fenológica, cobertura y contenido de clorofila, apoyando la conclusión anterior. En el segundo y tercer muestreo se detectaron las mejores respuestas en las variables agronómicas.

## I. INTRODUCCIÓN

Las especies consideradas como cereales de grano pequeño son gramíneas anuales autógamias, como trigo, triticale, avena y cebada, son cultivadas para alimentación humana, o como forraje y en la producción de concentrados para animales. Aunque la producción de cebada, tradicionalmente se canaliza a la elaboración de cerveza, a lo largo de los años, se ha tenido la alternativa de emplear variedades forrajeras útiles para pastar, cortarse y almacenarse en silos o para cosechar, tanto en grano como en verde para forraje, específicamente en alimentación de ganado vacuno, porcinos y en la avicultura.

Los estados de Hidalgo, Sonora, Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Coahuila y Querétaro sobresalen en la producción de cebada en la modalidad de riego y temporal; en el informe de SAGARPA en 2009, indicaron que el 25.1% de la producción de cebada nacional estaba destinada a la industria y tan solo el 1.16% al consumo pecuario, llegando a tener un aumento hasta de 33.4% de producción en el 2016, como materia prima para la elaboración de cerveza (Comunicado de prensa de SAGARPA, 2017), sin mencionar los porcentajes en forraje; en el Bajío por ejemplo, existe muy poco volumen que sea del tipo destinado para la alimentación del ganado; por el contrario, cebada que originalmente fue sembrada para la producción de malta, y debido a que no reúne los requisitos mínimos establecidos por las comercializadoras de éste grano, es que se destinan para otros usos (Espinoza, 2003).

En los cultivos de cereales, la fertilización nitrogenada es una herramienta que permite alcanzar rendimientos elevados e incrementar su contenido proteico. En una red realizada durante dos años en las principales regiones productoras del país, se observaron respuestas significativas a la fertilización nitrogenada inicial en 7 de 19 ensayos, donde el rendimiento aumentó entre el 24 y 45 % (Loewy et al., 2004).

Como sucede con el resto de los cereales de invierno, el nitrógeno (N) incrementa los rendimientos de cebada cuando se agrega en suelos deficientes en materia orgánica (Bergh et al., 2000; Ferraris et al., 2008; Fontanetto et al., 2009; Prystupa et al., 2003 y 2008), pero asimismo la aplicación de fertilizantes nitrogenados puede disminuir el calibre e incrementar el contenido proteico (Prystupa et al., 1998).

Una de las situaciones que se están viviendo en la producción de cebada para grano y forraje, en el Noreste de México, es poca disponibilidad de materiales comerciales, que cumplan las necesidades de los productores, además de ofrecer semilla de baja calidad y/o que presentan baja calidad de nutrientes en los forrajes. A lo largo de los últimos cinco años, el Programa de cereales de grano pequeño de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ha generado nuevas líneas derivadas de la variedad GABYAN95, la cual presenta características de stay green (característica de suma importancia, por mantener el follaje casi siempre verde (Thomas y Howarth, 2000), con muy buenos rendimientos y calidad en la semilla; además de ser una de las metas del Programa, el contribuir en el mercado agronómico con mayor diversidad de materiales genéticos con doble propósito por la característica de stay- green, servirá para la alimentación para el ganado así como la producción de grano para la industria alimenticia.

## **Objetivo**

Evaluar la respuesta de variables agronómicas relacionadas con la producción de forraje seco en dos genotipos de cebada (GABYAN95, CANI85) a diferentes dosis de fertilización nitrogenada.

Estudiar la respuesta de peso de espiga y hoja bandera a diferentes dosis de fertilización nitrogenada.

## **Hipótesis**

La variedad GABYAN95 presenta mejor respuesta que CANI85 en las variables estudiadas.

## II. REVISION DE LITERATURA

### Origen e Historia de la Cebada

Su cultivo se conoce desde tiempos remotos y se supone que procede de dos centros de origen situados en el Sudeste de Asia y África septentrional. Se cree que fue una de las primeras plantas domesticadas al comienzo de la agricultura. En excavaciones arqueológicas realizadas en el valle del Nilo se descubrieron restos de cebada, en torno a los 15.000 años de antigüedad, además los descubrimientos también indican el uso muy temprano del grano de cebada molido (infoagro.com ,2019).

La cebada cultivada (*Hordeum vulgare*) desciende de la cebada silvestre (*Hordeum spontaneum*), la cual crece en Oriente Medio. Ambas especies son diploides ( $2n=14$  cromosomas). Su cultivo se remonta al antiguo Egipto, fue un producto importante para el desarrollo de esta civilización; en el libro del Éxodo se cita en relación a las plagas de Egipto. También fue conocida por los griegos y los romanos, quienes la utilizaban para elaborar pan, y era la base de alimentación para los gladiadores romanos. En Suiza se han encontrado restos calcinados de tortas elaboradas con granos de cebada toscamente molidos y trigo que datan de la Edad de Piedra.

Durante muchos siglos la distinción de clases también afectó al tipo de cereal que estaba permitido consumir: en Inglaterra hasta el siglo XVI los pobres solo tenían permitido consumir pan de cebada mientras que el pan de trigo estaba destinado a la clase alta; a medida que el trigo y la avena se fueron haciendo más asequibles, se acabó con el uso de la cebada para hacer pan (Cendrero,1938).

## **Producción del cultivo de cebada**

### **Nivel mundial**

Durante el período 2016-2017 el comercio mundial de cebada logró un volumen aproximado de 24 millones de toneladas. En la serie histórica, si bien los volúmenes totales de cebada comercializada muestran fluctuaciones interanuales, se observa un crecimiento sostenido. En relación al uso, del total de cebada comercializada, en el entorno de un 80 % corresponde a cebada con destino forrajero. Por otra parte, en términos de volumen físico la cebada cervecera comercializada en la serie histórica registra una tendencia estable. En el período 2016/2017 en el mundo se produjeron algo más de 147.167 millones de toneladas de cebada. Los mayores productores de este cereal son la Unión Europea, Rusia, Australia, Canadá, Turquía, Ucrania, Estados Unidos de América y Argentina (Donato y Loza, 2017).

### **Nivel nacional**

Durante 2016, la producción de cebada -materia prima para la elaboración de la cerveza- aumentó 33.4 por ciento respecto a lo obtenido en el año anterior, reflejo de una mayor productividad en el campo. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) informó que al cierre preliminar del año pasado, la producción de este cultivo alcanzó 965 mil 332 toneladas, lo que representa un volumen adicional de 241 mil 953 toneladas, De 2013 a 2016 se registró un incremento en la producción de cebada en 67.2 por ciento, precisó la dependencia según el reporte de avance de siembras y cosechas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Esto refleja un promedio de producción de 773 mil 940 toneladas, con una Tasa Media Anual de Crecimiento (TMAC) de 13.7 por ciento, expone en un comunicado la dependencia federal (El financiero,2019).

La cebada se produce en 16 entidades del país, las cinco principales son Guanajuato, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y México, que en conjunto aportan 859 mil toneladas, es decir, 89 por ciento del volumen nacional. Guanajuato produce

372 mil 167 toneladas; Hidalgo, 268 mil 595 toneladas; Tlaxcala, 83 mil 469; Puebla, 68 mil 508 toneladas, y el Estado de México, 66 mil 393 toneladas. A nivel entidad, los crecimientos más importantes registrados en 2016 corresponden a Nuevo León, 334 por ciento; San Luis Potosí, 184.3 por ciento; Durango, 157.2 por ciento; Michoacán, 104.5 por ciento; Querétaro, 80.5 por ciento, y Guanajuato, 77.2 por ciento. La producción creció en Oaxaca, 35.4 por ciento; Hidalgo, 26.3 por ciento; Estado de México, 20.6 por ciento; Jalisco, 19.1 por ciento, y Puebla, 16.6 por ciento, entre otros.

### **Comercialización y abastecimiento**

Con base al uso final de la cebada es importante destacar que existen básicamente dos tipos de cebada, la que es destinada para la alimentación de los animales y la que es destinada para la producción de malta, por lo que el productor deberá decidir que variedad va a sembrar y cuál es la finalidad de esta misma. Dicha decisión también se encuentra sujeta a la cadena agroalimentaria ya que la producción de cebada maltera por lo regular es a través de contratos con las compañías comercializadoras de estas variedades de grano, mientras que en la producción para alimentación de ganado la venta por lo general se lleva a cabo de comercializadores los que a su vez se encargan de suministrar el producto a plantas procesadoras de alimentos balanceados.

Las exigencias principales del mercado nacional en cuanto a calidad de la cebada para producción de malta consisten en que el grano presente buenas condiciones físicas y fisiológicas, sin plagas, con una germinación mínima de 85%, humedad igual o menor al 14%, buen tamaño de grano, porcentajes de grano desnudo o quebrados menores del 5%, menos de 2% de impurezas, un máximo del 10% de grano dañado y hasta 10% de mezclas con otras variedades de cebada. Estas exigencias son fundamentales para que el productor de malta pueda obtener el máximo rendimiento de extracto de 5 % de malta por tonelada de cebada, materia prima en la elaboración de cerveza, principalmente (Deloya, 2007).

En cuanto el uso de variedades recomendadas es el que permite asegurar el tipo de producto o la destinación de la cosecha, utilizar parcelas que no impliquen riesgo de contaminación de granos, control adecuado de plagas y malezas, así como un adecuado manejo del producto durante la cosecha y arrastre esto permite satisfacer las exigencias del industrializador. Pero ya que existen muy pocas variedades de cebada destinadas a la alimentación del ganado, en ocasiones la que es para producción de malta ya que no pasa las exigencias de la empresa que utiliza la materia prima esta es destinada para la realización de alimentos balanceados (Espinoza, 2003).

En cuanto a variedades existentes en México, podemos hacer mención de manera cronológica que en la década de los 60"s se desarrollaron variedades malteras como: Toluca, Promesa, Porvenir, Apizaco y Apan (6 hileras); para la década de los 70"s se liberaron: Zoapila, Celaya, Puebla, Cerro Prieto, Centinela, y Tlaxcala (6 hileras); y en los 80"s las variedades: Guanajuato (2 hileras) y Esperanza (6 hileras), en los 90"s IASA liberó Gabyota, ambas de 2 hileras. Adabella fue liberada en 2004, esta variedad está adaptada a condiciones de temporal en los Valles Altos (Altiplano), es tolerante a la roya lineal y de la hoja. Alina y Armida fueron comercialmente liberadas en 2006 para Bajío (riego), (Zeferino, 2012).

