

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

“ESTABLECIMIENTO, RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRICIONAL DE
CEREALES FORRAJEROS EN EL CEIEPASP, CHAPA DE MOTA
ESTADO DE MÉXICO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

JOSÉ MANUEL MALDONADO SALAZAR

Asesor:

Dr. Edgar Meraz Romero

Cd. Universitaria, México, D. F.

2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

Dedicada primera y especialmente a Dios, por haberme permitido llegar al mundo y a esta etapa de mi vida.

A mis padres:

Teresa Salazar Ubando y José Leopoldo Maldonado Pérez, les dedico este trabajo por haberme brindado un apoyo incondicional, que con todos sus sacrificios me han permitido llegar a la culminación de este trabajo; no tengo con que pagarles, pero estaré infinitamente agradecido por todo lo que me han dado. Los amo.

A Mi Hermana:

Por ser pieza fundamental para lograr mis metas y objetivos. Por brindarme su apoyo para salir delante de cualquier circunstancia. Te amo flaca.

A Mónica:

Por haber llegado a mi camino y brindarme todo tu apoyo y confianza incondicional. Te amo princesa!!!

AGRADECIMIENTOS

Primeramente al Ingeniero y Dr. Edgar Meraz Romero, por haberme dado la oportunidad y confianza de realizar este trabajo, por su ayuda y paciencia, Gracias.

Al proyecto PAPIIT IN 215310 por los reactivos que se utilizaron para hacer los análisis de laboratorio.

A los miembros de mi jurado, MPA. Frida Salmerón Sosa, MPA. Lucas G. Melgarejo Velázquez, MC. Francisco Castrejón Pineda y MPAT. Agustín Roberto Bobadilla Hernández. Por su tiempo y apoyo brindados.

A la Doctora Aurora Hilda Ramírez Pérez y al Doctor Sergio Ángeles Campos, por haberme permitido realizar la fase de laboratorio en el Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ-UNAM.

A la Q. A. Águeda García Pérez por su asesoría y apoyo en los análisis de laboratorio.

Al MC Gustavo Flores Coello por sus consejos y asesoría para los resultados de laboratorio.

A los laboratoristas del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica: Teresa Martínez Martínez, Elizabeth Álvarez González y Martin Flores Rodríguez, y a los compañeros del laboratorio tesistas Nicolas, Hitler, Eduardo, Paulina, Valeria y Jonathan, por su ayuda y hacerme la estancia más amena dentro del laboratorio.

Al Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en producción Agrosilvopastoril CEIEPASP, Chapa de Mota Estado de México. Por haberme permitido realizar el trabajo de campo en sus instalaciones. A los doctores y alumnos que me ayudaron en mi estancia en el CEIEPASP.

A los trabajadores del CEIEPASP: Tere, Ana, Rigoberto, Pedro, Chimal, Juanito, Félix, Don Panchito y Don Lore, por estar al pendiente de las parcelas.

A toda mi familia en general que incondicionalmente cooperaron con su granito de arena para lograr la culminación de una de las etapas más importantes de mi vida.

A mis amigos: Marco, Cristian, Álvaro, Edgar y Gustavo, que se convirtieron en mi segunda familia en mi etapa universitaria. Gracias por todos los momentos y experiencias que hemos pasado.

CONTENIDO

| | |
|---|------------|
| LISTA DE CUADROS..... | XII |
| LISTA DE FIGURAS..... | XIV |
| RESUMEN..... | 1 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 4 |
| REVISIÓN DE LITERATURA..... | 8 |
| Importancia de los cereales forrajeros de invierno en México..... | 8 |
| Importancia del cultivo de Avena en México..... | 9 |
| Descripción del cultivo de Avena..... | 9 |
| Descripción de los Biotipos de avena usados..... | 11 |
| Variedad Chihuahua..... | 11 |
| Variedad Karma..... | 12 |
| Variedad Turquesa..... | 12 |
| Factores Involucrados en la producción y valor nutritivo del forraje de avena..... | 13 |
| Etapas de madurez a la cosecha..... | 13 |

| | |
|--|-----------|
| Especie forrajera..... | 14 |
| Fertilización..... | 15 |
| Cosecha y almacenaje..... | 16 |
| Henificado..... | 16 |
| Pastoreo..... | 17 |
| Ensilado..... | 17 |
| Método de siembra..... | 18 |
| Medio ambiente..... | 19 |
| Fertilidad y tipo de suelo..... | 20 |
| Genotipo..... | 21 |
| Características nutritivas del heno de avena..... | 21 |
| Importancia del cultivo de cebada en México..... | 22 |
| Descripción del cultivo de cebada..... | 22 |
| Descripción de los biotipos de cebada usados..... | 23 |
| Variedad Esmeralda..... | 24 |

| | |
|--|-----------|
| Factores involucrados en la producción y valor nutritivo del forraje de cebada..... | 24 |
| Etapa de madurez a la cosecha..... | 24 |
| Especie forrajera..... | 25 |
| Fertilización..... | 25 |
| Cosecha y almacenaje..... | 26 |
| Método de siembra..... | 27 |
| Medio ambiente..... | 28 |
| Fertilidad y tipo de suelo..... | 29 |
| Genotipo..... | 30 |
| Características nutritivas de heno de cebada..... | 30 |
| Importancia del cultivo de triticale en México..... | 31 |
| Descripción del cultivo de triticale..... | 32 |
| Descripción del biotipo de triticale usado..... | 33 |
| Variedad huerfanita..... | 34 |

| | |
|---|-----------|
| Factores involucrados en la producción y valor nutritivo del forraje de triticale..... | 34 |
| Etaapa de madurez a la cosecha..... | 35 |
| Especie forrajera..... | 35 |
| Fertilización..... | 37 |
| Cosecha y almacenaje..... | 38 |
| Método de siembra..... | 39 |
| Medio ambiente y tipo de suelo..... | 39 |
| Genotipo..... | 40 |
| Características nutritivas del heno de triticale..... | 40 |
| JUSTIFICACIÓN..... | 41 |
| HIPOTESIS..... | 41 |
| OBJETIVO..... | 42 |
| 2. MATERIAL Y MÉTODOS..... | 43 |
| Localización..... | 43 |
| Clima..... | 43 |

| | |
|--|-----------|
| Suelo..... | 44 |
| Duración del trabajo..... | 44 |
| Establecimiento..... | 44 |
| Preparación del terreno..... | 44 |
| Siembra..... | 45 |
| Calculo de densidad de siembra..... | 45 |
| Riegos..... | 46 |
| Tratamientos y diseño experimental..... | 46 |
| Edad de corte..... | 47 |
| Composición botánica..... | 49 |
| VARIABLES DE RESPUESTA..... | 49 |
| Determinación de materia seca..... | 49 |
| Composición química..... | 50 |
| Análisis estadístico..... | 51 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 53 |

| | |
|---|-----------|
| Producción de forraje húmedo (Kg/ha)..... | 53 |
| Contenido de Materia Seca (%)..... | 55 |
| Producción de Materia Seca..... | 56 |
| Contenido de Proteína Cruda..... | 58 |
| Fibra cruda..... | 62 |
| Extracto etéreo..... | 65 |
| Cenizas..... | 67 |
| Contenido celular..... | 70 |
| Fibra detergente neutro..... | 72 |
| Fibra detergente ácida..... | 74 |
| Celulosa..... | 76 |
| Hemicelulosa..... | 78 |
| Lignina..... | 80 |
| Digestibilidad <i>in vitro</i> de la MS..... | 82 |

| | |
|----------------------------------|-----------|
| 4. CONCLUSIONES..... | 85 |
| Recomendaciones..... | 86 |
| 5. LITERATURA CITADA..... | 87 |

LISTA DE CUADROS

Cuadro

| | | |
|---|---|----|
| 1 | PRODUCCIÓN DE FORRAJE HÚMEDO (KG/HA-1) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO..... | 53 |
| 2 | PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO..... | 55 |
| 3 | PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA (Kg MS/ha ⁻¹) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO..... | 57 |
| 4 | CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA (PC, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO..... | 59 |
| 5 | CONTENIDO DE FIBRA CRUDA (FC, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO..... | 63 |
| 6 | CONTENIDO DE EXTRACTO ETÉREO (EE, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO..... | 66 |
| 7 | CONTENIDO DE CENIZAS (CEN, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO..... | 68 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 8 | CONTENIDO CELULAR (CCEL, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO..... | 70 |
| 9 | CONTENIDO DE FIBRA DETERGENTE NEUTRO (FDN, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO..... | 72 |
| 10 | CONTENIDO DE FIBRA DETERGENTE ÁCIDA (FDA, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO..... | 75 |
| 11 | CONTENIDO DE CELULOSA (CEL, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO..... | 77 |
| 12 | CONTENIDO DE HEMICELULOSA (HCEL, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO..... | 79 |
| 13 | CONTENIDO DE LIGNINA (LIG, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO..... | 81 |
| 14 | DIGESTIBILIDAD (DIG, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO..... | 83 |

LISTA DE FIGURAS

Figuras

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Edades y formas de corte por periodo de Forrajes (Ch = Chihuahua, Tu = turquesa, K = karma, C = cebada; T = triticales)..... | 48 |
|---|--|----|

RESUMEN

MALDONADO SALAZAR JOSÉ MANUEL. ESTABLECIMIENTO, RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRICIONAL DE CEREALES FORRAJEROS EN EL CEIEPASP, CHAPA DE MOTA ESTADO DE MÉXICO (bajo la dirección de DR. EDGAR MERAZ ROMERO).

Se utilizaron 3 variedades de avena: *Avena sativa* var. Chihuahua (CH), Turquesa (TU) y Karma (K), 1 de cebada: *Hordeum vulgare* var. Cerro prieto (CP) y 1 de Triticale: *Triticum aestivum* x *Secale cereale* Wittm var. Huerfanita (TR), con objeto de evaluar el rendimiento y valor nutricional de cereales forrajeros de temporal en el CEIEPASP FMVZ-UNAM, Chapa de Mota, Estado de México. Se usó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones por especie y variedad, en tres edades de corte (48, 76 y 92 días), los datos fueron analizados PROC MIXED (SAS, 2003) y una prueba de comparación de medias de Tukey (Steel *et al.*, 1997). La composición química proximal se determinó por procedimientos de la AOAC (1995); el análisis de paredes celulares y fracciones de fibra según la técnica de VanSoest (1991); la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) por la técnica de Tilley y Terry (1963). La producción de materia seca/hectárea (RMS) fue similar entre variedades dentro de cada edad ($P>0.05$), a los 92 días el RMS fue: 1954.8, 2204, 2160, 2576 y 2432 Kg MS/ha⁻¹, para CH, TU, K, CP, TR, respectivamente. El contenido de proteína cruda (PC) fue similar ($P>0.05$) entre variedades, a los 48 días la PC (15.7 a 19.2 %) fue mayor ($P<0.05$) que a los 76 y 92 días (9.6 a 10.5 %). La concentración de fibra cruda (FC) fue

similar ($P>0.05$) entre variedades, a los 48 días la FC (14.25 a 16.5 %) fue menor ($P<0.05$) que a los 76 (19 a 21.5%) y 92 días (21 a 24.7%). El contenido de Extracto etéreo (EE) fue similar ($P>0.05$) entre variedades, a los 76 días el EE (6.5 a 8%) fue mayor ($P<0.05$) que a los 48 y 92 días (5 a 6.5%), por edad las variedades se comportaron distinto. La concentración de Cenizas (CEN) fue similar ($P>0.05$) entre variedades, a los 48 días el contenido de CEN (13.5 a 16.75%) fue mayor ($P<0.05$) que a los 76 y 92 días (9.0 a 11.5 %), por edad las variedades se comportaron distinto. La cantidad de contenido celular (CC) fue similar ($P>0.05$) entre variedades a los 48 y 76 días, el CC en esos dos períodos (entre 46 y 52.75%) fue mayor ($P<0.05$) al registrado en TU, K y CP a los 92 días (43.75, 44.75 y 44.5 %, respectivamente). El contenido de fibra detergente neutro (FDN) fue similar ($P>0.05$) entre variedades a los 48 y 76 días, a los 92 días la FDN fue menor ($P<0.05$) en CH (43%) que en las otras variedades. Por edad, la FDN solamente fue mayor ($P<0.05$) en Tu a 92 días (56.25%) en comparación a 48 días (48.75%), en las otras variedades no hubo diferencia por edad ($P>0.05$). El contenido de fibra detergente ácido (FDA) fue similar ($P>0.05$) entre variedades y edades (22.25 a 31.5%FDA). El contenido de celulosa (CEL) fue similar ($P>0.05$) entre variedades, en todas estas la FDA fue mayor ($P<0.05$) a 92 días (16.75 – 17.75%) en comparación a 48 días (21.25 – 24.75%). El contenido de hemicelulosa (HEM) fue similar ($P>0.05$) entre variedades y edades, solamente la variedad TU registro mayor ($P<0.05$) HEM a 92 días (26.5%) que a 48 días (18.75%). El contenido de lignina (LIG) fue similar ($P>0.05$) entre variedades y

edades, el intervalo estuvo entre la variedad CH a 92 días (2.12%) y el TR a 48 días. La DIVMS fue similar ($P>0.05$) entre variedades y edades, los valores estuvieron entre 52.5% registrado por la variedad TU a los 76 días y 69.5% registrado en la variedad K a los 48 días. Los resultados indicaron que bajo las condiciones experimentales que se llevó a cabo esta investigación no hubo diferencia en rendimiento o valor nutritivo de las variedades en estudio.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha incrementado el uso de cereales forrajeros para establecer praderas o áreas para corte de invierno. En general los cereales de grano pequeño de crecimiento invernal son de ciclo largo, muestran una buena resistencia al frío, producen una buena cantidad de forraje y grano. Los cereales más comúnmente empleados son trigos, centenos, avenas, cebadas y triticales con amplia capacidad de rebrote después del corte o pastoreo y producción. Debido a que es utilizada principalmente en la alimentación del ganado, como planta forrajera, en pastoreo, como heno o ensilado; la avena forrajera se usa sola o en combinación con leguminosas forrajeras. La paja de avena está considerada como un muy buen alimento para el ganado (SIAP, 2011).