### **Variedades forrajeras**

El Catálogo Nacional de Variedades Vegetales en su informe de 2018 da a conocer 20 nuevas variedades de cebada; ADABELLA, ALICIAN221, ALINA, ARMIDA, BRENNUS, CAPUCHONA, CENTINELA, CERRO PRIETO, CUCAPAH87, DOÑA JOSEFA M08, ESMERALDA, ESPERANZA, EXPLORER, GABYAN95, GABYOTA, GUANAJUATO, MARAVILLA, NEZTLI, PRUNELLA, TRAVELER, de las cuales destacan como cebadas forrajeras GABYAN95 y ALICIAN221 liberadas por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (SNICS, 2018).

## **Calidad forrajera**

Existen dos características importantes que debe de cubrir un cultivar para la obtención de forraje. Una es producir la mayor cantidad de biomasa posible, y la otra es la calidad de la biomasa producida en términos de materia digestible (Cooper y Morris, 1986).

Para obtener los mejores resultados en cuanto a rendimiento y calidad nutricional de las especies forrajeras se requiere contar con variedades que tengan buena adaptación a la zona de producción (Valdés, 2006).

Entre las principales características de una buena planta forrajera se tienen las siguientes: 1. Alto valor nutritivo

2. Fácil establecimiento

3. Estabilidad de la producción de forraje

4. Buena palatabilidad

5. Adaptación a factores particulares (inundación, corte, conservación, respuesta a la fertilización etc.)

6. Ausencia de sustancias tóxicas o anti nutricionales

7. Índice de área foliar elevado

8. Alta proporción de hojas con relación a los tallos

9. Tolerancia a condiciones adversas

10. Periodo vegetativo largo

La calidad forrajera ha sido definida en muchas formas, pero usualmente en relación a la respuesta del animal a una ración alimenticia y su conversión a aumento de peso, producción de leche o lana. Otros medios asociados con la respuesta del animal que también da una idea de la calidad forrajera son palatabilidad, composición nutritiva y digestibilidad, energía total y producto rumiante final. La



calidad del forraje ha sido estimada de plantas con atributos como proporción de hojas con respecto a tallos y estados de madurez de la planta (Lucas, 1963).

Dietz (1970) menciona que la calidad del forraje para animales en pastoreo está determinada por: (1) la palatabilidad del forraje y la cantidad ingerida por el animal; (2) los niveles de nutrientes importantes en la porción de la planta consumida; (3) la habilidad de los animales para digerir estos nutrientes; (4) la eficiencia de los nutrientes para su mantenimiento, crecimiento, reproducción, engorda y otros procesos y actividades.

### **Cebada forrajera**

Las cebadas forrajeras son específicamente desarrolladas para forraje utilizadas en la alimentación del ganado, las forrajeras producen más altos rendimientos de biomasa que las alimenticias convencionales. Estas también proveen más energía por tonelada de materia seca de toda la planta lo que la hace que sea de mayor calidad y una fuente forrajera más costeable que las convencionales. (Forage Barleys for Manitoba, 2006)

Poehlman (1981), menciona que las cebadas que se utilizan para alimentación del ganado deben ser de alta productividad, por lo que se busca:

- ❖ Elevado ahijamiento
- ❖ Elevado número de granos por espiga
- ❖ Alto peso hectolitro
- ❖ Resistencia al acame
- ❖ Resistencia al desgrane
- ❖ Resistencia a enfermedades
- ❖ Elevado contenido de proteínas

El valor nutritivo del forraje va disminuyendo conforme avanza en edad, pero si la cebada se henifica antes de espigar, tendrá mucho mayor porcentaje de proteínas que si se henifica cuando ha madurado el grano.

### **Momento óptimo para el corte de la cebada forrajera**

El momento óptimo de corte de los cultivos forrajeros utilizados como heno y como único alimento, depende además de los factores propios del cultivo, de los requerimientos del animal que va a ser alimentado. El momento óptimo de corte de cebada forrajera es en inicio de floración y en estado vegetativo cuando se van a alimentar borregos en crecimiento u ovejas en comienzo de gestación; si el cultivo acepta más de un corte, el momento óptimo sería en estado vegetativo avanzado, independientemente del estado fisiológico de los ovinos (Orcarberro y Briseño 1983).

Sledler et al. (1988) citado por Salazar (1989) al pastorear novillos en cebada, triticale y trigo, encontraron que los valores para digestibilidad de los nutrientes, composición química del líquido y suero rumial y la ganancia de peso variaron en el orden triticale = cebada > trigo.

### **Caracteres agronómicos relacionados con el rendimiento**

El rendimiento depende de muchas características, tales como son la capacidad de amacollamiento, el desarrollo radicular y la formación potencial de semillas (Rojas, 1977).

Convento (1978), discute sobre de la importancia de diferentes factores característicos de la planta que influyen en el rendimiento, los cuales se presentan a continuación:

Altura de planta. Es el factor más importante para determinar la respuesta al nitrógeno en arroz y trigo.

Las plantas demasiado altas generalmente presentan acame temprano y efecto de disturbios en el movimiento de fotosintatos en el sistema vascular de la planta. Establece también que se ha encontrado una estrecha asociación entre la altura de la planta y otras características tales como las hojas erectas y relación paja – grano.

Características de la hoja. Algunas características de la hoja están relacionadas con la habilidad para mayor rendimiento entre estas, la principal es la posición erecta de la hoja. El ángulo de la hoja con respecto al tallo está estrechamente correlacionado con la respuesta al nitrógeno en arroz, cebada y trigo.

Por lo anterior, el ángulo de la hoja se ha usado con mucho éxito como un criterio de selección en el mejoramiento para alto rendimiento.

Capacidad de amacollamiento. Esto se ha dividido en dos aspectos: En relación con el espacio que ocupan los tallos y el relacionado con la capacidad para producirlos, los tallos de una misma planta pueden estar juntos (tipo cerrado) o dispersos (tipo abierto), considerando al primero como el más deseable para obtener altos rendimientos.

Espiga. La relación paja – grano (índice de cosecha), es otro criterio importante en la selección de variedades para alto rendimiento. Existe una gran variación respecto a este factor entre las variedades de arroz, trigo, cebada, maíz y otros, ya que este factor influye en los niveles de nitrógeno, espaciamiento entre plantas, medio ambiente y en cierto grado de diferencia varietal.

### **Factores que afectan la calidad de un forraje**

Prácticamente todo puede afectar la calidad del forraje de una u otra forma. La humedad y fertilidad del suelo son importantes mientras el forraje está creciendo. Generalmente, cuando mejores son las condiciones de crecimiento, más alta es la calidad del forraje. Con buenas condiciones de crecimiento, el factor más importante en afectar la calidad, es la etapa en la cual se encuentre el cultivo a la cosecha. El forraje más maduro es menos nutritivo, las plantas más viejas generalmente tienen menor proporción de hojas y alta proporción de tallos (fibras altamente indigestibles), los tallos jóvenes, hojas y flores tiernas, proveen la mayor calidad del forraje. Los productores y usuarios de forraje reconocen que la calidad no se mejora después de la cosecha; el proceso de cosecha puede sin embargo reducir la calidad del forraje, por ejemplo, la pérdida de hojas a causa de la lluvia o por excesivo

rastrillado en el manejo, disminuye la calidad; empacar el heno muy húmedo, puede causar exceso de calentamiento y favorecer el desarrollo de mohos.

La calidad del forraje puede también reducirse durante el almacenamiento, heno sin cubrir almacenamiento a la intemperie pierde nutrientes por la acción de la lixiviación causada por la lluvia; cuando el heno viene húmedo (por lluvia o por la absorción de humedad del suelo) puede echarse a perder aun cuando haya estado adecuadamente seco al ser empacado (<http://www.osuextra.com>)

Se consideran dos tipos de forraje y partiendo de ellos se toma en cuenta el tipo de cultivo y el momento óptimo de cosecha de cada uno. El primer tipo son los forrajes henificados en donde se encuentran las leguminosas, su momento óptimo de recolección es cuando se cuenta con un 10% de floración, las hierbas se cosechan cuando el encañado es de 20-30 cm, las mezclas son según el estado de las leguminosas presentes, el segundo tipo son los forrajes ensilados dentro de ellos se encuentra el maíz en el cual el momento óptimo es cuando el grano se encuentre en estado pastoso con un 60-70 % de humedad, la cebada y el centeno se cosechan al inicio de la floración.

En los forrajes que admiten varios cortes o cosechas por temporada, deberemos tener en cuenta que, a partir del segundo rebrote, cuanto más tiempo transcurre entre los cortes más aumenta el contenido en material lignificado y menor es su calidad, siendo aconsejable no superar las 4-6 semanas entre cortes sucesivos. Los diferentes métodos de conservación de forrajes por muy bien que se lleven a cabo, suponen pérdidas de materia seca, que son asumibles siempre y cuando la técnica de conservación se aplique de forma correcta. En cualquier caso, hay que intentar minimizar dichas pérdidas de valor nutritivo.

(<http://www.perulactea.com/2014/12/05/parametros-para-evaluar-la-calidad-de-losforrajes/>)

## **Producción forrajera de cebada en comparación con otros cereales de invierno**

García y Ayala (1981), al trabajar sobre potencial forrajero en avenas, cebadas y triticales en tres localidades de Zacatecas bajo condiciones de temporal, encontraron que la variedad de Cebada Apizaco y la de Triticale Cananea – 79 tuvieron la mayor eficiencia de producción de materia seca por milímetros de precipitación pluvial, con un rendimiento de 3 – 4.5 t/ha con una precipitación durante el ciclo de 391 mm.

Poland *et al.* (2004), evaluaron por dos años en Dakota del Norte el efecto de especies forrajeras (avena y cebada) y en cebada el tipo varietal (forrajeras o de grano) sobre el rendimiento y calidad forrajera. Diez variedades en 2002 (5 avenas, 3 cebadas forrajeras y dos de grano) y doce en el 2003 (6 avenas, 2 cebadas forrajeras y 4 de grano). En el año 2002 el porcentaje de proteína cruda PC (13.5 y 12.0 %) fue significativamente superior en las cebadas de grano respecto a las forrajeras ( $P=0.02$ ) pero las concentraciones de FDA, FDN, TND, digestibilidad in vitro de la materia seca (IVDMD) y rendimiento de materia seca (MS), proteína cruda (PC) e INVDMD no difirieron entre tipos de cebada ( $P 0.05$ ). Las concentraciones de PC, IVDMD y los rendimientos de MS, PC e IVDMD fueron mayores en cebada que en avena.