La avena (*Avena sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare*) y el triticales (*Triticosecale* Wittm.) son cultivados extensamente bajo condiciones de temporal en algunas regiones del país dado que representan una fuente importante de forraje para la alimentación animal. Estos cereales constituyen una alternativa para los productores temporaleros cuando por el retraso de las lluvias otros cultivos como maíz o sorgo no logran establecerse, debido a la mayor demanda de agua que estos exigen.

El heno de estos cereales es la fuente básica de forraje en los sistemas de producción de bovinos y ovinos principalmente. La cosecha de estos cereales es

típicamente en la etapa de madurez fisiológica (grano lleno y duro), debido a que permite alcanzar la mayor producción de materia seca, de alrededor de 6000 o hasta 20000 kg/ha para algunas variedades de triticale. Sin embargo, la calidad nutricional se reduce considerablemente, ocasionando una concentración de proteína cruda y fibra detergente neutro de 10.5 y 61.4 % respectivamente (Salmerón *et al.*, 2003). En contraparte, una cosecha en estado de embuche, produce un contenido de proteína de 20.8 % y una concentración de fibra detergente neutro de 44.2 % (FAO, 2004).

La avena (*Avena sativa* L.) es una gramínea cultivada extensamente en el mundo, ocupando el sexto lugar de los cereales producidos a nivel mundial (ASERCA, 1994). México representa una producción mundial de avena de 0.4 % de volumen comercial y 0.5 % de la superficie cosechada, cifras que lo colocan en el lugar 28 y 23 en el mundo. Es el cuarto cereal más cosechado en el país.

Mientras que en la cebada el rendimiento promedio es de 10 toneladas de forraje verde, que equivale a 4 toneladas por hectárea de forraje seco, con un 8.1 a 12% de PC, fibra detergente neutro de 48.1 % y fibra detergente ácido de 32.8 % y 79.5 % de digestibilidad. (Hernández *et al.*, 2007; Colín *et al.*, 2009)

El consumo de cereales representa un porcentaje elevado en la alimentación de la población mundial. La cebada es considerada como el grano cultivado con mayor antigüedad en la historia del hombre. Produce alrededor de 27 % de grano, 54 % de paja y 19 % de rastrojo (ASERCA, 1994). La cebada maltera es la mejor

alternativa de cultivo en los ciclos de verano, en las áreas temporaleras de los valles altos de los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla, así como en siembras de invierno en otras regiones del país como en el Bajío, algunas regiones de Jalisco, Chihuahua, Zacatecas y San Luis Potosí. Esto se debe a que de los cereales, la cebada es la especie de ciclo más corto, lo que le permite desarrollarse en un ciclo libre de heladas frecuentes en los valles altos, lo cual en ocasiones no es posible en especies como el maíz o el trigo. El principal problema que presenta la producción de cebada en nuestro país, es la presencia de la Roya lineal amarilla. (Zamora *et al.*, 1997). En México los principales estados productores de cebada son Hidalgo, Tlaxcala y Puebla, aunque la producción se ha visto disminuida debido a los agotamientos del suelo. (Contreras *et al.*, 2008). En la actualidad, debido a la escases de agua existe mayor interés en la producción de forraje durante el invierno, dado que hay menor evaporación, pero con el riesgo de mayor presencia de heladas. El triticale (*tritico-secale Witt*) a demostrado ser una especie competitiva contra el ballico, avena, trigo, centeno y cebada en la producción de forraje durante la época invernal. Aunado a esto posee características favorables como tolerancia a bajas temperaturas, sequias, suelos ácidos y alcalinos, plagas y enfermedades. (Zamora *et al.*, 2002)

De acuerdo con datos de la FAO, (FAOSTAT, 2010) en el mundo se producen 13.9 millones de toneladas de Triticale, siendo los principales países productores de este cereal: Polonia 32.4 %, Alemania 17.3 %, Francia 13.1 % y Bielorrusia 13 %. México produce el 0.04 %.

El triticale es un cultivo relativamente nuevo en México, del cual se estima que se cultivan alrededor de 8,000 hectáreas, en su mayoría para producción de grano principalmente en los estados de Michoacán, Nuevo León, Puebla, Jalisco, México, Tlaxcala y Sonora. (Autrique y Pfeiffer, 1994). Y más reciente para uso forrajero en la región de Chihuahua, Coahuila y la Región Lagunera. (Béjar *et al.*, 2000).

Por lo anterior este trabajo tiene la finalidad de evaluar la producción y la calidad de materia seca en forrajes de invierno en el Municipio de Chapa de Mota, Estado de México.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia de los cereales forrajeros de invierno en México

En los últimos años se ha incrementado el uso de cereales forrajeros para establecer praderas o áreas para corte de invierno con algunas ventajas, como son la oportunidad de sembrar más temprano, iniciar el pastoreo o corte a los 60-70 días después de la siembra, mayor producción de forraje en los meses fríos, mayor eficiencia en el aprovechamiento del agua de riego, otra ventaja importante de los cereales de hábito invernal es que pueden emplearse para pastoreo o corte toda su vida productiva o pastorearse/cortarse durante el otoño-invierno (2-3 cortes) ciclos de pastoreo y posteriormente dejarlos para cosechar el forraje para ensilar/henificar en estado de crecimiento de embuche, o bien para elaborar ensilados en estado de crecimiento de grano-masoso y también permitir que las plantas maduren y cosechar grano. En general los cereales de grano pequeño de crecimiento invernal son de ciclo largo, muestran una buena resistencia al frío, producen una buena cantidad de forraje y grano. Los cereales más comúnmente empleados son trigos, centenos, avenas, cebadas y triticales con amplia capacidad de rebrote después del corte o pastoreo y producción. Antes de sembrar se deben tomar en cuenta algunos factores para tener éxito en el establecimiento como son: características del suelo, disponibilidad de agua, demanda de forraje en la unidad de producción, época en que se necesita el forraje, necesidades nutritivas del ganado a alimentar, como se va a utilizar

pastoreo o corte, rotación de cultivos, uso del cultivo, costos de producción, disponibilidad de semilla, precio del forraje y granos; todos estos factores ayudan a decidir: que, como, y cuando sembrar.

Importancia del cultivo de Avena en México

La avena (*Avena sativa* L.) es una gramínea cultivada extensamente en el mundo, ocupando el sexto lugar de los cereales producidos a nivel mundial (ASERCA, 1994). México representa una producción mundial de avena de 0.4 % de volumen comercial y 0.5 % de la superficie cosechada, cifras que lo colocan en el lugar 28 y 23 en el mundo. Es el cuarto cereal más cosechado en el país. Siendo Chihuahua el principal productor de avena en México, con el 63 % del volumen de la producción nacional entre los años 2007 a 2009. El Estado de México, Durango, Zacatecas e Hidalgo cuentan con una producción de 11.5 %, 9.4 %, 4.6 % y 3.5 % de la producción, respectivamente.

Descripción del cultivo de Avena

Debido a que es utilizada principalmente en la alimentación del ganado, como planta forrajera, en pastoreo, como heno o ensilado; la avena forrajera se usa sola o en combinación con leguminosas forrajeras. La paja de avena está considerada como un muy buen alimento para el ganado (SIAP, 2011).

La avena (*Avena sativa* L.) es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas. Las más cultivadas son *Avena sativa* L. y *Avena bizantina* K., a veces conocidas como avena blanca y avena roja, las cuales son hexaploides de $2n = 42$ cromosomas (FAO, 2004).

Su sistema radicular es fuerte, con raíces más abundantes y profundas, sus tallos gruesos y rectos, están formados por varios entrenudos que terminan en varios nudos. Es una gramínea de estación fría, muy sensible a las altas temperaturas, sus necesidades hídricas son elevadas. Se adapta bien a terrenos diversos, pero prefiere los suelos profundos y arcillo-arenosos y se adapta bien a los suelos con pH entre 5 y 7 (SIAP, 2011).

La proteína de forraje de avena es mayor en las etapas tempranas, pudiendo ser de 16 % en estado de embuche, mientras que en estado masoso es de 8 %; la materia seca total incrementa a medida que se acerca a la madurez, mientras que la digestibilidad de la materia seca disminuye con la madurez. El estado óptimo de corte se obtiene en estado masoso de grano, ya que así se asegura un balance entre la cantidad de materia seca total, porcentaje de proteína y mayor cantidad de energía digestible (Salmerón y Bárcena, 2003).

A la siembra se recomienda generalmente una dosis de 100 a 150 kg/ha (SIAP, 2006). La siembra en surco se realiza con el fin de captar más agua de lluvia. Para esto la siembra se hace en plano y posteriormente se hacen los surcos a 80 cm

uno del otro. Empleando este sistema de siembra se han elevado los rendimientos hasta en 30 % a una dosis de 100 a 110 kg/ha (Salmerón y Bárcena, 2003).

Descripción de los Biotipos de avena usados

A continuación se describen las características agronómicas de las variedades de avena utilizadas en el presente experimento.

Variedad Chihuahua

Esta variedad fue liberada por el Instituto Nacional de las Investigaciones Agrícolas (INIA) en 1967 (Maldonado, 1989). Los genotipos que intervinieron para crear esta variedad fueron: AB 177/ Putnam 61, los mismos progenitores que formaron la variedad Cuauhtémoc, pero con diferente historia de selección. (Salmerón y Bárcena, 2003).

Esta variedad posee cualidades forrajeras y mide entre 90 a 110 cm, pero bajo riego puede llegar a medir 135 cm. El grano es grande, vistoso y con cáscara de color blanco (Maldonado, 1989). Se adapta bien bajo riego y temporal. Su floración ocurre entre los 55 a 66 días y alcanza su madurez entre 95 y 110 días. No es resistente a la roya de la corona (Salmerón *et al.*, 2003).

Variedad Karma

Esta variedad fue desarrollada en el campo experimental del Valle de México del INIFAP, fue registrada con el No. AVE-011-190298/C ante el comité calificador de variedades de plantas. Karma es una variedad de hábito de primavera, de crecimiento erecto. Alcanza su floración a los 50-57 días y su madurez varía entre los 90-93 días considerándose de ciclo intermedio. La altura de la planta puede estar entre los 70 y 134 cm, según sea el ambiente de desarrollo. En esta variedad la cubierta del grano es de color café (Villaseñor *et al.*, 1998a; Espitia *et al.*, 2001). Es la variedad con mayor tolerancia al acame y a la falta de agua. Karma tiene mayores cualidades para la producción de grano llegando a producir hasta 5.1 toneladas por hectárea y en temporal puede producir hasta 10.5 toneladas de forraje henificado (Villaseñor *et al.*, 2006). Karma es moderadamente resistente a la roya del tallo y resiste a la roya de la corona. (Ramírez, 2007).

Variedad Turquesa

Se obtiene a partir de la cruce simple entre la línea experimental F2 CV-83(5-0C) 8C-0C y la variedad karma. La cruce que dio origen a la variedad se dio en el campo experimental Bajío (CEBAJ) durante el ciclo otoño-invierno 2003. Bajo el Programa de Mejoramiento Genético de Avena del Campo Experimental Valle de México (Villaseñor *et al.*, 2009)

Turquesa es una variedad de ciclo vegetativo intermedio. Alcanza su madurez a los 105 días, es porte medio, tolerante al acame, plantas de color verde oscuro. De grano lechoso, panícula con alta densidad de granos, grano de tamaño mediano y alta relación grano-paja.