En el año 2003, el tipo de forraje no afectó el rendimiento ni los parámetros de calidad. Las concentraciones de FDA, FDN Y TND se redujeron, en tanto que en la IVDMD se incrementó en cebada en comparación con avena. En ambos años la proporción de IVDMD y TND no difirió entre tipo de forraje, pero fue mayor en cebada que en avena. los autores mencionan que la información obtenida sugiere que las cebadas forrajeras no son superiores a las de grano en producción de forraje; sin embargo, la cebada forrajera es de calidad superior y puede producir tanto y más forraje que la avena en las Planicies del Norte.

## **Fertilización Nitrogenada en Cebada**

El manejo del nitrógeno (N) no sólo afecta el rendimiento, sino también el contenido proteico del grano y la variabilidad de situaciones de suelo, clima y manejo existentes justifican ajustar la dosis de N en cada sitio.

En los cultivos de cereales, la fertilización nitrogenada es una herramienta que permite alcanzar rendimientos elevados e incrementar su contenido proteico. En una red realizada durante dos años en las principales regiones productoras del país, se observaron respuestas significativas a la fertilización nitrogenada inicial en 7 de 19 ensayos, donde el rendimiento aumentó entre el 24 y 45 % (Loewy et al., 2004).

Como sucede con el resto de los cereales de invierno, el nitrógeno (N) incrementa los rendimientos de cebada cuando se agrega en suelos deficientes en materia orgánica (Bergh et al., 2000; Ferraris et al., 2008 ; Fontanetto et al., 2009 ; Prystupa et al., 2003 y 2008), pero asimismo la aplicación de fertilizantes nitrogenados puede disminuir el calibre e incrementar el contenido proteico (Prystupa et al., 1998).

## **Efecto de la fertilización nitrogenada**

En algunos estudios relacionados se ha demostrado que el incremento en la dosis de nitrógeno aplicado al suelo se ve reflejado en una mayor acumulación de biomasa, del mismo modo al incrementar la cantidad de nitrógeno en etapas de alta demanda de este elemento se espera un incremento de otros componentes de rendimiento de forraje como son el número de tallos por metro cuadrado y la relación hoja-tallo (Gil et al., 2014).

La mayoría de trabajos realizados con el uso de cereales forrajeros se centran en la mejora de los rendimientos sin prestar mucha atención a los cambios implícitos en su contenido nutricional. Para el caso de la calidad nutricional de cereales

forrajeros el nitrógeno tiene especial importancia ya que la cantidad y calidad de las proteínas que contenga el forraje, dependerá de la cantidad de nitrógeno absorbido por la planta, siendo el contenido proteico uno de los aspectos más importantes para la obtención de un forraje de buena calidad (Goodwall, 1987).

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **Ubicación del experimento**

El presente trabajo se realizó en dos fases, las cuales fueron: campo y laboratorio. Fase en campo: Se llevó a cabo en el ciclo otoño-invierno (2018-2019) en el campo experimental "Navidad" propiedad de la UAAAN, ubicado en el Estado de Nuevo León, Municipio de Galeana Latitud: 25° .05` Longitud: -100.617, altitud es de 1890 msnm.

Fase laboratorio: Una vez realizado el muestreo de hoja bandera y espiga, fue llevada a las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, para determinar el peso verde y seco de ambos componentes en el Laboratorio de Fisiotecnia, situado geográficamente a 25° 22` Latitud Norte, Longitud Oeste de 101°00`, Altitud es de 1742 msnm.

#### **Material genético**

El material genético utilizado consistió en dos genotipos de cebada GABYAN95 y CANI85, desarrolladas por el programa de cereales de la UAAAN. El genotipo CANI85 tiene como progenitor femenino la variedad GABYAN95.

#### **Preparación del terreno**

La preparación del terreno consistió en las labores tradicionales utilizadas para el establecimiento de cereales de grano pequeño de invierno en las regiones donde se siembra bajo condiciones de riego.



## **Establecimiento del experimento**

### Densidad y método de siembra

Se realizó la siembra de los genotipos, a una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> en parcelas de 6.30 m<sup>2</sup>, (seis surcos de 3 m de longitud y espaciados a 0.35 m) sembrando manualmente, a chorrillo y en seco.

### Fecha de siembra

La siembra se realizó el 13 de junio de 2018

### Fertilización

Se aplicaron dosis de fertilización nitrogenada de: 0, 60, 120, 180 y 240 unidades de nitrógeno por hectárea, usando sulfato de amonio como fuente de dicho elemento, más 80 unidades de fósforo utilizando Fosfato Monoamónico (MAP) para suplir dicho nutriente; a la siembra se aplicó la mitad de la dosis de nitrógeno y todo el fósforo y en el primer riego de auxilio se aplicó el resto de nitrógeno con la misma fuente. Las malezas se controlaron manualmente, y no se aplicó ningún insecticida o fungicida.

### Muestreos

El primer muestreo se realizó a los 74 días después de la siembra, tomando la primera lectura de los parámetros estudiados, continuándose semanalmente con las determinaciones hasta que los genotipos alcanzaron la madurez fisiológica, contabilizándose un total de cuatro lecturas o muestreos.

## **Variables evaluadas**

En cada muestreo se evaluaron las variables siguientes:

### Temperatura (TEM)

Para obtener la temperatura, se utilizó un termómetro infrarrojo de marca FLUKE con precisión de  $\pm 0.01$  °C; esta variable se determinó en cada uno de los muestreos realizados en las parcelas divididas, para los dos genotipos de cebada.

### Altura de la planta (ALTURA)

Se midió en cm tomando como referencia la parcela útil, en cada una de las parcelas divididas, considerando desde la superficie del suelo hasta la parte superior de las plantas.

Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI), por sus siglas en ingles.

El Índice de Vegetación Diferencial Normalizado se determinó con un medidor portátil marca Trimble modelo Green Seeker, realizando una sola lectura en la parcela útil, en todas las parcelas divididas, en cada uno de los muestreos que se realizaron.

### Etapas fenológicas (ETAPA)

En cada muestreo se determinó la etapa fenológica de ambos genotipos, con la finalidad de registrar la precocidad de cada uno de ellos y establecer comparaciones, utilizando la escala de Zadocks (Zadocks et al., 1974).

### Cobertura (COB)

Para determinar la cobertura se consideró el porcentaje de terreno cubierto por el cultivo expresándose en %, es una variable determinada por apreciación visual.

### Clorofila (CLORO)

El contenido de clorofila se midió con un determinador SPAD 502 marca Minolta. La clorofila se midió como promedio de diez lecturas realizadas en la hoja bandera de plantas tomadas al azar de la parcela útil.

### Peso en fresco y seco de la hoja bandera (PVHB, PSHB)

Se determinó el peso promedio en fresco y seco, para lo cual se utilizaron diez hojas por muestreo por parcela. El peso seco se determinó luego de secar las hojas bandera en una estufa a 40°C por un periodo de 72 h. El peso se determinó con una balanza con precisión de 0.00001 g.

### Peso en fresco y seco de la espiga (PVE, PSE)

Se determinó peso promedio fresco y seco de la espiga, para lo cual, se utilizaron diez espigas por parcela en cada muestreo. El peso seco se determinó luego de secar las espigas en una estufa a 40°C por un periodo de 72 h. El peso se determinó con una balanza con precisión de .00001 g.

## Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El cual funciona bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + r_j + l_{ij}$$

Donde:

**Y<sub>ij</sub>** = observación del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición.

**μ** = Efecto de la media general.

**t<sub>i</sub>** = Efecto del i-ésimo tratamiento.

**r<sub>j</sub>** = Efecto de la la j-ésima repetición.

$lij$  = Efecto del error experimental.

$i = 1 \dots t$  (número de tratamientos o variables).

$j = 1 \dots r$  (número de repeticiones).

### Análisis Estadístico

La información conjunta de los muestreos realizados se analizó como parcelas divididas, considerando los muestreos como parcela grande y tratamientos de fertilización como la parcela chica para cada una de las variables evaluadas, bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + B_j + G_i + GC_{ij} + BK(j) + E_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Rendimiento promedio del  $i$ -ésimo genotipo obteniendo el  $j$ -ésimo muestreo y  $k$ -ésima repetición.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo muestreo.

$G_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo genotipo.

$GC_{ij}$  = Efecto de la interacción entre  $i$ -ésimo genotipo y el  $j$ -ésimo muestreo.

$BK(j)$  = Efecto de la  $k$ -ésima repetición anidada en el  $j$ -ésimo muestreo.

$E_{ijk}$  = Efecto aleatorio del error experimental asociado al  $i$ -ésimo genotipo en el  $j$ -ésimo muestreo y  $k$ -ésima repetición, según el modelo lineal aditivo.

## Comparación de medias

Se realizaron pruebas de medias mediante DMS, para las variables evaluadas y posteriormente con los valores medios de los tratamientos en cada muestreo se realizó un análisis de regresión con el fin de determinar la respuesta de las variables a la fertilización nitrogenada y posteriormente se determinó su respuesta como promedio de todos los muestreos realizados.

$$W = t \sqrt{\frac{2CME}{r}}$$

Donde:

**W:** Valor de DMS

**ts:** Valor tabulado y (S) nivel de significancia

**2CME:** Cuadrado medio del error

**r:** Repeticiones.

## Coefficiente de variación

Así mismo se calculó el coeficiente de variación para cada una de las variables estudiadas en la conducción del experimento, con la siguiente formula:

$$C.V = \sqrt{\frac{CMEE}{x}} \times 100$$

Donde:

C.V= Coeficiente de variación

CMEE= Cuadrado medio del error experimental

$\bar{x}$ = Media general

### **Correlaciones.**

Posteriormente se hicieron las correlaciones entre las diferentes variables estudiadas para conocer su grado de asociación, con la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sum XY}{\sqrt{\sum X^2 \sum Y^2}}$$

Donde;

r = Coeficiente de Correlación

$\sum XY$  = Suma de productos de las desviaciones de las variables X e Y.

$\sum X^2$  = Suma de los cuadrados de las desviaciones de la variable X.

$\sum Y^2$  = Suma de los cuadrados de las desviaciones de la variable Y.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Análisis de varianza para el genotipo CANI85**

El análisis de varianza para las variables evaluadas en el genotipo CANI85 mostró que entre los muestreos realizados hubo diferencias altamente significativas solo para las variables TEM, COB y PVHB, mientras que en el resto de variables no se detectaron diferencias significativas. Entre los tratamientos de fertilización se presentaron diferencias altamente significativas en la TEM, ALTURA, PSHB y PVE, mientras el resto de las variables permanecieron sin mostrar diferencias significativas. En la interacción tratamiento por muestreo no se detectaron diferencias significativas en todas las variables, tal como se aprecia en el Cuadro 4.1., y que indica que los efectos de la fertilización nitrogenada se mantuvieron con una misma tendencia a través de los muestreos.

Estos resultados sugieren que mientras mayor fue el desarrollo del cultivo o se avanzó en el desarrollo del cultivo se evidenciaron diferencias en la temperatura de la planta, en la cobertura de cultivo y el peso verde de hoja bandera. Las diferencias detectadas en los tratamientos para las variables de temperatura, altura del cultivo, peso seco de hoja bandera y peso de espiga en verde, sugiere que fueron las variables que más se vieron afectadas por la fertilización nitrogenada. La respuesta de TEM y ALTURA coinciden con lo establecido por Orozco (2019), quien reportó efectos significativos de la fertilización nitrogenada en estas variables, al igual que para clorofila, etapa, NDVI y cobertura, mientras que en el presente estudios no se detectó significancia para estas últimas variables. Posiblemente debido a que este autor realizó muestreos más tempranos.

**Cuadro 4.1.** Cuadrados medios y significancia de las variables evaluadas en el genotipo CANI85.

FV	GL	TEM.	ALTURA	NDVI	ETAPA	COB	COLORO	PVHB	PSHB	PVE	PSE
Muestreo	3	30.23**	23.84 <sup>NS</sup>	.264 <sup>NS</sup>	628.19 <sup>NS</sup>	113.75**	584.55 <sup>NS</sup>	.004**	.00007 <sup>NS</sup>	6.22 <sup>NS</sup>	2.81 <sup>NS</sup>
Rep. (M)	8	1.05**	10.98 <sup>NS</sup>	.002 <sup>NS</sup>	1.93 <sup>NS</sup>	36.66 <sup>NS</sup>	5.09 <sup>NS</sup>	.001 <sup>NS</sup>	.001 <sup>NS</sup>	.16 <sup>NS</sup>	.03 <sup>NS</sup>
Tratamiento	4	.97**	95.60**	.064 <sup>NS</sup>	28.20 <sup>NS</sup>	294.16 <sup>NS</sup>	152.69 <sup>NS</sup>	.005 <sup>NS</sup>	.00004**	.29**	.03 <sup>NS</sup>
Tratamiento x muestreo	12	.39 <sup>NS</sup>	2.94 <sup>NS</sup>	.005 <sup>NS</sup>	10.43 <sup>NS</sup>	13.055 <sup>NS</sup>	9.37 <sup>NS</sup>	.0007 <sup>NS</sup>	.0004 <sup>NS</sup>	.11 <sup>NS</sup>	.02 <sup>NS</sup>
Total de error	32	0.30	20.35	0.002	1.22	29.895	5.54	0.0006	0.0001	.09	0.02

\*\*= Significativo al 0.01 de probabilidad; NS= No significativo; FV= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; TEM= Temperatura; NDVI=Índice de vegetación diferencial normalizado; COB= Cobertura; CLORO= Clorofila, PVHB=peso verde de hoja bandera, PSHB=peso seco de hoja bandera, PVE=peso verde de espiga, PSE=peso seco de espiga.

### Pruebas de medias del genotipo CANI85

Las pruebas de medias de los tratamientos de fertilización en el genotipo CANI85 reportaron dos grupos de significancia en las variables TEM, ALTURA, ETAPA, COB, PVHB, PSHB y PSE, mientras que en NDVI y CLORO se detectaron cuatro grupos de significancia, y en la variable PVE se mostraron solo tres grupos de significancia, tal como se aprecia en el Cuadro 4.2.

En particular, en la temperatura la fertilización nitrogenada baja provocó mayor temperatura de la planta, en lo referente a la altura de planta mayor aportación de nitrógeno promovió mayor altura, sugiriendo la existencia de una dosis óptima para esta variable; algo similar ocurrió con el PVHB y el PSHB, ya que dosis mayores de nitrógeno promovieron mayor peso verde y seco de la hoja bandera en este genotipo, así la dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> se ubicó en el primer grupo de significancia.



Para el PVE el primer grupo de significancia lo conformaron los tratamientos de 120, 240 y 180 kg ha<sup>-1</sup> sugiriendo que la fertilización nitrogenada promovió el peso verde de la espiga y al visualizar los resultados del PSE no se apreció diferencia respecto al testigo absoluto (cero nitrógeno), excepto en la dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> que se ubicó con el menor valor dentro del grupo B de la mencionada prueba de medias, lo cual sugiere que el nitrógeno promovió mayor acumulación de agua en la espiga.

Uno de los índices más empleados corresponde al “Índice Vegetativo Diferencial Normalizado” (NDVI por sus siglas en inglés) el cual es asociado a distintas categorías de vigor como puede ser la CLORO (clorofila) las cuales se asocian para ver cómo va funcionando la fertilización nitrogenada en el cultivo si sube o bajan los índices (Inman et al., 2005; Lan et al., 2009).

Se reporta la asociación de NDVI y CLORO siendo que actualmente disponemos de sensores remotos que permiten monitorear la nutrición nitrogenada y el estado general de los cultivos. Estos sensores constituyen como una herramienta más, que nos permite evaluar el estado nutricional del cultivo luego que este generó una biomasa considerable (Z3.0). Por este motivo, ese tiempo requerido puede limitar la eficiencia de la fertilización ya que en estas dos variables se ve mejor el aprovechamiento de la fertilización nitrogenada (Inta.gob.ar ,2016).

Orozco (2019) ha reportado efectos similares para la TEM y ALTURA en este mismo genotipo.

**Cuadro 4.2.** Pruebas de medias de los tratamientos de fertilización en el genotipo CANI85.

TEM	ALTURA	NDVI	ETAPA	COB	COLORO	PVHB	PSHB	PVE	PSE
2 21.35 a	3 83.33a	5 .55 a	1 85.33 a	3 80.41 a	5 37.29 a	5 .152 a	5 .056a	3 4.07 a	3 1.71 a
1 21.35 a	4 81.91a	4 .50b	2 84.41 a	4 79.58 a	4 34.57 b	3 .113 b	3 .045b	5 3.97 ab	4 1.68ab
5 21.0 ab	5 81.66a	3 .48 b	3 82.41 b	5 77.91 a	3 34.43 b	2 .107 b	4 .044b	4 3.89abc	1 1.66ab
3 20.84 b	2 77.50b	2 .42c	4 82.25 b	2 72.91 b	2 31.31 c	4 .106 b	2 .041b	2 3.73bc	2 1.66ab
4 20.74 b	1 77.08b	1 .36d	5 1.83 b	1 68.75 b	1 27.98 d	1 .094 b	1 .039b	1 3.70 c	5 1.57b

Medias con la misma literal, no son estadísticamente diferentes, TEM= temperatura, ALTURA, NDVI= Índice de vegetación diferencial normalizada, ETAPA=etapa, COB=cobertura, CLORO= clorofila, PVHB=peso verde de hoja bandera, PSHB=peso seco de hoja bandera, PVE=peso verde de espiga, PSE=peso seco de espiga.

Las pruebas de medias para los muestreos realizados para las variables evaluadas en el genotipo CANI85 mostraron cuatro grupos de significancia entre las variables TEM, NDVI, ETAPA, CLORO, PVE y PSE, mientras que, en COB, PVHB y PSHB se detectaron dos grupos de significancia, en tanto que en la variable ALTURA se mostró un grupo de significancia, confirmando que no existieron diferencias entre los muestreos para esta variable, tal como se aprecia en el Cuadro 4.3.

En particular se resalta que las variables TEM, ALTURA, ETAPA, PVHB y PSHB alcanzaron su mayor valor en el último de los muestreos realizados, cuando alcanzaron su madurez fisiológica. Por el contrario, el NDVI y la clorofila disminuyeron , así mismo se puede reflejar el estado fisiológico de los cultivos en el campo, esto puede variar entre plantas vecinas, con la edad de la hoja, y con la época del año en que las hojas son producidas, en comparación con plantas bien nutridas, los cultivos con deficiencias de nitrógeno muestran clorosis, amarillamiento y cambios en las propiedades radiativas del follaje, que pueden ser detectadas y medidas (Martin et al. 2005, Samborski et al. 2009).

El mayor PVE y PSE se alcanzó en el tercer muestreo.

**Cuadro 4.3.** Pruebas de medias para los muestreos realizados en el genotipo CANI85.

TEM	ALTURA	NDVI	ETAPA	COB	COLORO	PVHB	PSHB	PVE	PSE
4 22.94 a	4 82 a	1 .59 a	4 90 a	2 78 a	2 40.51 a	4 .14 a	4 .054 a	3 4.70 a	3 2.14 a
2 21.27b	1 80.33 a	2 .54b	3 86.33b	1 77.66 a	2 34.97b	2 .11b	2 .048 a	2 4.05b	4 1.85b
1 20.34c	2 79.86 a	3 .43c	2 81.66c	3 76ab	3 31.31c	3 .10b	3 .040b	4 3.45c	2 1.48c
3 19.67d	3 79 a	4 .29d	1 75d	4 72b	4 25.66d	1 .10ob	1 .038b	1 3.29d	1 1.15d

Medias con la misma literal, no son estadísticamente diferentes, TEM= temperatura, ALTURA, NDVI= Índice de vegetación diferencial normalizada, ETAPA=etapa, COB=cobertura, CLORO= clorofila, PVHB=peso verde de hoja bandera, PSHB=peso seco de hoja bandera, PVE=peso verde de espiga, PSE=peso seco de espiga.

### Correlaciones

Después de haber obtenido los promedios a través de los tratamientos de fertilización se obtuvo el coeficiente de correlación entre pares de variables resaltando las correlaciones significativas las cuales se describen a continuación y aparecen en el Cuadro 4.4.

La variable NDVI mostró una correlación positiva y significativa con COB y CLORO, indicando que mayor cobertura del terreno se relacionó con contenidos de clorofila y valores del NDVI más favorables.

La relación negativa del NDVI con la ETAPA se interpreta como la disminución del NDVI conforme la planta madura, similarmente ocurrió con la relación encontrada de forma negativa entre esta variable con TEM y PSE.

La ETAPA se correlacionó negativamente con el contenido de clorofila (CLORO) y la cobertura del terreno (COB), pero se asoció de forma positiva con el PSE,

interpretándose que conforme la planta madura pierde clorofila, disminuye su cobertura de terreno e incrementa su peso seco de espiga.

Entre PVHB y PSHB se reportó una excelente asociación, superior a la encontrada entre PVE y PSE.

Orozco (2019) reportó resultados con significancia en lo que fueron sus correlaciones entre las variables NDVI, ETAPA y CLORO.