Es moderadamente resistente a roya del tallo, moderadamente resistente a roya de la corona o de la hoja y es tolerante al complejo de enfermedades foliares en donde se presentan las dos manchas foliares y antracnosis.

Factores Involucrados en la producción y valor nutritivo del forraje de avena

Para obtener una buena calidad y producción de forraje los principales factores que influyen son: madurez, especie de cultivo, fertilización, métodos de cosecha y almacenamiento, medio ambiente, fertilidad y tipo de suelo y genotipo. (Ball *et al.*, 2001; Cherney y Hall, 2005).

Etapas de madurez a la cosecha

Es el factor de mayor impacto en el nivel de producción a calidad del forraje. El momento en que se debe de cortar un forraje depende principalmente del rendimiento de la materia seca, calidad nutritiva y forrajera, del uso que se le va a dar al forraje (henificado, avena acicalada, forraje fresco, ensilado, etc.) y ganado que se va a alimentar. La principal característica para definir el potencial

productivo de un forraje es la materia seca, la cual aumenta con la madurez, sin embargo el porcentaje de proteína disminuye, la digestibilidad de la materia seca del forraje también disminuye a medida que aumenta la madurez de la planta (Espitia *et al.*, 2002).

La calidad de un forraje declina conforme avanza su madurez. (Cherney y Hall, 2005). Es decir que el momento óptimo para cortar un forraje dependerá del uso que se le dé al forraje, si es para ganado en crecimiento la demanda de proteína será mayor, la cual se obtiene en etapas tempranas; si el forraje es para ganado lechero o de engorda, la demanda será principalmente de energía, la cual se obtiene cuando el forraje tiene la mayor cantidad de grano (Espitia *et al.*, 2002)

Especie forrajera

Generalmente las leguminosas producen forraje de mejor calidad que las gramíneas. Esto es porque las leguminosas usualmente tienen menos fibra lo que favorece su mayor consumo. Por su parte las gramíneas, por sus altos niveles de FDN y más lenta tasa de digestión de la fibra, resultan en menor consumo voluntario de materia seca que las leguminosas. Las diferencias entre la misma especie también van a influir en la calidad. Las gramíneas anuales, como los cereales, son con frecuencia de mejor calidad que las perennes. Las gramíneas tropicales convierten más eficientemente la luz solar en forraje que las gramíneas de clima frío, pero sus hojas contienen una proporción más alta de tejido

lignificado, lo que las puede llegar a ser hasta 9 % menos digestibles que las segundas. En los cereales de invierno, en la etapa de floración, la avena es el cereal más digestible mientras que al final del ciclo su forraje es menos digestible que el resto de los cereales. Sin embargo, la paja de avena es más aceptada por el ganado que las pajas de otros cereales. (Ramírez, 2007).

Fertilización

La fertilización en condiciones de temporal depende mayormente de la cantidad de lluvia que recibe el cultivo durante su desarrollo. (Chávez y Gómez, 1999).

Los nutrientes más importantes para la planta son el nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O), y de estos el más importante es el N. La fertilización de las gramíneas con N frecuentemente aumenta de manera sustancial la producción de MS y los niveles de NNP de los forrajes. (Ramírez, 2007). El fósforo es el segundo nutriente en importancia y es necesario para el buen desarrollo de las raíces, especialmente en las primeras etapas de su desarrollo. El potasio es de menor importancia en el cultivo de los cereales (Chávez y Gómez, 1999).

En general, la dosis de fertilización recomendada para el cultivo de avena es de 100-120 Kg de N y 50-60 Kg de fósforo por hectárea, dependiendo de las condiciones del terreno (Ramírez, 2007).

Cosecha y almacenaje

Para la cosecha se debe tener en consideración la calidad y cantidad de forraje que se quiere obtener, lo que va a depender principalmente del estado de madurez a que son cosechados. Además, en temporal se debe de tener en cuenta la cantidad de lluvia recibida.

Henificado

Las etapas a que se pueden cosechar para henificar son las siguientes:

Estado de floración (embuche). En esta etapa se obtiene la máxima cantidad de materia seca digestible, sin embargo, la producción de materia seca es menor en un 15 – 25 %. Es conveniente cortarlo en este estado cuando se proporciona el forraje a animales con altos requerimientos de nutrientes, como animales en crecimiento, en lactación o en el último tercio de gestación. Las mayores ganancias de peso por hectárea se obtienen cuando se corta en este estado fenológico (Chávez y Gómez, 1999).

Estado lechoso. En este estado es el menos palatable al ganado y produce menores ganancias de peso, por lo que es preferible esperar a cortar en estado de masa blanda.

Estado de masa blanda. El forraje cortado en este estado tiene el mayor rendimiento de forraje seco, pero una menor digestibilidad de la fibra y contenido de proteína, con relación al forraje cortado en estado más tierno. Después de este

estado, disminuye considerablemente la calidad del forraje y no se incrementa el rendimiento (Chávez y Gómez, 1999).

Pastoreo

La avena se puede pastorear, aunque se debe de considerar pérdidas por pisoteo del 20 al 35 %. Para el pastoreo de animales jóvenes (140 –250 kg de peso), es recomendable hacerlo poco antes del espigamiento del cereal, para obtener las máximas ganancias de peso. Sin embargo, se debe tener cuidado de no pastorear demasiado joven el forraje, o de fertilizar con niveles altos de nitrógeno, ya que podría haber problemas de intoxicación por nitratos, lo que podría provocar la muerte de los animales. Para el mejor aprovechamiento del pastoreo, se recomienda realizar rotación de potreros, suplementación mineral y se debe evitar en lo posible pastorear la pradera cuando esté demasiado húmeda, ya que las pisadas del ganado causan daños (Chávez y Gómez, 1999).

Ensilado

La cebada y avena producirán hasta el doble de nutrientes digestibles cuando se ensilen que si son cosechados para grano, pero es más difícil hacer un ensilado de excelente calidad con estos que con otros cultivos comúnmente utilizados para el ensilado, como el maíz o el sorgo. Es mejor utilizarlos en forma de heno, pastura verde o pastoreo directo.

Para realizar el ensilado de los cereales, es necesario que la humedad al momento del corte sea entre el 60 y 70 % (estado de masa blanda). (Chávez y Gómez, 1999).

Durante el henificado y almacenaje pueden ocurrir pérdidas importantes de nutrientes. La pérdida de hojas durante el henificado, resulta en pérdidas de proteína, digestibilidad de la MS y vitamina A., así como descensos de carbohidratos solubles debido a las lluvias. Malas condiciones de almacenaje, principalmente por niveles inadecuados de humedad, resultan en calentamiento y crecimiento de hongos en el forraje, reduciendo el contenido de nutrientes y el consumo por el animal. Pérdidas de 33 a 26 % y 25 a 17 % de MS se suceden durante la cosecha y almacenamiento del heno cuando el contenido de humedad esta entre 10 y 20 %, respectivamente. Aún bajo condiciones ideales de henificado, el forraje de avena puede presentar cambios importantes en su composición química (Ramírez, 2007).

Método de siembra

Se recomienda usar semilla certificada para evitar enfermedades o malezas que pueden estar presentes en semillas no certificadas. Las semillas deben tener un porcentaje mínimo de germinación de 85 % para asegurar una buena población de plantas y estar libres de semillas de malezas e impurezas, para que faciliten la siembra. Utilizar de 80 a 110 kilogramos de semilla por hectárea (Chávez y Gómez, 1999).

Generalmente se siembra en húmedo, después de las primeras lluvias. Cuando se siembra al voleo, se utiliza una “voleadora” que distribuye la semilla en un ancho de 8 a 12 metros. La semilla se tapa con un paso de rastra ligero o usando una rastra de dientes, cuidando que la semilla no quede a una profundidad mayor de 5 a 10 centímetros. También se puede sembrar en hileras utilizando sembradora triguera. Lo más común es sembrar a una distancia de 11 a 25 centímetros entre hileras. La siembra al voleo es más rápida que la siembra con sembradora triguera, sin embargo, esta última realiza una mejor distribución y uniformidad en la profundidad de siembra de la semilla por lo que se usa una menor cantidad de semilla; además, no se tiene que dar otro paso de rastra para tapar la semilla (Chávez y Gómez, 1999).

El sistema de siembra en plano representa una de las prácticas agronómicas en el cultivo de avena. Tradicionalmente la avena es sembrada en superficies no surcadas. Sin embargo, en terrenos con pendientes superiores al 1.5 %, se ha observado elevados escurrimientos, provocando una reducida captación de agua lo cual puede repercutir en la producción. (Ramírez, 2007).

Medio ambiente

Dentro de los factores medio ambientales que influyen en la calidad de los forrajes, el más importante es la temperatura. Plantas que crecen a mayor temperatura generalmente presentan menor calidad que las que crecen a

temperaturas frías. Los forrajes de cualquier especie van a ser más bajos en calidad si son producidos en climas calientes que en climas fríos. Para el crecimiento óptimo de las especies de clima frío, la temperatura debe ser cerca de 20 °C y para las especies tropicales esta debe ser entre 30- 35 °C. Alteraciones en la temperatura pueden afectar la digestibilidad de los forrajes (Ramírez, 2007).

La lluvia es otra limitante en la producción de cereales bajo temporal, tanto en cantidad como en distribución, por lo que las prácticas deberán estar dirigidas al máximo aprovechamiento del agua (Chávez y Gómez, 1999).

Fertilidad y tipo de suelo

La fertilidad del suelo afecta más la producción de forraje que su calidad (Cherney y Hall, 2005). La avena crece muy bien en suelos arcillosos y franco-arenosos, sin problemas de drenaje y con un pH de ligeramente ácido a neutro (5-7) (Jurado, 2002).

Es muy sensible a la salinidad del suelo. Al igual que la cebada, se puede sembrar en todas las zonas de temporal de la región. En años con precipitación arriba del promedio, tendrá mayor producción de forraje y de mayor calidad. Se recomienda para producir forraje henificado, siendo más difícil la producción de grano, ya que requiere más agua que la cebada (Chávez y Gómez, 1999).

Genotipo

La variedad o genotipo a utilizar, afecta la calidad del forraje (Cherney y Hall, 2005). Por lo cual, para obtener una producción de forraje de buena calidad y valor nutricional se deben considerar factores como rendimiento, calidad, tolerancia a sequía y enfermedades.

Los mejores rendimientos de forraje se han obtenido con variedades de ciclo precoz e intermedio (Chávez y Gómez, 1999).

Características nutritivas del heno de avena

En el NRC (2001) el valor nutricional promedio del heno de avena a inicio de inflorescencia es para PC 9.1 %, FDN 58.0 %, FDA 36.4 %, TND 55.9 %, EM 1.83 Mcal/Kg, ENL 1.10 Mcal/Kg, ENm 1.17 Mcal/Kg, ENg 0.61 Mcal/Kg, CNF 23.5 %.

Como fue citado, la etapa de madurez es el factor que mayor impacto tiene sobre la composición química y digestibilidad de cualquier forraje. El contenido de PC se va reduciendo durante el crecimiento de la planta de avena y el contenido de fibra se incrementa hasta iniciada la formación del grano donde la fibra tiende a decrecer en las siguientes etapas de desarrollo del cultivo debido al incremento en la cantidad de grano en la planta (Ramírez, 2007).

Importancia del cultivo de cebada en México

La Cebada (*Hordeum vulgare L.*) es considerada como el cereal cultivado con mayor antigüedad en la historia del hombre. En el mundo, la producción de cebada no tiene la misma relevancia que otros granos. Pero es materia prima importante en algunos países, principalmente en los en vías de desarrollo, para las naciones industrializadas este grano es utilizado como alimento para animales y como malta. Los 5 principales productores del cereal en conjunto aportan el 49 % de la producción mundial. La Unión Europea ocupa el primer lugar en cuanto a producción 28.4 %. En segundo lugar se ubica Canadá 7 %, le sigue los Estados Unidos 5.7 %, en cuarto lugar se ubica la República de Kazakstán 4.0 % y finalmente Turquía 3.8 % del total mundial (ASERCA, 1994).

En México cerca del 90 % de la producción nacional de cebada se concentra en 5 estados, los cuales en orden de importancia son los siguientes: Guanajuato 31.48 %, Hidalgo 27.49 %, Tlaxcala 14.07 %, México 7.72 % y Puebla 7.04 %. La superficie sembrada tuvo una ligera tendencia a la baja ya que paso de 331,495 hectáreas en 1998 a 322,696 hectáreas en el 2008. El rendimiento promedio en cebada entre 1998 y 2008 fue de 2.24 Ton/ha.