**Cuadro 4.4.** Correlaciones y significancia en el genotipo CANI85.

	TEM	ALTURA	NDVI	ETAPA	COB	COLORO	PVHB	PSHB	PVE	PSE
TEM	1	0.19	-0.61*	0.51*	-0.44	-0.56*	0.5	0.6	-0.52*	0.02
ALTURA	0.19	1	0.18	-0.08	0.6	0.25	0.52*	0.48*	-0.04	-0.02
NDVI	-0.61*	0.18	1	<b>-0.88*</b>	<b>0.75*</b>	<b>0.96*</b>	-0.12	-0.14	0.07	-0.63*
ETAPA	0.51	-0.08	<b>-0.88*</b>	1	-0.51*	<b>-0.92*</b>	0.25	0.3	0.26	<b>0.81*</b>
COB	-0.44	0.6	<b>0.75*</b>	-0.51*	1	<b>0.73*</b>	0.03	0.05	0.31	-0.23
COLORO	-0.56*	0.25	<b>0.96*</b>	<b>-0.92*</b>	<b>0.73*</b>	1	-0.08	-0.15	-0.02	-0.65*
PVHB	0.5	0.52*	-0.12	0.25	0.03	-0.08	1	<b>0.93*</b>	-0.1	0.14
PSHB	0.6	0.48*	-0.14	0.3	0.05	-0.15	<b>0.93*</b>	1	-0.11	0.11
PVE	-0.52*	-0.04	0.07	0.26	0.31	-0.02	-0.1	-0.11	1	0.67*
PSE	0.02	-0.02	-0.63*	<b>0.81*</b>	-0.23	-0.65*	0.14	0.11	0.67*	1

Valores resaltados en negritas y asteriscos son significativos al 95% TEM= temperatura, ALTURA, NDVI= Índice de vegetación diferencial normalizada, ETAPA=etapa, COB=cobertura, CLORO= clorofila, PVHB=peso verde de hoja bandera, PSHB=peso seco de hoja bandera, PVE=peso verde de espiga, PSE=peso seco de espiga.

### **Análisis de varianza para el genotipo GABYAN95**

El análisis de varianza para las variables evaluadas en el genotipo GABYAN95 mostró que entre los muestreos realizados hubo diferencias altamente significativas solo para las variables ALTURA y PSHB, mientras que en el resto de variables no se detectaron diferencias significativas. Entre los tratamientos de fertilización se presentaron diferencias altamente significativas en la TEM, PVHB, PSHB y PVE, mientras el resto de las variables permanecieron sin mostrar diferencias altamente significativas. En la interacción tratamiento por muestreo se detectaron diferencias significativas en las variables ETAPA, COB y CLORO, tal como se aprecia en el Cuadro 4.5., y que sugiere que los efectos de la fertilización nitrogenada ayudó a que se mantuvieran resultados significativos a través de los muestreos.

Estos resultados sugieren que el cultivo mostró resultados significativos en el muestreo para las variables ALTURA y PSHB. Los resultados obtenidos se detectaron diferencias significativas en los tratamientos para las variables TEM, PVHB, PSHB, y PVE.

En respuesta los resultados en las variables TEM y ALTURA coinciden con lo establecido por Orozco (2019) quien reportó efectos significativos en estas variables, al igual que para NDVI, cobertura, etapa y clorofila, mientras que en el presente estudio no se detectaron diferencias significativas para estas últimas, posiblemente debido a que Orozco realizó muestreos más tempranos.

**Cuadro 4.5.** Cuadrados medios y significancia de las variables evaluadas en el genotipo GABYAN95.

FV	G L	TEM.	ALTUR A	NDVI	ETAPA	COB	COLORO	PVHB	PSHB	PVE	PSE
Muestreo	3	61.57 <sup>NS</sup>	31.66 <sup>**</sup>	.334 <sup>NS</sup>	541.48 <sup>NS</sup>	274.86 <sup>NS</sup>	1071.53 <sup>NS</sup>	.008 <sup>NS</sup>	.001 <sup>**</sup>	5.42 <sup>NS</sup>	1.114 <sup>NS</sup>
Rep.(M)	8	.20 <sup>NS</sup>	11.66 <sup>NS</sup>	.001 <sup>NS</sup>	2.16 <sup>NS</sup>	68.33 <sup>**</sup>	9.53 <sup>NS</sup>	.004 <sup>NS</sup>	.0003 <sup>NS</sup>	.11 <sup>NS</sup>	.045 <sup>NS</sup>
Tratamiento	4	1.54 <sup>**</sup>	144.79 <sup>NS</sup>	.062 <sup>NS</sup>	4.39 <sup>NS</sup>	396.45 <sup>NS</sup>	426.26 <sup>NS</sup>	.028 <sup>**</sup>	.001 <sup>**</sup>	.51 <sup>**</sup>	.008
Tratamiento x muestreo	12	.21 <sup>NS</sup>	4.23 <sup>NS</sup>	.001 <sup>NS</sup>	9.46 <sup>**</sup>	35.62 <sup>**</sup>	20.82 <sup>**</sup>	.003 <sup>NS</sup>	.0005 <sup>NS</sup>	.12 <sup>NS</sup>	.030 <sup>NS</sup>
Total de error	32	.40	10.62	.001	2.81	13.64	8.45	.003	.0003	.07	.029

\*\*= Significativo al 0.01 de probabilidad; NS= No significativo; FV= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; TEM= Temperatura; NDVI=Índice de vegetación diferencial normalizado; COB= Cobertura; CLORO= Clorofila, PVHB=peso verde de hoja bandera, PSHB=peso seco de hoja bandera, PVE=peso verde de espiga, PSE=peso seco de espiga.

### Pruebas de medias del genotipo GABYAN95

Las pruebas de medias de los tratamientos de fertilización en el genotipo GABYAN95 mostraron dos grupos de significancia entre las variables TEM, ya que en algunas otras se detectaron cuatro grupos de significancia entre las variables ALTURA, CLORO y PVHB, mientras que en las variables ETAPA y PSE se mostró un grupo de significancia, en las variables COB y PSHB se mostraron tres grupos de significancia, en lo que fue la variable de NDVI se encontraron cinco grupos de significancia. En cada variable se detectaron diferencias entre los tratamientos de fertilización en todas las variables. tal como se aprecia en el Cuadro 4.6.

En particular, en la TEM mientras menor fertilización mayor fue la temperatura de la planta, en referente a la altura de planta mientras un poco elevada se la adición de nitrógeno promovió mayor la altura; algo similar ocurrió con el PVHB y el PSHB, ya que dosis mayores de nitrógeno promovieron mayor peso verde y seco de la hoja bandera en este genotipo, así la dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> se ubicó en el primer grupo de significancia.

Para el PVE el primer grupo de significancia lo conformaron los tratamientos de 180, 240 y 120 kg ha<sup>-1</sup> sugiriendo que la fertilización nitrogenada promovió el peso verde de la espiga y al visualizar los resultados del PSE no se apreció diferencia respecto al testigo absoluto (cero nitrógeno) con solo un grupo de significancia, se obtuvo mejor reacción con los tratamientos 120, 60 y 240 kg ha<sup>-1</sup> esto sugiere que la fertilización ayudo a que la espiga no perdiera mucho peso.

Orozco (2019) ha reportado efectos similares en las variables TEM y ALTURA en este mismo genotipo.

**Cuadro 4.6.** Pruebas de medias de los tratamientos de fertilización GABYAN95

TEM	ALTURA	NDVI	ETAPA	COB	COLORO	PVHB	PSHB	PVE	PSE
1 21.68 a	4 89.58 a	4 .48 a	1 87.83 a	4 82.91 a	4 38.24 a	4 .29 a	4 .09 a	4 3.39 a	3 1.65 a
2 21.18 ab	5 88.33ab	5 .43 b	2 87.83 a	5 81.25 a	5 36.77ab	5 .26ab	5 .09ab	5 3.35ab	2 1.65 a
5 20.97b	3 86.25bc	3 .39c	5 86.91 a	3 80.83 a	3 35.74b	3 .22bc	3 .08b	3 3.25ab	5 1.65 a
3 20.90b	2 84.16c	2 .34d	3 86.75 a	2 74.58b	2 29.11c	2 .20cd	2 .07bc	2 3.154b	1 1.62 a
4 20.76b	1 80.83d	1 .29e	4 86.58 a	1 69.16c	1 24.17d	1 .17d	1 .06c	1 2.87c	4 1.59 a

Medias con la misma literal, no son estadísticamente diferentes, TEM= temperatura, ALTURA, NDVI= Índice de vegetación diferencial normalizada, ETAPA=etapa, COB=cobertura, CLORO= clorofila, PVHB=peso verde de hoja bandera, PSHB=peso seco de hoja bandera, PVE=peso verde de espiga, PSE=peso seco de espiga.

Las pruebas de medias para los muestreos realizados para las variables evaluadas en el genotipo GABYAN95 mostraron cuatro grupos de significancia en las variables TEM, NDVI, ETAPA y CLORO, mientras que en las variables ALTURA, COB, PVHB y PSHB se detectaron dos grupos de significancia, en tanto que a las variables PVE y PSE se mostraron tres grupos de significancia, tal como se aprecia en el Cuadro 4.7.

En particular se resalta que la variable TEM, ETAPA alcanzaron su mayor valor en el último de los muestreos realizados, cuando alcanzaron su madurez fisiológica. Por el contrario, NDVI, COB y la clorofila disminuyeron al avanzar la etapa fenológica. El mayor PVHB, PSHB y PVE se alcanzó en el segundo muestreo. En lo que fue PSE se alcanzó en el tercer muestreo.

**Cuadro 4.7.** Pruebas de medias para los muestreos realizados GABYAN95.

TEM	ALTURA	NDVI	ETAPA	COB	COLORO	PVHB	PSHB	PVE	PSE
4 23.24 a	1 88 a	1 .54 a	4 93.0 a	1 80 a	1 44.37 a	2 .25 a	2 .09 a	2 3.58 a	3 1.93 a
2 22.04 b	3 85.33b	2 .48b	3 89.13b	2 80 a	2 33.06b	3 .24ab	3 .08ab	3 .3.56 a	4 1.72 b
1 20.58 c	2 85b	3 .31c	2 87.80c	3 79.66 a	3 29.25c	4 .23ab	4 .08ab	1 3.55b	2 1.59b
3 18.54 d	4 85b	4 .22d	1 78.80d	4 71.33b	4 24.58d	1 .19b	1 .07b	4 2.31c	1 1.28c

Medias con la misma literal, no son estadísticamente diferentes, TEM= temperatura, ALTURA, NDVI= Índice de vegetación diferencial normalizada, ETAPA=etapa, COB=cobertura, CLORO= clorofila, PVHB=peso verde de hoja bandera, PSHB=peso seco de hoja bandera, PVE=peso verde de espiga, PSE=peso seco de espiga.

### Correlaciones

Después de haber obtenido los promedios a través de los tratamientos de fertilización se obtuvo coeficiente de correlación entre pares de variables las cuales se describen a continuación y aparecen en el Cuadro 4.8.

Se resalta que la variable ALTURA mostró una correlación positiva y significativa con COB y CLORO, indicando que mayor ALTURA de la planta se relacionó con mayores contenidos de cobertura y clorofila.

La relación del NDVI con las variables ETAPA, COB, CLORO y PVE, se interpreta que manifiesta una buena respuesta del NDVI conforme el desarrollo del cultivo.

La ETAPA se correlacionó negativamente con el NDVI y el contenido de clorofila (CLORO), pero se asoció de forma positiva con el PSE, interpretándose que conforme la planta madura pierde clorofila y disminuye el NDVI, e incrementa su peso seco de espiga.



La variable COB mostró una correlación significativa y positiva con ALTURA, NDVI, CLORO y PVE indicando que mayor altura de la planta se relaciona con mejor cobertura de la planta y a su vez con mayores NDVI, contenido de clorofila y PVE.

CLORO se correlacionó negativamente con la variable ETAPA, pero se asoció de forma positiva con ALTURA y COBERTURA, interpretándose que conforme la planta madura pierde CLORO, pero estuvo asociada con mayor cobertura de terreno.

Entre PVHB y PSHB se reportó una excelente asociación positiva.

Para PVE se correlaciono positivamente en las variables NDVI y COB. Mientras que en lo que fue PSE con la variable ETAPA.

Orozco (2019) reportó resultados con significancia en sus correlaciones en las variables ALTURA, NDVI, ETAPA, COB, CLORO.

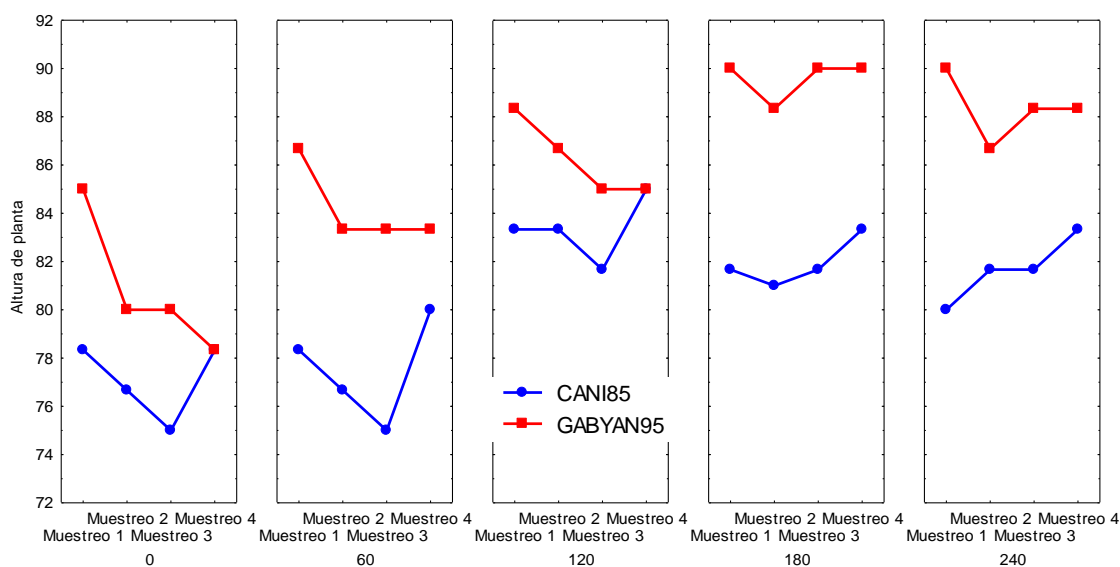
**Cuadro 4.8.** Correlaciones y significancia en el genotipo GABYAN95.

	TEM	ALTURA	NDVI	ETAPA	COB	CLORO	PVHB	PSHB	PVE	PSE
TEM	1	-0.26	-0.23	0.33	-0.5	-0.32	-0.09	0.01	-0.68*	-0.24
ALTURA	-0.26	1	0.61*	-0.37	<b>0.77*</b>	<b>0.77*</b>	0.54*	0.41	0.39	-0.25
NDVI	-0.23	0.61*	1	<b>-0.80*</b>	<b>0.71*</b>	0.90*	0.26	0.25	<b>0.70*</b>	-0.65*
ETAPA	0.33	-0.37	<b>-0.80*</b>	1	-0.34	<b>-0.78*</b>	0.22	0.23	-0.43	<b>0.77*</b>
COB	-0.5	<b>0.77*</b>	<b>0.71*</b>	-0.34	1	<b>0.76*</b>	0.64*	0.55*	<b>0.76*</b>	-0.09
CLORO	-0.32	<b>0.77*</b>	<b>0.90*</b>	<b>-0.78*</b>	<b>0.76*</b>	1	0.28	0.24	0.58*	-0.63*
PVHB	-0.09	0.54*	0.26	0.22	0.64*	0.28	1	<b>0.94*</b>	0.35	0.23
PSHB	0.01	0.41	0.25	0.23	0.55*	0.24	<b>0.94*</b>	1	0.35	0.19
PVE	-0.68*	0.39	<b>0.70*</b>	-0.43	<b>0.76*</b>	0.58*	0.35	0.35	1	0
PSE	-0.24	-0.25	-0.65*	<b>0.77*</b>	-0.09	-0.63*	0.23	0.19	0	1

Valores resaltados en negritas y asterisco son significativos al 95% TEM= temperatura, ALTURA, NDVI= Índice de vegetación diferencial normalizada, ETAPA=etapa, COB=cobertura, CLORO= clorofila, PVHB=peso verde de hoja bandera, PSHB=peso seco de hoja bandera, PVE=peso verde de espiga, PSE=peso seco de espiga.

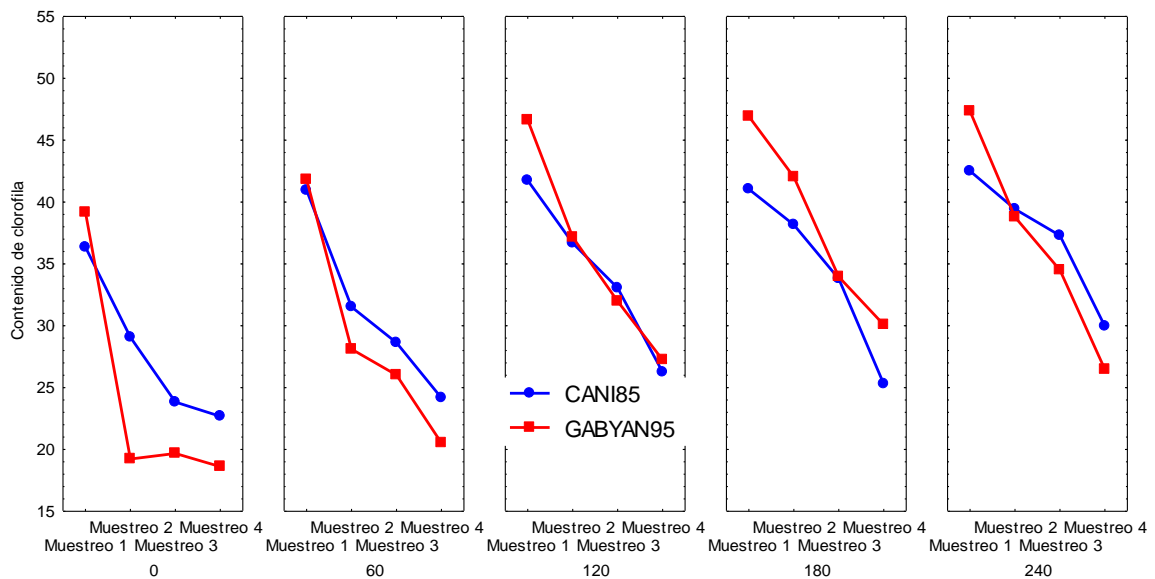
## Interacción en los genotipos CANI85 y GABYAN95

Se puede apreciar en la Figura 4.1. que, para Altura de planta el genotipo GABYAN95 siempre presentó mayor altura que CANI85 y ambas incrementaron su altura conforme se incrementó la dosis de fertilización nitrogenada, sin embargo, en GABYAN95 tendió a disminuir su altura conforme avanzaban los muestreos mientras que CANI85 tendió a incrementar su altura, esto puede atribuirse a que CANI85 tiende a reaccionar un poco mejor a la fertilización nitrogenada debido a que es un poco más tardía que su progenitora, por lo que aprovechó mejor el nitrógeno. Esto pudiera ayudar a explicar por qué CANI85 muestra un ligero incremento conforme se avanza en los muestreos y en las dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> o superiores, mientras que GABYAN95 comienza con altura favorable, pero tiende a disminuir conforme avanzan los muestreos.



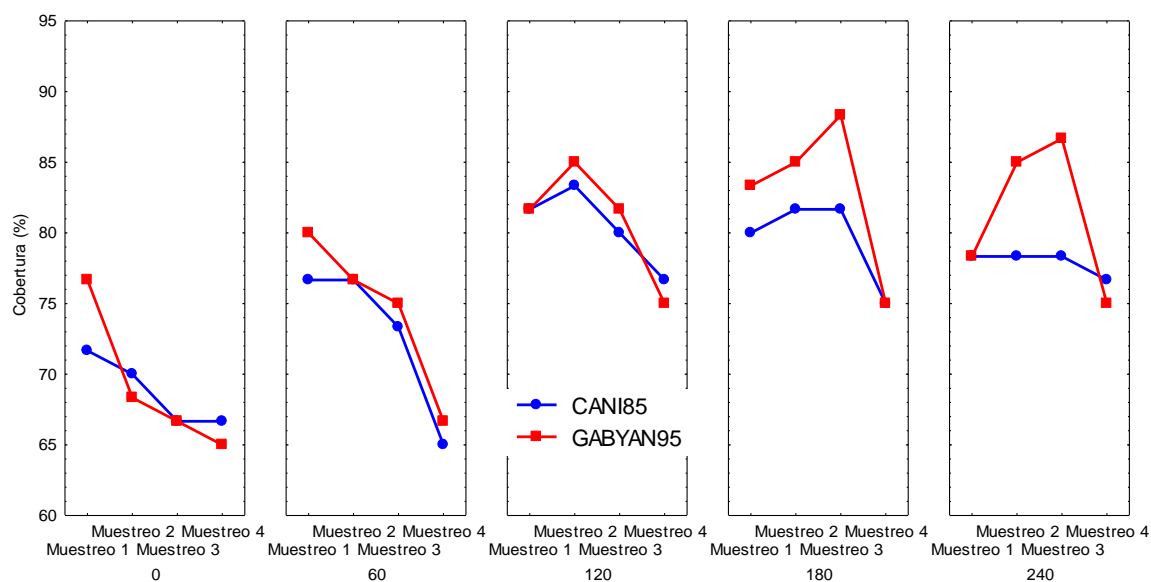
**Figura 4.1.** Altura de planta en cuatro fechas de muestreo de las variedades de cebada CANI85 y GABYAN95 con cinco dosis de nitrógeno.