Descripción del cultivo de cebada

Debido a que es de ciclo intermedio la cebada es la mejor alternativa de cultivo en áreas temporaleras, principalmente de los valles altos de los Estados de México,

Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, así como en otras regiones del país como el Bajío, algunas regiones de Jalisco, Chihuahua, Zacatecas y San Luis Potosí. Debido a que es un forraje de ciclo corto, le permite producir en un ciclo libre de heladas, lo cual no es posible con el maíz o trigo (Zamora *et al.*, 2007).

Siendo un cereal de alta adaptación tiene buena adaptación a todos los rangos de altitud y a tipos de suelos del área costera y valles altos; sin embargo, se ha observado que prospera mejor en suelos de textura ligera a media, sin problemas de drenaje y con un pH de neutro a alcalino, tolerante a la salinidad. De acuerdo a la cantidad de lluvia recibida durante el desarrollo del cultivo, se puede cosechar grano, forraje para henificado o ensilado, o ser pastoreado por el ganado (Chávez y Gómez, 1999).

Por ser una gramínea sus características vegetativas son similares a las del centeno y trigo. A pesar de las bondades de la cebada, poco se ha utilizado en la producción de este cereal (ASERCA, 1994).

El principal problema de la cebada es la presencia de la enfermedad Roya lineal amarilla (*Puccinia striiformis f. sp. hordei*), la cual se presentó por primera vez en el Altiplano Central en 1987 (Zamora *et al.*, 1997).

Descripción de los biotipos de cebada usados

A continuación se describen las características agronómicas de la variedad de cebada utilizada en el presente experimento.

Variedad Esmeralda

Esta variedad es el resultado de la selección de líneas segregantes de cebada originadas del cruzamiento simple de las líneas M9653 X M9667, realizado por el Programa Nacional de Cebada del INIFAP, Campo experimental Valle de México. Este resultado le permitió a la cebada variedad Esmeralda tolerancia a las enfermedades (Roya lineal amarilla) y el acame, y tener un potencial de rendimiento en los valles altos.

Es de ciclo intermedio y sus días de floración van de los 49 a 64 días, la etapa de madurez va de 91 a 120 días, alcanza una altura de 86 a 105 cm, presenta 5 hojas por tallo y 6 entrenudos, tiene una raíz fibrosa (*Zamora et al., 1997*).

Factores Involucrados en la producción y valor nutritivo del forraje de cebada

Para obtener una buena calidad y producción de forraje los principales factores que influyen son: madurez, especie de cultivo, fertilización, métodos de cosecha y almacenamiento, medio ambiente, fertilidad y tipo de suelo y genotipo (*Ball et al., 2001; Cherney y Hall, 2005*).

Etapa de madurez a la cosecha

Las épocas de siembra y cosecha dependen de la variedad seleccionada y la región en la que se localice el cultivo, siendo para el ciclo P-V de abril a agosto, mientras que para el ciclo O-I abarca los meses comprendidos entre octubre y enero (*ASERCA, 1994*). Se debe de realizar cuando el grano este maduro y lleno.

Esto se lleva a cabo 20 o 25 días después de su madurez (90-120 días). EL forraje es cortado y posteriormente se ofrece en verde o se henifica (Gómez *et al.*, 1997)

Especie forrajera

Para obtener mejor forraje, se deben considerar factores como rendimiento, calidad, tolerancia a sequía, variedades y enfermedades (Chávez. y Gómez, 1999). Las variedades recomendables varían mucho de acuerdo a las condiciones locales.

Fertilización

La fertilización en condiciones de temporal depende mayormente de la cantidad de lluvia que recibe el cultivo durante su desarrollo (Chávez y Gómez, 1999).

Los nutrientes más importantes para la cebada son el nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O). La fertilización de las gramíneas con N frecuentemente aumenta de manera sustancial la producción de MS y los niveles de NNP de los forrajes (Ramírez, 2007). El fósforo es el segundo nutriente en importancia y es necesario para el buen desarrollo de las raíces, especialmente en las primeras etapas de su desarrollo. El potasio es de menor importancia en el cultivo de los cereales (Chávez y Gómez, 1999). La falta de nutrientes como el nitrógeno, el fósforo y potasio se refleja en una baja producción, por lo que de acuerdo con la región y el tipo de suelo en que se cultive, es necesario realizar un análisis que permita determinar la cantidad de fertilizante requerido, dependiendo el número de

aplicaciones de una a dos, para fertilizante tipo orgánico o industrial respectivamente, pudiendo realizarse manual o mecánicamente (ASERCA, 1994).

Lo recomendable es fertilizar al momento de la siembra con la fórmula 60-40-00 para temporales con precipitación de 300 a 400 mm por ciclo y para temporales con lluvias inferiores a 300 mm fertilizar con la fórmula 30-40-00.

Cosecha y almacenaje

Los principales cultivos, especialmente los cereales, producen grandes cantidades de tallos y de hojas, además del producto principal, que por lo general es el grano.

La cosecha de este cereal, se realiza 20-25 días después de la madurez, además de tener en cuenta la cantidad de lluvia recibida. El corte se recomienda cuando la humedad es de aproximadamente un 40 %; en donde se hará un agavillado o colocación de atados con el fin de que los granos de la cebada empiecen a perder humedad y pos madurar, desecándose por la acción del sol y viento. Para la cosecha, se recomienda que el suelo sea liviano o arenoso y tenga una capa arable de 20 cm. El pH debe encontrarse en un rango de 7 a 8.5, mientras que para aquellos terrenos ácidos moderados el pH deberá conservarse entre 5 y 7; aún y cuando algunas especies de cebada no son tan sensibles a la salinidad, preferentemente deberán mejorarse los suelos con un drenaje adecuado o mediante el riego. Los requerimientos de agua de la planta de primavera se ubican en aproximadamente 800 mm de agua. En lugares con insuficiencia de

precipitación pluvial o épocas de temperatura desfavorables, es recomendable el reposo de la tierra para que el agua se acumule en el suelo (ASERCA, 1994).

Este forraje se puede pastorear, aunque las cebadas de aristas ásperas son menos palatables que otros cereales y pueden causar lesiones a la boca del ganado. Se puede almacenar en forma de heno y ensilado (FAO 2003).

Para su almacenaje henificado, se cerciora que el contenido de humedad no exceda, en ningún caso, el 14 %, para evitar la generación de calor y la proliferación de hongos en el grano apilado (ASERCA, 1994).

La paja constituye casi siempre la mitad de la vegetación que se puede cosechar de un cultivo. Tales materiales ordinarios no pueden ser consumidos por el ser humano, pero el ganado los puede transformar en productos con valor económico.

Método de siembra

La siembra o cultivo de este cereal se puede realizar mediante varios métodos, entre ellos están: siembra al voleo o siembra con maquina sembradora. La siembra al voleo, se puede realizar manualmente o con maquina "voleadora", el método consiste en esparcir de manera uniforme la semilla en el terreno, para después ser tapada con un paso ligero de rastra a una profundidad sugerida de 5 cm. Si la siembra se realiza con maquina sembradora, se recomienda que el suelo tenga buena humedad, así se distribuye de manera uniforme la semilla en hileras

o surcos separados de entre 12 y 14 cm., depositando la semilla a unos 4-6 cm de profundidad y así asegurar una buena cantidad de plantas (Gómez *et al.*, 1997).

La cantidad de semilla para la siembra a utilizar depende principalmente del ambiente de producción, método de siembra, variedad de semilla, porcentaje de germinación y calidad de la semilla. (Gómez *et al.*, 1997). Se recomienda usar semilla certificada para evitar enfermedades o malezas que pueden estar presentes en semillas no certificadas. Las semillas deben tener un porcentaje mínimo de germinación de 85 % para asegurar una buena población de plantas y estar libres de semillas de malezas e impurezas, para que faciliten la siembra. (Chávez y Gómez, 1999). Para la cebada se usa una cantidad de semilla de 110 a 140 kg. Dependiendo del tipo de suelo en que se vaya a sembrar, al peso en la semilla, sembrar en época tardía de siembra, que la semilla tenga un porcentaje menor de germinación al especificado, suelos con niveles de baja fertilidad, inadecuada preparación del terreno y siembra al voleo (ASERCA, 1994).

Medio ambiente

Los ambientes de producción de la cebada se basan principalmente por la temperatura, disponibilidad de lluvia, textura y profundidad del suelo. Plantas que crecen a mayor temperatura generalmente presentan menor calidad que las que crecen a temperaturas frías (Gómez *et al.*, 1997). Los forrajes de cualquier especie van a ser más bajos en calidad si son producidos en climas calientes que en climas fríos. Para el crecimiento óptimo de las especies de clima frío, la

temperatura debe ser cerca de 20 °C y para las especies tropicales esta debe ser entre 30- 35 °C. Alteraciones en la temperatura pueden afectar la digestibilidad de los forrajes (Ramírez, 2007).

La lluvia es otra limitante en la producción de cereales bajo temporal, tanto en cantidad como en distribución, por lo que las prácticas deberán estar dirigidas al máximo aprovechamiento del agua (Chávez y Gómez, 1999).

Fertilidad y tipo de suelo

Dentro de los cereales la cebada tiene buena adaptación a todos los rangos de altitud y a tipos de suelos del área costera y valles altos. (Chávez y Gómez, 1999). Sin embargo, se ha observado que prospera mejor si el suelo es liviano o arenoso, y tiene una capa cultivable de 20 cm. Para suelos alcalinos moderados el pH debe encontrarse en un rango de 7 a 8.5, mientras que para aquellos terrenos ácidos moderados el pH deberá conservarse entre 5 y 7; aún y cuando algunas especies de cebada no son tan sensibles a la salinidad, preferentemente deberán mejorarse los suelos con un drenaje adecuado o mediante el riego. Las temperaturas idóneas de cultivo en este cereal para las variedades de primavera, se estiman dentro de un rango comprendido desde los 28 °C hasta un máximo de 40 °C, a diferencia de aquellas seleccionadas para la época invernal en las que la óptima se encontrará entre los 15 °C y 25 °C. Los requerimientos de agua de la planta de primavera se ubican en los 600 mm. Durante el año, siendo determinante la humedad en las etapas de formación del embuche, floración y primera etapa de

maduración, declinando durante la segunda etapa de maduración, y debiendo ser mínima para la época de cosecha. Para las variedades de invierno se requiere de aproximadamente 800 mm de agua. En lugares con insuficiencia de precipitación pluvial o épocas de temperatura desfavorables, es recomendable el reposo de la tierra para que el agua se acumule en el suelo (ASERCA, 1994)

Genotipo

La variedad o genotipo a utilizar, afecta la calidad del forraje pero en menor magnitud que los factores anteriores (Cherney y Hall, 2005). Por lo cual, para obtener una producción de forraje de buena calidad y valor nutricional se deben considerar factores como rendimiento, calidad, tolerancia a sequía y enfermedades. Debido a que la cebada es un cultivo de ciclo corto en comparación con otros cereales (trigo y avena) permite una mayor seguridad para obtener cosecha, sobre todo en ambientes en donde las heladas se presentan en los meses de septiembre y octubre. (Gómez *et al.*, 1997).

Características nutritivas del heno de cebada

De acuerdo con estudios químicos realizados en henos de cebada, se reportan los siguientes datos:

Paja de cebada en Kenya presentó 6 % de PC, 39.6 % de FC, 9.3 % de Cen, 44.5 % ELN. Mientras que en la paja de cebada en Iraq se muestra un 2.5 % de PC, 44.6 % de FC, 17.6 % de Cen, 33.9 % ELN. (*Tropical Feeds* FAO, 1993).

La composición química proximal de la paja de cebada en México tuvo los siguientes datos:

3.62 % de PC, 1.91 % de EE, 0.11 % Almidón, 17.3 % Lignina, 33.25 % Celulosa, 20.36 % Hemicelulosa y 2.18 % de Cenizas. (Adapa *et al.*, 2009).

En cambio la composición química proximal del grano de cebada variedad Esmeralda cosechada en la zona de El Altiplano de Hidalgo presento los siguientes 8.4 % PC, 2.2 % EE, 81.1 % Carbohidratos, 6.1 % FC, 2.2 % Cenizas (López *et al.*, 2007).

Importancia del cultivo de triticales en México

El triticales (*Triticosecale witt*) es un cereal híbrido obtenido a partir de la hibridación de trigo (*Triticum aestivum*) y centeno (*Secale cereale*); desarrollado después de los años 60. Se crea a finales del siglo XVI, y en 1876 se obtiene por primera vez, pero era estéril, para 1888 se obtiene fértil. Es utilizado por primera vez en Escocia y Suecia. (Santoyo y Quiroz, 2004)

De acuerdo con datos de la FAO, (FAOSTAT, 2010) en el mundo se producen 13.9 millones de toneladas de Triticales, siendo los principales países productores de este cereal: Polonia 32.4 %, Alemania 17.3 %, Francia 13.1 % y Bielorrusia 13 %. México produce el 0.04 %.

El triticale es un cultivo relativamente nuevo en México, del cual se estima que se cultivan alrededor de 8,000 hectáreas, en su mayoría para producción de grano principalmente en los estados de Michoacán, Nuevo León, Puebla, Jalisco, México, Tlaxcala y Sonora. (Autrique y Pfeiffer, 1994). Y más reciente para uso forrajero en la región de Chihuahua, Coahuila y la Región Lagunera. (Béjar *et al.*, 2000).

En la actualidad, debido a la escases de agua existe mayor interés en la producción de forraje durante el invierno, dado que hay menor evaporación, pero con el riesgo de mayor presencia de heladas. El Triticale (*X triticosecale Witt*) a demostrado ser una especie competitiva contra el ballico, avena, trigo, centeno y cebada en la producción de forraje durante la época invernal. Aunado a esto posee característica favorables como tolerancia a bajas temperaturas, sequias, suelos ácidos y alcalinos, plagas y enfermedades. (Zamora *et al.*, 2002)

Descripción del cultivo de triticale

El triticale (*Triticosecale witt*) es un cereal híbrido obtenido a partir de la hibridación de trigo (*Triticum aestivum*) y centeno (*Secale cereale*). Puede utilizarse para tres fines agrícolas: a) producción de grano, b) doble propósito y c) producción de forraje, ya sea para corte o pastoreo. Esta última modalidad en el uso de este cultivo está ganando popularidad en diversas regiones del norte y centro de México. (Lozano-Del Rio *et al.*, 2009). Debido a que presenta alto potencial

productivo en zonas de poca humedad, suelos con baja fertilidad y con alta salinidad (Baier *et al.*, 1998). En comparación con el trigo, contiene más proteína y lisina (aminoácido limitado en cereales) (Villegas *et al.*, 1968). Las desventajas que presenta son esterilidad parcial, largo ciclo biológico, acame, poco amacollamiento, arrugamiento del grano (Moreno y Rodríguez, 1993).

La planta de triticales tiene una apariencia intermedia entre la planta de trigo y la planta de centeno, siendo más parecida a la del trigo. Normalmente el triticales es más alto que el trigo, posee unas hojas más gruesas y grandes, y las espigas son de mayor longitud que las del trigo y del centeno. (Béjar, 2007).

El triticales presenta un gran vigor, sobre todo en las primeras fases del ciclo. La presencia de ceras sobre las hojas y tallos y su modo de cristalización, hacen que las plantas muestren un color verde-azuloso que se maximiza poco antes del espigado. El grano del triticales muestra en algunas variedades un aspecto arrugado y en otras es muy parecido al grano del trigo. (Béjar, 2007).

Descripción de biotipo de triticales usado

A continuación se describen algunas características agronómicas de la variedad de triticales utilizada en el presente experimento.

Variedad Huerfanita

El triticale es una especie difundida prácticamente por varios lugares del mundo, pero en muchos países está todavía en fase de introducción y expansión (Royo, 1992). Con base a que se considera un cultivo nuevo, el triticale tiene características que varían según la línea, tales como tipo de grano, resistencia, acame, adaptación y fechas de siembra, en la actualidad, las mejoras genéticas se dirigen hacia alimentación de ganado. (Santoyo y Quiroz, 2004) En México existen pocas variedades a nivel comercial, y no existen reportes sobre el paquete tecnológico para la producción de semilla de triticale.

Debido a que la variedad utilizada es sumamente nueva no hay muchos datos correspondientes.

Factores involucrados en la producción y valor nutritivo del forraje de triticale

Para obtener una buena calidad y producción de forraje los principales factores que influyen son: madurez, especie de cultivo, fertilización, métodos de cosecha y almacenamiento, medio ambiente, fertilidad y tipo de suelo y genotipo. (Ball *et al.*, 2001; Cherney y Hall, 2005)

Etapa de madurez a la cosecha

Debido a que el triticale se usa para producción de grano y forraje, se destinan dos tipos de cosecha, la de grano y la de forraje. Este forraje llega a su madurez fenológica aproximadamente entre los 98-130 días, dependiendo el lugar, ambiente, condiciones y variedad de forraje.

Para obtener un buen rendimiento forrajero, buena calidad nutritiva, buen rebrote, se recomienda realizar la cosecha mediante pastoreo, empaque o ensilado a más tardar en la etapa de embuche. (Santoyo y Quiroz, 2004). Algunas variedades invernales pueden llegar a producir hasta 20 ton/ha de materia seca en un ciclo de 150-180 días.

Con base a las experiencias bajo condiciones experimentales, en el norte de México de han llegado a alcanzar a pastoreos con una carga animal promedio de 3500 kg/ha, a los 65, 95 125 y 155 días, después de la siembra, o bien 2 cortes para empacado o ensilaje más un pastoreo a los 90, 140 y 164 días. (Béjar *et al*, 2007)

Especie forrajera

El triticale es un cereal de invierno, que hoy presenta rendimientos equivalentes o hasta superiores a los del trigo, centeno y avena. El triticale (*Triticosecale* Wittmack) se siembra principalmente para consumo animal, especialmente como grano para concentrados, compitiendo exitosamente por calidad y precio con el maíz (*Zea mays* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.) (Rojas, 2004). Actualmente, el triticale constituye una alternativa de producción por la resistencia del centeno y el

potencial de rendimiento y las cualidades nutritivas del trigo. El centeno ha aportado al triticale una gran resistencia al frío y a las enfermedades. El triticale es hoy equivalente al trigo en condiciones normales de producción. Entre las características que resaltan es la alta producción de materia seca y la menor pérdida de calidad que presenta con el avance de su fenología, en comparación con el cultivo de avena (*Avena sativa* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L) (Romero *et al.*, 1999). Para pastoreo es imprescindible la capacidad de rebrote de los genotipos, la cual depende principalmente del hábito de crecimiento y la etapa fenológica del corte, de las condiciones climáticas, las prácticas de manejo, la humedad y fertilidad del suelo y de la presión del corte o pastoreo, entre otras. Debido a la importancia de los forrajes de corte en la época invernal en algunas regiones, como en la Laguna y el sur de Chihuahua y de pastoreo directo, como en el norte de Coahuila y Chihuahua, el desarrollo de variedades de este cultivo que cubran las necesidades de alguno de los tipos de explotación, adquiere mayor relevancia.

Para obtener mejor forraje, se deben considerar factores como rendimiento, calidad, tolerancia a sequía, variedades y enfermedades (Chávez y Gómez, 1999).

De esta forma el triticale es uno de los cultivos que por sus características de producción y valor nutritivo, además de su tolerancia a condiciones desfavorables como sequías, suelos pobres y salinidad, adquiere gran importancia como una alternativa para ayudar a solucionar el déficit de alimentos (Lozano-Del Rio, 1990)

Los atributos que presenta el triticale es la resistencia del cultivo de triticale a las bajas temperaturas. En cuanto al uso del agua, representa una excelente alternativa, ya que hace un uso más eficiente de dicho recurso, al compararse sobre todo con avena. La rusticidad ha permitido que este tenga un buen comportamiento aún en suelos salino-sódicos con pH de 8.7, donde avena muestra un crecimiento muy raquítico y el triticale muestra un gran comportamiento de recuperación.

Fertilización

Como el triticale es semejante al trigo, puede fertilizarse con la misma clase y cantidad de fertilizantes que éste, aunque el triticale es menos exigente en fertilizantes (Moreno y Luna, 1981).

Al establecimiento se recomienda realizar un análisis de suelo con el propósito de conocer las necesidades de fertilización para establecer el cultivo; si no se cuenta con ello, se sugiere aplicar la dosis 60-60-00 en base a sulfato de amonio y superfosfato triple de calcio. Cuando se inicie el amacollamiento de las plantas (de 30 a 35 días después de la siembra) es necesario aplicar 60 kg de nitrógeno por hectárea. Durante el mantenimiento de la pradera, se recomienda la aplicación de 60 kg de nitrógeno cada 2 cortes o pastoreos, utilizando como fuente durante el frío al nitrato de amonio y durante el tiempo de calor a la urea.

Al fertilizar se debe de tomar en cuenta algunos puntos como: saber cuáles son los requerimientos de nutrientes del cultivo, Cuales son los efectos de dichos

nutrientes sobre el crecimiento del cultivo y sobre la producción de grano, cual es la dinámica de oferta de dichos nutrientes del suelo, esto se logra realizando un análisis de fertilidad del suelo cada 2-3 años. En el caso del trigo, triticale y cebada el rendimiento está dado por el número de granos por metro cuadrado y el peso de estos. (Santoyo y Quiroz, 2004).

Cosecha y almacenaje.

El momento más conveniente para realizar la cosecha es aquel en que los tallos han perdido por completo su color verde y el grano tiene suficiente consistencia. Para obtener un buen rendimiento, se recomienda realizar la cosecha para pastoreo, empaque o ensilaje. La fecha de cosecha es importante, ya que si se realiza de manera adecuada no hay afectación en grano ni en forraje. (Santoyo y Quiroz, 2004). Los cortes y usos del forraje pueden ser de la siguiente manera: Corte en embuche para heno o ensilado. En esta etapa el aprovechamiento y la calidad nutritiva de cortes o pastoreos es mediana. Es apropiado cosechar en este estado de crecimiento, sobre todo cuando en el mismo terreno se va a sembrar otro cultivo. Al ensilar forrajes cortados en embuche contienen demasiada agua. Corte en estado de crecimiento de grano masoso-suave. Cuando el forraje se cosecha en este estado el rendimiento de forraje es alto y la calidad nutritiva es mediana, por lo que en esta etapa de desarrollo es en la que rinde la máxima cantidad de energía por unidad de superficie. Cuando el forraje es utilizado para pastoreo o con cortes para verdear durante todo su ciclo y cuando en el caso bajo

pastoreo no se cuente con ganado suficiente o cuando se corta el forraje para verdear y está sobrando forraje a fin de aprovechar mejor ese forraje excedente este debe o puede ser cortado para elaborar heno o ensilado.

Método de siembra

Bajo condiciones de temporal, la siembra se realiza cuando las lluvias se establezcan de tal modo que se acumule humedad necesaria para la germinación. La fecha depende del ciclo vegetativo y variedad de la semilla elegida. (Santoyo y Quiroz, 2004).

La siembra se realiza en seco, de modo que la semilla se encuentre en el suelo cuando lleguen las lluvias a una profundidad de 6cm, si queda más honda algunas semillas no alcanzan a germinar. La siembra se puede realizar con una máquina para granos pequeños debidamente calibrada. También se puede hacer la siembra con voleadora o bien sembrar al voleo a mano. (Béjar, 2007). La densidad de siembra más adecuada es de 130 kg/ha cuando se tiene semilla con un porcentaje mínimo de germinación del 85 por ciento. (Béjar, 2007)

Medio ambiente y tipo de suelo

El desarrollo de triticale tiene como ventaja su rusticidad, ya que puede desarrollarse en suelo pobres, ácidos y salinos, es ideal para climas templados y/o terrenos húmedos. Tiene una mayor resistencia a heladas, enfermedades y plagas a comparación de la cebada, avena y trigo. El tipo de suelo ideal debe de ser

arcilloso y tener un pH entre 5.5 y 7. Se recomienda que el terreno tenga una ligera pendiente, para evitar encharcamiento. Prospera en climas sub-tropicales, moderadamente templados y moderadamente fríos, lo más apropiado es una precipitación pluvial anual de 229 a 762 mm, la temperatura media en el verano debe ser de 13°C o más.

Genotipo

La estabilidad de producción de un genotipo a través de diferentes ambientes se debe determinar antes de su liberación y recomendación como variedad comercial para una localidad o región determinada, ya que normalmente las variedades evaluadas en ensayos multirregionales se han comportado en forma diferencial en los diversos ambientes.

Características nutritivas del heno de triticales

Las características nutritivas presentes en el heno de triticales se encuentran con los siguientes valores: MS 90 %, PC 10 %, EE 2.5 %, FC 34 %, FDA 41 % y FDN 89 % (Preston, 2008).

JUSTIFICACIÓN

En el municipio de Chapa de Mota, Estado de México, en las primeras semanas del mes de septiembre hasta las últimas semanas de febrero (otoño-invierno); las temperaturas que se presentan son muy bajas, llegando a presentarse heladas por lo que los cultivos sembrados no son tolerantes a estas condiciones climáticas y escasea el forraje para la alimentación del ganado. Por ello una alternativa es sembrar cereales más tolerantes a las heladas, a la falta de agua y a ciertas enfermedades. Con el fin de conservar forraje en forma de heno y de esta manera asegurar la alimentación del ganado en estas épocas críticas del año.