Respecto al contenido de clorofila de la planta (CLORO), se aprecia en la figura 4.2., que hubo también un incremento conforme aumentó la dosis de nitrógeno y va disminuyendo de manera más drástica conforme se avanza en el tiempo del muestreo. El genotipo GABYAN95 tiende a disminuir más rápido su contenido de clorofila cuando la dosis de nitrógeno es menor (0 y 60 kg ha<sup>-1</sup>), así como en la dosis más alta. CANI85 también disminuyó su contenido de clorofila con una disminución menor que su progenitora, excepto en las dosis de 120 y 180 kg ha<sup>-1</sup>.



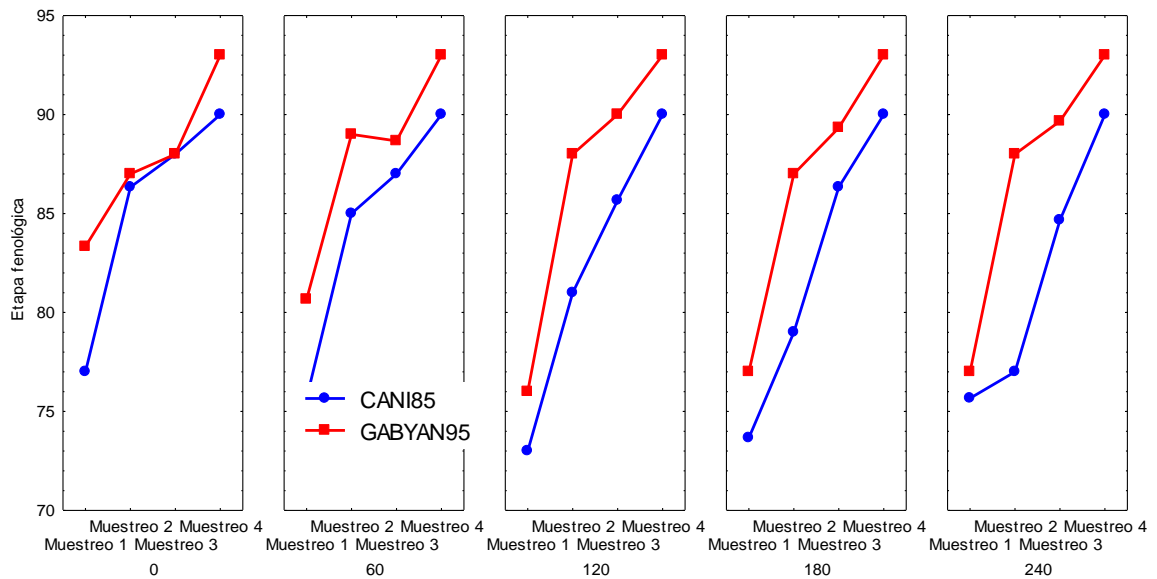
**Figura 4.2.** Contenido de CLORO en cuatro fechas de muestreo de las variedades de cebada CANI85 y GABYAN95 con cinco dosis de nitrógeno.

En la Figura 4.3. se aprecia la cobertura de planta y al igual que en las variables anteriores es posible visualizar su incremento conforme se adiciona mayor cantidad de nitrógeno. GABYAN95 mostró mejor respuesta a los tratamientos de fertilización que CANI85, ya que a partir de la adición de 60 kg ha<sup>-1</sup> superó en forma general a su progenie, con una tendencia a disminuir marcadamente su cobertura en el muestreo final, en el que CANI85 parece mantener mejor cobertura del terreno.



**Figura 4.3.** Cobertura de planta en cuatro fechas de muestreo de las variedades de cebada CANI85 y GABYAN95 con cinco dosis de nitrógeno.

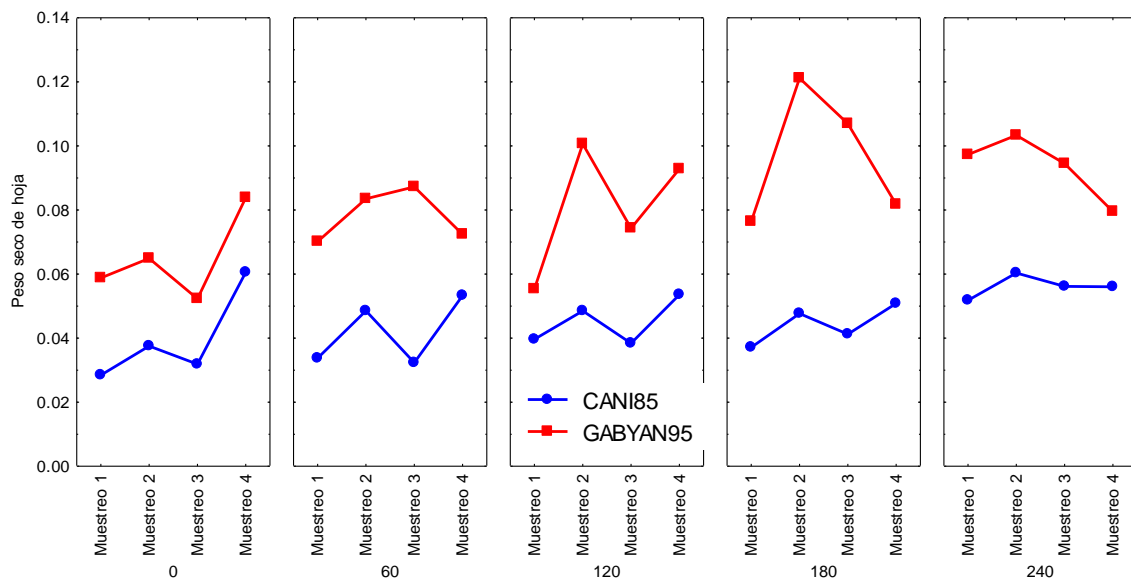
En relación a la etapa fenológica de la planta, se aprecia en la Figura 4.4. una ligera disminución conforme se adiciona nitrógeno a los genotipos, donde GABYAN95 mostró siempre mayores etapas fenológicas que el genotipo CANI85. La dosis más alta afectó más a la CANI85 que del primer al segundo muestreo mostró poco avance en la etapa fenológica en comparación con su progenitora.



**Figura 4.4.** Etapa Fenológica de planta en cuatro fechas de muestreo de las variedades de cebada CANI85 y GABYAN95 con cinco dosis de nitrógeno.

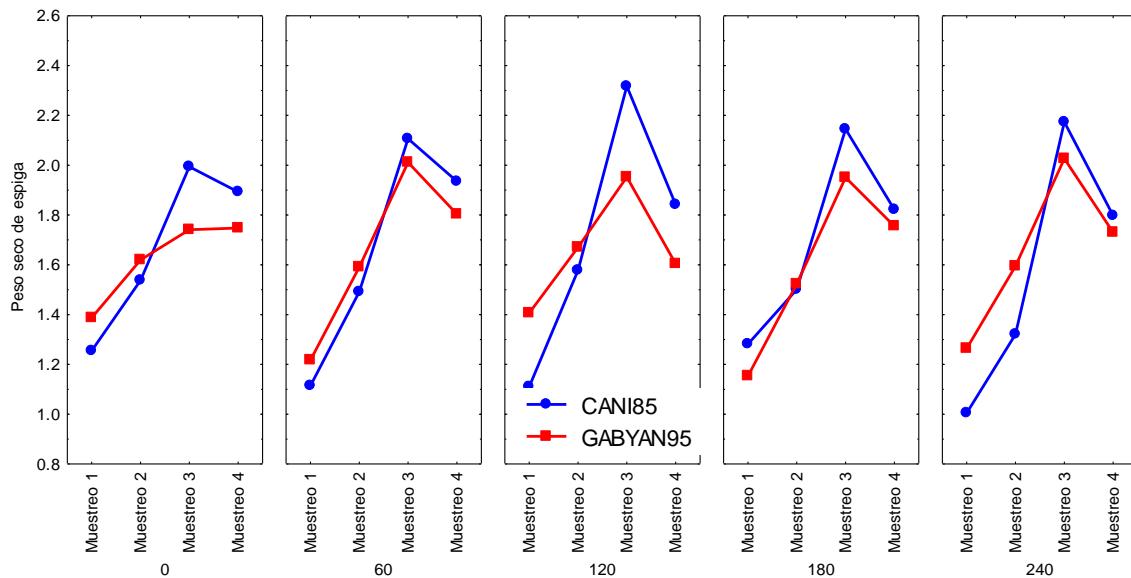
El comportamiento del peso seco de la hoja bandera (PSHB) se puede observar en la Figura 4.5., donde se aprecia la mayor respuesta de GABYAN95 cuando se le aporta mayor cantidad de nitrógeno en comparación con CANI85, sobre todo cuando se considera el segundo muestreo. En las dosis de 180 y 240 kg ha<sup>-1</sup> GABYAN95 tiende a disminuir su peso mientras CANI85 lo mantiene o incrementa. Esto pudiera representar una ventaja para el llenado de grano, ya que se ha mencionado que la hoja bandera contribuye de manera favorable a esta función.

Durante toda la etapa de llenado de granos, es fundamental, que tanto la espiga como la hoja bandera, permanezcan completamente sanas; esto, debido a que tienen una importancia decisiva en el tamaño de los granos. La hoja bandera se le atribuye el papel principal para proveer fotosintatos en el llenado de grano, aunque dicho aporte puede verse afectado por las condiciones ambientales y factores genéticos de la planta (INTAGRI, 2017).



**Figura 4.5.** Peso seco de la hoja bandera (PSHB) en cuatro fechas de muestreo de las variedades de cebada CANI85 y GABYAN95 con cinco dosis de nitrógeno.