HIPÓTESIS

Para este trabajo se plantea la siguiente hipótesis:

Se presentarán mejores valores de producción (kg de Ms/ Ha^{-1}) en las especies y variedades comparadas con avena Chihuahua. De igual manera los resultados de PC, CEN, EE, FC, CCEL, FDN, FDA, CEL, HCEL, LIG y DIG. Serán mejores en los forrajes establecidos en comparación con la variedad Chihuahua.

OBJETIVO

El objetivo de esta investigación será evaluar el, rendimiento ($\text{kg MS}/\text{Ha}^{-1}$) y valor nutricional PC, CEN, EE, FC, CCEL, FDN, FDA, CEL, HCEL, LIG y DIG. de cereales forrajeros de temporal en el CEIEPASP FMVZ-UNAM, Chapa de Mota, Estado de México.

2. MATERIAL Y METODOS

Localización

El presente estudio se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Agrosilvopastoril (CEIEPASP) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ubicado en el Municipio de Chapa de Mota, Estado de México. Este municipio se localiza al noroeste del Estado de México, colinda al norte con los municipios de Jilotepec y Villa del Carbón, al sur con el municipio de Morelos, al este con Villa del Carbón y al oeste con Timilpan y Morelos. Las coordenadas geográficas entre los paralelos 19° 43' y 19° 55' de latitud norte; los meridianos 99° 25' y 99° 41' de longitud oeste y una altitud de 2, 750 msnm.

Clima

El clima del lugar es templado subhúmedo con lluvias en verano y semifrío subhúmedo con lluvias en verano. Presenta una temperatura anual que oscila entre los 8 y 16° C. Tiene un rango de precipitación pluvial de 700 a 1200 mm, distribuida principalmente en los meses de junio a octubre.

Suelo

El tipo de suelo tiene una textura franco arcilloso, color munsell, pH de 5.04, densidad aparente de 1.05 g/cm³, baja salinidad 0.48 ds/m, sodio 35.5 ppm (muy bajo), fosforo 24.5 ppm (muy bajo) y potasio 96.2 ppm (moderado).

Duración del trabajo

El experimento inició el 23 de enero con la preparación del terreno y finalizó el 24 de mayo de 2012. Fecha en que se realizó el último corte. Posteriormente todos los análisis químicos se llevaron a cabo en el Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ-UNAM, México. D.F.

ESTABLECIMIENTO

Preparación del terreno

Para tener una cama de siembra en condiciones óptimas, y para asegurar una buena germinación de las semillas, se realizó una buena preparación del terreno. Está consistió en un paso de barbecho, en el mes de enero. Se dieron dos pasos de rastra cruzada en el mismo mes que el barbecho.

Siembra

Se realizó manualmente al voleo a finales del mes de enero, la densidad recomendada para cada especie: 120, 110 y 130 kg de SPV/ha para avenas, triticale y cebada respectivamente.

Cálculo de la densidad de siembra

Previo a la siembra se sometió a la semilla de cada especie a una prueba de germinación usando 4 repeticiones, cada repetición consistió en una charola con suelo como sustrato y 100 semillas de cada especie. Las pruebas de germinación tuvieron una duración de 20-25 días. Cada tres días durante ese tiempo se contó el número de semillas que germinaron, considerando como semilla germinada a aquellas que presenten radícula e hipocótilo. Durante todo este tiempo se procuró un gradiente de humedad constante y suficiente para favorecer la germinación de la semilla.

Además, se realizaron pruebas de pureza y se estimó el peso promedio individual de la semilla "PIS", usando 2 g de semilla y contando el número de semillas. Con los valores de germinación (%) y pureza (%) se calculó la proporción de Semilla Pura Viable "SPV" por kg de semilla comercial para cada especie y se ajustó la densidad de siembra con base en semilla comercial, a partir de estos datos se estimó la cantidad de semilla pura y viable depositada por metro cuadrado utilizada al momento de la siembra.

Riegos

Los riegos se realizaron rodados y por aspersión. Se aplicó un riego por aspersión 14 días posteriores a la siembra; después se dio un riego rodado más a los 15 días, a partir de lo cual y hasta finalizar el trabajo se dependió de la lluvia.

Se fertilizó el terreno de experimentación con sulfato de amonio a una dosis de 140 kg de N/ Ha, divididos en 3 aplicaciones que se realizaron en las siguientes fechas: 1 de Marzo, 4 de Mayo y 21 de Mayo respectivamente.

Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos estuvieron representados por cada especie de cereal, los cuales fueron: *Avena sativa* (var. Chihuahua), *Avena sativa* (var. Turquesa), *Avena sativa* (var. Karma), *Hordeum vulgare* (Cebada var. Esmeralda) y *Triticum aestivum* x *Secale cereale* (Triticale var. Huerfanita). Previo a la siembra los tratamientos fueron aleatorizados.

El diseño experimental correspondió a un completamente al azar con cuatro repeticiones por especie. La unidad experimental fue una parcela de 20 m² (5 X 4 m).

Edad de corte

La cosecha de forraje fue a los 47 días, 78 días y 92 días, realizando el corte a ras del suelo; colocando 3 cuadrantes de 0.25 m² sistemáticamente en cada uno de los transectos, el forraje cosechado en cada cuadrante se colocó en una bolsa de nylon para evitar pérdida de humedad, inmediatamente se pesó toda la muestra en una balanza electrónica (EXCELL Mod. AM – 6)

Modelo experimental

| | | | | | | | | | | |
|---|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|
| 4 | T | 92 días | K | 92 días | Ch | 92 días | C | 92 días | Tu | 92 días |
| | | 78 días | | 78 días | | 78 días | | 78 días | | 78 días |
| | | 47 días | | 47 días | | 47 días | | 47 días | | 47 días |
| 3 | Ch | 92 días | Tu | 92 días | T | 92 días | K | 92 días | C | 92 días |
| | | 78 días | | 78 días | | 78 días | | 78 días | | 78 días |
| | | 47 días | | 47 días | | 47 días | | 47 días | | 47 días |
| 2 | C | 92 días | T | 92 días | Tu | 92 días | Ch | 92 días | K | 92 días |
| | | 78 días | | 78 días | | 78 días | | 78 días | | 78 días |
| | | 47 días | | 47 días | | 47 días | | 47 días | | 47 días |
| 1 | Ch | 92 días | K | 92 días | T | 92 días | Tu | 92 días | C | 92 días |
| | | 78 días | | 78 días | | 78 días | | 78 días | | 78 días |
| | | 47 días | | 47 días | | 47 días | | 47 días | | 47 días |

Figura 1. Edades y formas de corte por periodo de Forrajes (Ch = Chihuahua, Tu = turquesa, K = karma, C = cebada; T = triticale)

Composición botánica

Utilizando el material cosechado se determinó la composición botánica del cultivo forrajero mezclando todas las muestras tomadas en cada parcela de acuerdo a su periodo y se tomó una muestra de 300 g del material mezclado, y se separó la maleza y la especie de cereal correspondiente, ya separados se registró el peso de cada uno de los componentes.

VARIABLES DE RESPUESTA

Determinación de Materia seca

Las muestras se colocarán en una bolsa de papel identificada por parcela y se procedió a su secado en una estufa de aire forzado (aparatos de Laboratorio BG Mod. H-40 a 60 °C durante 48 h, al final se registró el peso seco. Con este procedimiento se obtuvo el porcentaje de materia seca $((\text{peso seco}/\text{peso fresco}) * 100)$. El rendimiento de MS se estimó con la producción de forraje verde ajustado a MS y extrapolado a 10, 000 m².

Cada componente una vez seco se peso y con base a esto se determinó su proporción correspondiente en el cultivo. A partir de estos datos se determinó el rendimiento para cada especie de gramínea y por corte.

Composición química

Las muestras secas de cada cereal se molieron con criba de 1 mm en un molino Wiley (Arthur H. Tomas, Philadelphia, PA).

El contenido de materia orgánica (MO) se determinó sometiendo una fracción de las muestras molidas a una incineración durante 4 h a 600 °C en una mufla (AOAC, 1995).

Se utilizó el método Kjeldahl para determinar contenido de nitrógeno (Tejada, 1983) el cual se multiplicó por el factor 6.25 para obtener el valor de proteína cruda (PC), esto se realizó para cada muestra y por duplicado para obtener un promedio.

La concentración de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinaron de acuerdo a la metodología planteada por Van Soest *et al.*, 1991. La FDN se determinó usando sulfito de sodio (Na_2SO_3) y α -amilasa para remover el nitrógeno y el almidón de la muestra, respectivamente. También se determinó la lignina detergente ácida (LDA) (Goering y Van Soest, 1970).

La concentración de FDN, FDA y LDA se determinaron secuencialmente en el analizador de fibras ANKOM²⁰⁰ (Ankom Technology, Fairport, NY), usando bolsas filtro Ankom[®] F57 con un tamaño de poro de 30 micrones. La hemicelulosa (HC) y

celulosa (CL) se calcularon mediante la diferencia entre FDN y FDA, y entre FDA y LDA, respectivamente.

Se determinó la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIG) por medio de la técnica de Tilley y Terry con una posterior determinación de los constituyentes no digeridos de las paredes celulares para obtener la digestibilidad verdadera de la materia seca.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos para producción total de materia seca y valor nutritivo, fueron analizados por PROC MIXED (SAS, 2003) ajustando un modelo para un diseño completamente al azar. Siendo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Y_{ij} = Valor de la variable de respuesta producción KgMS/Ha⁻¹, contenido de PC, FDA, FDN, LDA, HC y CL correspondiente a cada especie.

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento (i= 1, 2, 3, 4, 5)

E_{ij} = Error experimental. $E_{ij} \sim NI(0, \sigma^2\xi)$

Se realizó una prueba de comparación de medias por el procedimiento de Tukey ($p \leq 0.05$; Steel *et al.*, 1997).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de forraje húmedo (Kg/ha).

En el Cuadro 1 se muestran los rendimientos de forraje húmedo por hectárea en las distintas especies y variedades de forraje a las tres edades de corte.

Los rendimientos de forraje verde para el primer corte (47 días) la variedad karma presentó la mayor producción y el triticale la menor (2400 y 1800 kg/ha⁻¹) respectivamente, son valores bajos en ambos casos.

Cuadro 1. PRODUCCIÓN DE FORRAJE HÚMEDO (KG/HA⁻¹) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.

| Edad días | parámetro | Chihuahua Kg/ha | Turquesa Kg/ha | Karma Kg/ha | Cebada Kg/ha | Triticale Kg/ha |
|--------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|--------------------|
| 47 | Promedio | 2,383.3 | 1,846.7 | 2,400.0 | 2,183.3 | 1,700.0 |
| | Desv. Est. | 1,322.9 | 879.8 | 1,039.6 | 932.9 | 540.6 |
| 78 | Promedio | 4,703.3 | 5,886.7 | 4,680.0 | 4,906.7 | 6,083.3 |
| | Desv. Est. | 1,727.3 | 2,825.7 | 1,293.0 | 1,835.8 | 1,762.0 |
| 92 | Promedio | 8,400.0 | 8,886.7 | 8,843.3 | 8,736.7 | 9,756.7 |
| | Desv. Est. | 3,375.5 | 2,252.4 | 2,328.0 | 3,717.9 | 2,839.9 |

Para el segundo corte (78 días) el triticale registró la mayor producción de forraje verde y la variedad karma la menor (6083.3 y 4680 kg/ha⁻¹), esto refleja el potencial de crecimiento que presentó el triticale.

A los 92 días en el triticale se volvió a observar que el triticale presentó la mayor producción de forraje verde (9756.7 kg/ha⁻¹) y la menor fue registrada para la avena var. Chihuahua (8400 kg/ha⁻¹), la cantidad de forraje verde es un indicativo para conocer la producción de forraje, pero debido a la variación que puede presentar sobre todo en las diferentes estaciones del año aunado a otros factores, no es un valor que se utilice con frecuencia.

Para este trabajo de investigación no existieron diferencias estadísticas, sin embargo si numéricas, posiblemente aumentando la dosis de fertilización, y si existe la manera de proporcionar micronutrientes al suelo la cantidad de forraje puede incrementarse.

Contenido de Materia Seca (%).

En el Cuadro 2 se indica el contenido de materia seca de las distintas especies y variedades de forraje a las tres edades de corte.