El peso seco de la espiga (PSE) no mostró una respuesta apreciable a la fertilización nitrogenada, pero si se apreció que en el tercer muestreo se obtuvo el mayor valor, con una ligera disminución hacia el cuarto muestreo, lo cual ocurrió con ambos genotipos. Es evidente también como CANI85 supera a su progenitora en el tercer y cuarto muestreo, posiblemente porque posee una tasa de llenado de grano superior al de su progenitora. También puede apreciarse en la Figura 4.6. que los mayores incrementos se dieron del muestreo dos al tres en ambos genotipos, con la superioridad ya mencionada de CANI85.



**Figura 4.6.** Peso seco de la espiga (PSE) en cuatro fechas de muestreo de las variedades de cebada CANI85 y GABYAN95 con cinco dosis de nitrógeno.

## V. CONCLUSIONES

En la evaluación realizada de los dos genotipos de cebada forrajera (GABYAN95 y CANI85) con los cinco tratamientos de fertilización y los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

Las variables que más respondieron a los tratamientos de fertilización en ambos genotipos fueron la temperatura Dosel, el peso seco de la hoja bandera y el peso verde de espiga.

De los dos genotipos evaluados GABYAN95 mostró la mayor respuesta a la fertilización nitrogenada, en variables como: altura de planta, cobertura, etapa fenológica y peso seco de hoja bandera.

CANI85 no presentó interacción de los muestreos con los tratamientos de fertilización, mientras que GABYAN95 lo hizo en la etapa fenológica, cobertura y contenido de clorofila, apoyando la conclusión anterior.

En el segundo y tercer muestreo se detectaron las mejores respuestas en las variables agronómicas.

En ambos genotipos se detectó una asociación positiva entre el NDVI con las variables COB y CLORO a través de los tratamientos de fertilización y muestreos, pero negativa con ETAPA. El PSE se asoció positivamente con la variable ETAPA.

En este trabajo, al parecer la fertilización nitrogenada promovió la acumulación de agua en hoja bandera y espiga, aunque son necesarios más estudios para confirmarlo.

Se recomienda realizar estudios del efecto de la fertilización en el llenado de grano de éstos genotipos.



## VI. LITERATURA CITADA

- Bergh R., A. Baez, A. Quattrocchio y M. Zamora. 2000. Fertilización nitrogenada para calidad en trigo candeal. *Informaciones Agronómicas* 7: 13-16.
- Cendrero, O. 1938. *Nociones de historia natural* (7.<sup>a</sup> edición). París.
- Convento, A. I. 1988. Evaluación para su adaptación y rendimiento de 23 genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la región de Navidad, N. L. ciclo 1985 – 1986. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Cooper, M., and Morris, D.W. 1986. Agricultura forrajera. Buenos Aires, Argentina: EL ATENEO. pp. 37-40.
- Deloya C.M. 2007. Estudio de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo de infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas para el mediano y largo plazo a nivel nacional. Consultada por Internet el 20 de septiembre del 2017. Dirección de internet: [http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios\\_promercado/G\\_RANOS.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/G_RANOS.pdf)
- Dietz, D. R. 1970. Animal production and forage quality definition and components of forage quality. Range and wildlife habitat evaluation a research. Symposium Miscelaneus Publication No. 1147. U. S. D. 34p.
- Donato G. y M.S. B. Loza. 2017. Desde la industria: Importancia de la calidad de la cebada cervecera para el malteo. Nota Técnica. Cargüe. [http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/cangue\\_38/Cangue38\\_industria.pdf](http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/cangue_38/Cangue38_industria.pdf).

- El financiero.com.mx 2019 Producción de cebada mexicana crece 33%<https://www.elfinanciero.com.mx/economia/produccion-de-cebada-mexicana-crece-33>.
- Espinoza P.M. 2003. Plan estratégico de investigación y transferencia de tecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Cadena Agroalimentaria de Trigo etapa II: Identificación de demandas tecnológicas de la Cadena Agroalimentaria de trigo. Tecnológico de Monterrey Campus Querétaro Fundación Guanajuato Produce A. C.
- Ferraris G., R. Bergh, T. Loewy, L. Ventimiglia, F.H. Gutierrez Boem y P. Prystupa. 2008. Fertilización de Cebada Cervecera cv. Scarlett: III. Efecto del Nitrógeno en espigazón y su interacción con el Nitrógeno inicial. En: XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis. (CD Rom).
- Fontanetto, H ; E. Weder ; G. Gianinetto; y G. Berrone. 2009. Efecto de diferentes fertilizantes NPS en cebada. AGRICULTORES. Gacetilla del Departamento Técnico. Cultivos de Trigo, Colza, arveja y Lenteja. Número 11- Mayo 2009: 4-6.
- Forage Barleys for Manitoba.2006. What are Forage Barleys. Bolletín Canadá,3-6.
- García, C. A. y J. Ayala. 1981. Evaluación del potencial forrajero de avena, cebada, triticale y sorgo en tres localidades de Zacatecas bajo condiciones de temporal. Resúmenes de investigación del IANOC. en forrajes I.N.I.A. México.
- Gil, H., Martínez, C.G., Estrada, G. 2014. Impacto del sistema de labranza y dosis de nitrógeno en el rendimiento y calidad nutricional de forraje de avena. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 5 (6): 951-964.
- Goodwall, D.W. 1987. Ecosystems of the world, Managed grasslands analytical studies. New york, USA: Elsevier. p. 278.

Infoagro.com 2019 el cultivo de la cebada.  
<https://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm>.

Inta.gov.ar 2016 Diagnostico de nitrógeno de cebada y trigo: NDVI y Cobertura.<https://inta.gov.ar/documentos/diagnostico-de-nitrogeno-en-cebada-y-trigo-ndvi-y-cobertura>.

INTAGRI. 2017. Importancia de la Hoja Bandera en el Rendimiento de Gramíneas. Serie Cereales. Núm. 34. Artículos Técnicos de INTAGRI. México.4p  
<https://www.intagri.com/articulos/cereales/importancia-de-la-hoja-bandera-en-el-rendimiento-de-gramineas>.

Inman, D; Khosla, R; Mayfi ed, T. 2005. On-the-go active remote sensing for efficient crop nitrogen management. *Sensor Review* 25(3):209-214.

Lan Y; Zhang, H; Lacey, R; Hoffmann, WC; Wu, W. 2009. Development of an integrated sensor and instrumentation system for measuring crop conditions. *Agricultural Engineering International, The CIGR E-Journal* 11:1-16.

Loewy T., H.E. Echeverria y R. Bergh. 2004. Nitrógeno en trigo: Rendimiento y calidad panadera. II. Fertilización complementaria. VI Congreso Nacional de Trigo y IV Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. Bahía Blanca, Pcia. de Buenos Aires: 153-154

Lucas, H. L. 1963. Determination of forage yield on quality from animal responses. In range research methods: A symposium U. S. Dept. Agr. Music. Public. 940. Pp 43-54.

Martin, KL; Hodgen, PJ; Freeman, KW. Melchiori, R; Arnall, DB; Teal, RK; Mullen, K; Desta, K; Phillips, SB; Solei, JB; Caviglia, O; Solari, F; Bianchini, A; Francis, DD; Schepers JS; Hatfi eld, JL; Raun, WR. 2005. Plant-to plant variability in corn production. *Agronomy Journal* 97:1603-1611.

- Orcarberro, R., y Briseño. H., V. M. 1983. Valor nutritivo y rendimiento de la avena forrajera (*Avena sativa* L.) Ópalo en distintos estados de desarrollo. Revista Chapingo. Pp. 42, 85.
- Orozco 2019. Respuesta de Variables Agronómicas y Tecnología de Infrarrojos a La Fertilización Nitrogenada en Dos Cebadas Forrajeras.
- Poehlman, J.M 1981. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed: LIMUSA México.
- Poland, W., H. Peterson, R. Ashley and L. Tisor. 2004. Effect of species and variety type on yield and nutritional quality of small grain forage. Proceeding, western section, American Society of Animal Science Vol. 55.
- Prystupa, P; J.D. Scheiner, D. Martínez, y R.S. Lavado. 1998. Fertilización nitrogenada de cebada cervecera en dos ambientes del norte de la Provincia de Buenos Aires. Actas del IV Congreso Nacional de trigo y II Simposio Nacional de Cereales De Siembra Otoño-Invernal. Mar del Plata, Pcia. de Buenos Aires: III-57.
- Prystupa, P; R. Savín y G. Slafer. 2003. Rendimiento y calidad en cebada en respuesta a disponibilidad nitrogenada y fosforada. 2003. En: El cultivo de cebada y la producción de malta. Oportunidades para la articulación de la agroindustria con la investigación científica. Buenos Aires, EPG-FAUBA. 2pp.
- Prystupa, P; Ferraris G., R. Bergh, T. Loewy, L. Ventimiglia y F.H. Gutierrez Boem. 2008. Fertilización de Cebada Cervecera cv. Scarlett: IV. Modelo de respuesta del contenido proteico a la Fertilización Nitrogenada. En: XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis. (CD Rom).

Rojas, G. E. 1977. Variedades mexicanas de las cebadas. INIA. Folletos de divulgación. No. 49.

Samborski, SM; Tremblay, N; Fallon, E. 2009. Strategies to make use of plant sensors-based diagnostic information for nitrogen recommendation. *Agronomy Journal* 101(4):800-816.

Salazar, L. H. R. 1989. Evaluación de rendimiento y sus componentes en Cebadas de dos hileras (*Hordeum distichum*) y seis hileras (*Hordeum vulgare*) en Navidad, N.L. Ciclo 1987 – 1988. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

SNICS, Servicio nacional de inspección y certificación de semillas 2018. Catálogo nacional de variedades vegetales [https://datastudio.google.com/reporting/1dF79Fv3zreunXjSnY8dhRwDId8OHqWQh?s=pODDOObvl\\_8](https://datastudio.google.com/reporting/1dF79Fv3zreunXjSnY8dhRwDId8OHqWQh?s=pODDOObvl_8).

Thomas H. y Howarth C.J. 2000. Five ways to stay green. *J Exp Bot* 51:329- 337.

Valdés, S.N. 2006. Producción y calidad nutricional de forraje en triticale, avena y cebada en tres etapas progresivas de madurez en el valle de Toluca, México. tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México.

Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weeds Res.*, 14: 415.

Zeferino, F. V. 2012. Nuevas variedades de cebada cervecera adaptadas a México. Impulsora Agrícola S.A DE C.V.

Sitios de internet:

<http://www.osuextra.com>

<http://www.perulactea.com/2014/12/05/parametros-para-evaluar-la-calidad-delos-forrajes/>.