Cuadro 2. PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.

| Edad días | Parámetro | Chihuahua % MS | Turquesa % MS | Karma % MS | Cebada % MS | Triticale % MS |
|--------------|------------|-------------------|------------------|---------------|----------------|-------------------|
| 47 | Promedio | 19.50 | 19.50 | 19.75 | 25.00 | 20.00 |
| | Desv. Est. | 3.42 | 1.73 | 4.03 | 6.78 | 1.41 |
| 78 | Promedio | 28.68 | 27.88 | 24.28 | 30.66 | 21.56 |
| | Desv. Est. | 2.73 | 7.05 | 2.10 | 2.02 | 5.26 |
| 92 | Promedio | 23.95 | 25.22 | 25.11 | 29.34 | 24.70 |
| | Desv. Est | 4.05 | 4.07 | 3.04 | 1.21 | 3.17 |

La cantidad de materia presente en un forraje depende en gran medida del estado de madurez de la planta y a medida que ésta aumenta, la materia seca aumenta en forma proporcional, pero esto está en función de la especie de forraje que se esté utilizando.

En este estudio la cebada presentó el mayor porcentaje de materia seca en los tres periodos de corte (25.0, 30.66 y 29.34 % respectivamente) sin existir diferencias estadísticas. Mientras que los menores valores fueron para Turquesa (19.5 %), triticale (21.56 %) y Chihuahua (23.95 %), para el primero, segundo y tercer periodo de corte respectivamente. De todos los forrajes estudiados el que alcanzó más rápidamente la madurez fue la cebada, debido a su ciclo de vida de mayor precocidad.

Producción de Materia Seca (Kg de MS/ha)

En el Cuadro 3 se muestran los resultados de producción de materia seca por especie y por periodo de corte. Para el periodo 1 (corte a 47 días post-siembra) no se encontraron diferencias estadísticas ($p>0.05$), La cebada registró una producción de 540.25 Kg MS/ha⁻¹, el triticale rindió 341.25 Kg de MS/ha⁻¹, esto se puede atribuir a que la cebada es una especie más precoz comparada con las avenas y el triticale.

Cuadro 3. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA (KG MS/HA⁻¹) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.

| Periodo | Chihuahua | Turquesa | Karma | Cebada | Triticale | EEM | P>F |
|---------|-----------|----------|--------------------|---------|-----------|--------|--------|
| 1 | 469.75a | 361.5a | 463 ^a a | 540.25a | 341.25a | 75.8 | 0.3569 |
| 2 | 1335.5a | 1533.8a | 1058a | 1403.5a | 1332.75a | 187.36 | 0.5077 |
| 3 | 1954.8a | 2204a | 2160.5a | 2576.5a | 2432.3a | 272.56 | 0.5473 |

a,b,c medias con diferente literal en hilera son diferentes (p<0.05)

EEM= Error estándar de la media

En el período 2 (corte 78 días) tampoco se observaron diferencias estadísticas ($p>0.05$), la avena variedad Turquesa tuvo una producción de materia seca de 1533.8 Kg MS/ha⁻¹, la avena variedad Karma registró 1058 Kg MS/ha⁻¹.

Para el período 3 (corte 92 días) no hubo diferencias estadísticas ($p>0.05$) entre variedades y especies, el cultivo de cebada produjo 2576.5 Kg MS/ha⁻¹, la avena variedad Chihuahua registró 1954.8 Kg MS/ha⁻¹.

Los resultados obtenidos en este estudio son inferiores a los reportados por otros investigadores. Colín *et al.*, 2009 realizaron un estudio en donde evaluaron 26 líneas avanzadas de cebada, avena var. Cuauhtémoc, cebada var. Cerro Prieto, triticale var. Eronga-83 y una línea experimental de trigo forrajero imberbe (AN-266-99), encontraron rendimientos de MS superiores a las 12 ton/ha para las

cebadas, 12.26 ton/ha en avena, 13.49 ton/ha en cebada cerro prieto, 11.69 ton/ha en trigo forrajero y 11.97 ton/ha en triticale respectivamente. Mientras que Villaseñor *et al.*, 2009, en un estudio con diferentes variedades de avenas Turquesa, Karma, Cevamex, Obsidiana y Chihuahua reportaron los siguientes rendimientos (ton/ha) de materia seca; 11.002, 8.744, 9.743, 9.985 y 7.771 respectivamente. La poca producción registrada en el presente estudio puede atribuirse a que este trabajo de investigación se desarrolló en condiciones de temporal.

Cabe mencionar que si bien la cebada presentó una buena producción de materia seca una alternativa para emplearla sería henificada, pues por el tipo de inflorescencia que presenta, no es muy apta para el pastoreo.

Contenido de Proteína Cruda

Para el periodo 1 no se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) en cuanto al contenido de proteína cruda entre variedades y especies, la variedad de avena

Turquesa presentó un contenido de 19.75 %, en cambio la variedad karma registró 15.75 % de PC. (Cuadro 4).

En el período 2, no hubo diferencias estadísticas entre variedades y especies ($p > 0.05$), la variedad Chihuahua registró 12.7 %, el contenido de PC en la variedad Turquesa fue 10.80 %.

Cuadro 4. CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA (PC, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.

| Período | Chihuahua | Turquesa | Karma | Cebada | Triticale | EEM | P>F |
|---------|-----------|----------|--------|--------|-----------|-------|-------|
| 1 | 17.5 aA | 19.7aA | 15.7aA | 17.7aA | 17.7Aa | 1.183 | 0.270 |
| 2 | 12.7 aAB | 10.8aB | 12aB | 10.7aB | 11aB | 0.674 | 0.200 |
| 3 | 10.5 aB | 9.6aB | 10.5aB | 10.2aB | 9.7aB | 0.700 | 0.862 |
| EEM | 1.23 | 0.59 | 0.61 | 1.13 | 0.61 | | |

a,b,c medias con diferente literal en hilera son diferentes ($p<0.05$)

A,B,C medias con diferente literal en columna son diferentes ($p<0.05$)

EEM= Error estándar de la media

Para el período 3 no se observaron diferencias estadísticas entre variedades y especies ($p>0.05$), las variables Chihuahua y Karma registraron 10.5 % de PC respectivamente, la variedad Turquesa registró 9.6 % de PC.

Cuando se analizó la variación en PC entre periodos, en la variedad Chihuahua se encontraron diferencias estadísticas ($p<0.05$) entre el período 1 (47 días) y el período 3 (92 días). Existió un mayor contenido de PC en el periodo 1 con 17.5 % y menor contenido de PC en el período 3 con 10.5 %. Salmerón *et al.*, 2003 reportaron para esta variedad un contenido de PC de 11.7 %, cuando realizaron un trabajo de investigación en el campo experimental Sierra de Chihuahua INIFAP, cuyo resultado fue ligeramente mayor al obtenido en el tercer periodo del presente estudio.

En la variedad Turquesa se observaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre el período 1 y el período 2 y 3, sin encontrar diferencia entre estos dos últimos, hubo mayor contenido de PC en el período 1 con 19.7 %, y menor contenido de PC en el período 3 con 9.6 %. Colín *et al.*, 2009 realizaron un estudio de producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada en la región lagunera de México, reportando un contenido de proteína en avenas de 8.8 %, valor ligeramente inferior a los obtenidos en este estudio.

En la variedad Karma, se observó diferencia estadística ($p < 0.05$) en el período 1 con respecto al período 2 y 3, sin diferencias entre estos últimos, El mayor contenido de PC en el período 1 fue de 5.7 % y menor contenido de PC en el período 3 con 10.5 %. Colín *et al.*, 2009, en producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada en la región lagunera de México, reportaron en su estudio un porcentaje de proteína para avena de 8.8 %. Resultado moderadamente bajo en comparación con los obtenidos en este trabajo. Salmerón *et al.*, 2003 reportaron para esta variedad un contenido de proteína cruda de 11.5 %, que es mayor al registrados en este trabajo. Mientras que Zamora *et al.*, 2002, indicaron en un estudio con variedades de triticales comparados con avenas, porcentajes de PC en los tres periodos de corte, 22.91, 16.16 y 18.39 % respectivamente, siendo estos resultados superiores en comparación a este trabajo.

En Cebada, se observó diferencia estadística ($p < 0.05$) en el período 1 con respecto al período 2 y 3, sin haber diferencias estadísticas entre estos dos últimos, se registró mayor contenido de PC en el período 1 con 17.7 %, y menor contenido de PC en el período 3 con 9.7 %. En un estudio realizado por Colín *et al.*, 2009 en producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada en la región lagunera de México, reportaron un contenido de proteína en cebada de 7.7 a 12.2 %, que en promedio representa 9.95 % de proteína cruda, este resultado es similar al reportado por aquellos autores, por otro lado, Contreras *et al.*, 2008, en un trabajo realizado con cebadas en diferentes tipos de labranza, reportaron niveles de proteína de 6.27 a 9.15 %, teniendo un promedio de 7.72 %, siendo este contenido de PC bajos en comparación con el obtenido en este trabajo. López *et al.*, 2007, realizaron un estudio de caracterización fisicoquímica de diferentes variedades de cebada cultivadas en la región centro de México, obtuvieron valores en la variedad Esmeralda de 8.4-12.2 %. Mientras que Castillo *et al.*, 2012, en un estudio de caracterización física y química de paja, grano y almidón de cebada variedad Esmeralda registraron un porcentaje de PC de 13.16 %. Estos resultados son similares a los obtenidos en este trabajo.

Para el triticale, se observó una diferencia estadística ($p < 0.05$) en el período 1 con respecto al período 2 y 3, teniendo un mayor contenido de proteína en el período 1 con 19.7 %, y menor contenido de proteína en el período 3 con 9.6 %. Al respecto, Pereira *et al.*, 2004 realizaron un estudio en donde evaluaron distintas variedades de triticale y obtuvieron un registro de PC dentro del forraje proveniente de la

siembra de invierno en un intervalo de 7.2 a 9.3 %. Esos resultados fueron inferiores a los encontrados en el presente trabajo. Zamora *et al*, 2002, reportaron porcentajes de proteína de tres periodos, en el periodo 1; 22.16 %, en el periodo 2; 18.98 % y para el periodo 3; 17.28 %, siendo estos valores muy elevados, sobre todo en el tercer periodo, en comparación con los obtenidos en esta investigación. Granger *et al.*, 2000, reportaron porcentajes de proteína en 3 variedades de triticale, Antuco- INIA, Clabuco- INIA y Tolhuaca- INIA; 9.9 %, 11.4 % y 10.9 %, respectivamente. Por su parte Colin *et al.*, 2009 indicaron un porcentaje de 9.9 % de PC en triticale. Siendo estos resultados similares a los obtenidos en este trabajo.

La diferencia entre periodos se atribuye al grado de madurez de la planta, es decir, que en el último periodo de corte la planta ya estaba más madura, por lo que el contenido de proteína va disminuyendo con el aumento de la edad de los forrajes, incluso desde el segundo periodo de corte se encontraron las diferencias estadísticas.

Fibra cruda

En el periodo 1(47 días) no se encontraron diferencias estadísticas ($p>0.05$) en contenido de FC entre variedades y especies. La cebada registro 16.5 % de FC, en tanto que la cantidad en triticale fue 14.25 % de FC. (Cuadro 5).

Cuadro 5. CONTENIDO DE FIBRA CRUDA (FC, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.

| Período | Chihuahua | Turquesa | Karma | Cebada | Triticale | EEM | P>F |
|---------|-----------|----------|---------|---------|-----------|-------|-------|
| 1 | 15aB | 15.5aC | 14.5aC | 16.5aB | 14.25aC | .6800 | .1958 |
| 2 | 20.5aA | 21.5aB | 19aB | 20.25aA | 19aB | .6422 | .0669 |
| 3 | 21cA | 24.75aA | 23.5abA | 22bcA | 23.5abA | .3818 | .0001 |
| EEM | .600 | .721 | .408 | .689 | .399 | | |

a,b,c medias con diferente literal en hilera son diferentes ($p<0.05$)

A,B,C medias con diferente literal en columna son diferentes ($p<0.05$)

EEM= Error estándar de la media

En el período 2 (78 días), no hubo diferencias estadísticas ($p>0.05$) entre variedades y especies, la variedad Turquesa presentó 21.5 % de FC, y el contenido de FC en triticale fue de 19 %.

Para el período 3 (92 días) se observaron diferencias estadísticas ($p<0.05$) entre variedades y especies, la variedad Chihuahua y la Cebada presentaron menor contenido de FC con respecto a Turquesa y Karma. El contenido de FC en triticale fue similar al de Turquesa y Karma, en tanto que cebada tuvo un contenido similar a triticale y karma. Existió un mayor contenido en Turquesa con 24.75 %, el menor contenido de FC se observó en Chihuahua con 21 %.

Cuando se analizó la variación en contenido de FC entre periodos, en la variedad Chihuahua se encontraron diferencias estadísticas ($p<0.05$) entre el período 1 (15

%) con respecto al período 2 y 3 (20.5 y 21 %), respectivamente, sin haber una diferencia estadística entre estos dos últimos periodos en la variedad Chihuahua.

En cambio, en la variedad Turquesa, se observó una diferencia estadística ($p < 0.05$) entre los 3 períodos, teniendo mayor contenido de FC en el período 3 con 24.75 %, y menor en el período 1 con 15.5 %

En Karma se observó una diferencia estadística ($p < 0.05$) con los 3 períodos. El mayor contenido de FC se registró en el periodo 3 con 23.5 % y menor contenido de fibra cruda en el período 1 con 14.5 %.

En Cebada, se observó una diferencia estadística ($p < 0.05$) en el período 1 con respecto al período 2 y 3, sin haber diferencia entre estos últimos. Hubo mayor contenido de FC en el período 3 con 22 %, y menor contenido en el período 1 con 16.5 %. López *et al.*, 2007, indicaron en un experimento en el cual llevaron a cabo una caracterización fisicoquímica de diferentes variedades de cebada, cultivadas en la región centro de México, porcentajes de FC entre 4.9 y 8.2 %. Mientras que Castillo *et al.*, 2012, señalaron 13.8 % de fibra cruda, siendo estos valores inferiores a los obtenidos en esta investigación.

En triticale se observó una diferencia estadística ($p < 0.05$) entre los 3 períodos. Se registró el mayor el contenido de fibra cruda en el periodo 3 (23.5 %), y el menor contenido correspondió al período 1 con 14.25 %. Al respecto Granger *et al.*, 2000, reportaron valores de fibra cruda de 3 variedades de triticale, Antuco-

INIA, Clabuco- INIA y Tolhuaca- INIA en 26.12 %, 27.6 % y 23.2 % respectivamente, estos valores son relativamente altos en comparación con los obtenidos en este trabajo.

La diferencia entre periodos se puede atribuir a que conforme madura la planta, el contenido de fibra aumenta, es decir, hay mayor cantidad de carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina), por lo que el contenido fibra cruda va aumentando con el paso de la edad de los forrajes. Cabe mencionar que la fibra se considera un reflejo del contenido de celulosa, que es el componente principal de las hojas en los cereales. Por tales motivos lo que se busca es tener forrajes con menos contenido de fibra cruda, para tener un mayor porcentaje de digestibilidad y el animal pueda aprovechar mejor el forraje.

Extracto etéreo

Para el periodo 1 (47 días) no hubo diferencia estadística ($p > 0.05$) en la cantidad de extracto etéreo entre variedades y especies. La variedad Chihuahua tuvo un contenido de extracto etéreo 6.5 %, siendo cebada la que menos cantidad registro 5.5 % (Cuadro 6).

La variedad de avena Chihuahua y Turquesa, así como triticale presentaron similar contenido de EE en el período 1 y 2, el cual fue mayor ($p < 0.05$) al que registraron en el periodo 3. La variedad de avena Karma mostró mayor ($p < 0.05$) contenido de EE (7.5 %) en el periodo 2, la cual fue superior al contenido de EE en

el periodo 1 y 3 (5.75 y 5.25 %) respectivamente. La cebada registró un contenido de EE similar ($p>0.05$) entre periodos.

Cuadro 6. CONTENIDO DE EXTRACTO ETÉREO (EE, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.

| Período | Chihuahua | Turquesa | Karma | Cebada | Triticale | EEM | P>F |
|---------|-----------|----------|--------|--------|-----------|-------|-------|
| 1 | 6.5aAB | 6aAB | 5.75aB | 5.5aA | 6.25aAB | .3027 | .2013 |
| 2 | 8aA | 7aA | 7.5aA | 6.5aA | 7.75aA | .6677 | .5362 |
| 3 | 5.5aB | 4aB | 5.25aB | 5aA | 5.25aB | .4915 | .2745 |
| EEM | .471 | .680 | .420 | .527 | .533 | | |

a,b,c medias con diferente literal en hilera son diferentes ($p<0.05$)

A,B,C medias con diferente literal en columna son diferentes ($p<0.05$)

EEM= Error estándar de la media

Salmerón *et al.*, 2003, en un estudio realizado con distintas variedades de avenas reportaron, resultados de extracto etéreo en la variedad Chihuahua 4.9 % y Karma 3.5 %, ligeramente debajo de los obtenidos en el presente estudio.

En la cebada, la cantidad de EE en el periodo 2 (6.5 %) y periodo 3 (5 %), fueron superiores a la que obtuvieron Contreras *et al.*, 2008, quienes reportaron valores de extracto etéreo de 0.6 a 1.1 % en la composición química de cebadas cultivadas en el Estado de Hidalgo. Por su parte López *et al.*, 2007 reportaron en un estudio con diferentes variedades de cebada cultivadas en la región centro de México, valores de extracto etéreo de 1.1 a 3.1 %.

En triticale, los contenidos de EE registrados en los 3 periodos fueron superiores a los registrados por Granger *et al.*, 2000, que mencionan en un estudio realizado en tres variedades de triticales los siguientes porcentajes de extracto etéreo: Atunco-INIA 3.1 %, Calbuco- INIA 1.5 % y Toluahuaca- INIA 1 % de EE.

Estos niveles de extracto etéreo pueden deberse a que en la muestra al someterla a la extracción con éter aparte de los aceites y grasas presentes también se extraen ceras, fosfatidos, cerebrósidos, lipoproteínas, pigmentos, ácidos orgánicos liposolubles, esteroides y vitaminas liposolubles. En el caso de forrajes verdes ricos en clorofila y pigmentos, el método descrito sobreestima el contenido de grasa. Siendo también que a menor edad del forraje, los contenidos de pigmentos y ceras son más elevados en comparación a un forraje de edad avanzada. Los forrajes con mayor extracto etéreo al ser consumidos por el animal serán transformados en energía, por lo que se busca tener un forraje con mayor contenido de extracto etéreo. Sin olvidar que estos datos pueden estar sobre estimados por todos los componentes que arrastra el método de obtención.

Cenizas

No se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre variedades y especies. La variedad de avena Turquesa tuvo un contenido de 16.75 %, y la variedad Chihuahua 12.75 % (Cuadro 7).

Cuadro 7. CONTENIDO DE CENIZAS (CEN, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.

| Período | Chihuahua | Turquesa | Karma | Cebada | Triticale | EEM | P>F |
|---------|-----------|----------|---------|---------|-----------|--------|-------|
| 1 | 12.75aA | 16.75aA | 13.5aA | 14.5aA | 14.25aA | 1.3799 | .3546 |
| 2 | 11.0aA | 10.0aA | 10.75aA | 10.75aB | 11aAB | .6770 | .8276 |
| 3 | 9.75aA | 9.0aB | 10.0aA | 10.75aB | 10.5aB | .4183 | .0724 |
| EEM | .807 | 1.01 | .939 | .889 | .939 | | |

a,b,c medias con diferente literal en hilera son diferentes ($p<0.05$)

A,B,C medias con diferente literal en columna son diferentes ($p<0.05$)

La variedad Turquesa registro similar contenido de CEN a los 48 y 76 días, este contenido comprendido entre 16.75 y 10 % de CEN, fue mayor ($p<0.05$) al 9 % registrado en el periodo 3, correspondiente a los 92 días.

La cebada presentó mayor ($p<0.05$) contenido de CEN a los 47 días (14.5 %), posteriormente a los 78 y 92 días el contenido de CEN disminuyó (10,75 %).

En triticale el mayor ($p<0.05$) contenido de CEN correspondió a los 47 días (14.25 % primer periodo), este contenido fue similar al del segundo periodo ($p>0.05$), en el tercer periodo correspondiente a los 92 días en contenido de CEN fue menor ($p<0.05$) con respecto al primer periodo y similar al segundo (10.5 %).

La variedad de avena Chihuahua y Karma ($p>0.05$) presentaron similar cantidad de cenizas en los tres periodos, siendo el contenido entre 13.5 y 9.75 % para el

periodo 1 y 3 respectivamente. Salmerón *et al.*, 2003, reportaron porcentajes de cenizas en distintas variedades de avenas como Juchitepec 9.1 %, Diamante 8.7 %, Tulancingo 8.7 % Bachiniva 8.6 %, Dorada 8.4 %, Karma 6.8 % y Chihuahua 6.4 %, resultados inferiores a los obtenidos en este estudio.

Los minerales son el residuo de la calcinación de la muestra o sea la eliminación de la materia orgánica y el agua. Nutricionalmente esta fracción es demasiado cruda y carece de importancia, ya que no indica que minerales la componen y en qué proporción se encuentran. Sin embargo, es el punto de partida en la determinación de minerales específicos, además es necesario para el cálculo de la materia orgánica de un alimento. Por lo que a mayor concentración de cenizas nos indica que ese forraje tiene gran cantidad de minerales, como se dijo no se sabe la cantidad o cual en específico. Contreras *et al.*, 2008, reportan en cebadas cultivadas en Hidalgo, México bajo distintos sistemas de labranza resultados de CEN que van de 2.38 a 5.34 %, estos valores son muy bajos con respecto a los obtenidos en el presente trabajo. Granger *et al.*, 2000, hacen referencia al valor de cenizas en tres variedades de triticale Antuco-INIA 13 % Calbuco-INIA 4.6% y Tolhuaca-INIA 13.6 %, haciendo estos resultados similares a los obtenidos en este estudio.

Contenido celular

En el contenido celular se encuentran todas las partes solubles y fácilmente digestibles (proteína cruda, lípidos, almidón, azúcares). El contenido celular es inversamente proporcional a la celulosa, hemicelulosa y lignina, esto es, a mayor cantidad de contenido celular, menor es el contenido de fibra (celulosa, hemicelulosa y lignina), por lo que se desea obtener valores altos de contenido celular en un forraje.

Para el periodo 1 no se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre variedades y especies, la avena variedad chihuahua tuvo un mayor contenido celular 52.75 %, siendo menor en cebada 43 % respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro 8. CONTENIDO CELULAR (CCEL, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.

| Período | Chihuahua | Turquesa | Karma | Cebada | Triticale | EEM | P>F |
|---------|-----------|----------|---------|---------|-----------|--------|-------|
| 1 | 52.75aA | 50.75aA | 50.25aA | 46.00aA | 43.00aA | 2.8408 | .1557 |
| 2 | 51.00aA | 49.50aAB | 50.50aA | 45.25aA | 49.75aA | 1.4577 | .0902 |
| 3 | 53.00aA | 43.75bB | 44.75bA | 44.50bA | 48.25abA | 1.6291 | .0059 |
| EEM | 2.289 | 1.567 | 1.513 | 2.171 | 2.59 | | |

a,b,c medias con diferente literal en hilera son diferentes ($p < 0.05$)

A,B,C medias con diferente literal en columna son diferentes ($p < 0.05$)

Para el período 2 no hubo diferencias estadísticas ($p < 0.05$), existió mayor cantidad de contenido celular en Chihuahua con 51 %, en contraparte, la menor cantidad de contenido celular se observó en Cebada con 45.25 %.

Para el período 3 hubo diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en Chihuahua con respecto a las avenas variedad turquesa y karma y a la cebada, se calculó mayor cantidad de contenido celular en Chihuahua con 53 % respectivamente, el menor contenido celular se observó en Turquesa con 43.75 %.

Para Chihuahua no existió diferencia estadística ($p < 0.05$). Se observó una tendencia de mayor contenido celular en el periodo 3 con 53 %, el menor contenido celular se observó en el período 2 con 51 %.

Para Turquesa se observó diferencia estadística ($p < 0.05$) entre el periodo 1 y 3 con respecto al periodo 2. Se presentó una tendencia de mayor en contenido celular en el período 1 con 58.75 % y el menor contenido celular se observó en el período 3 con 43.75 %.

En Karma no se observó una diferencia estadística ($p < 0.05$), hubo un mayor contenido celular en el periodo 2 con 50.5 % y menor contenido celular en el período 3 con 44.75 %.

Para Cebada no se observó diferencia estadística ($p < 0.05$), existió una tendencia mayor en contenido celular en el período 1 con 46 % y el menor contenido celular en el período 3 con 44.5 %.

Para Triticale no se observó una diferencia estadística ($p > 0.05$). Sin embargo, el mayor contenido celular se encontró en el periodo 2 con 49.75 %, el menor contenido celular en el período 1 con 43 %.

Fibra detergente neutro

No registraron diferencias estadísticas ($p>0.05$) entre variedades y especies en el primer periodo (47 días) y segundo periodo (78 días), sin embargo, en el tercer periodo (92 días), (Cuadro 7). La variedad Chihuahua presentó menor ($p<0.05$) cantidad de FDN, comparada con variedades Turquesa y Karma, la cebada y el triticale.

Cuadro 9. CONTENIDO DE FIBRA DETERGENTE NEUTRO (FDN, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.

| Periodo | Chihuahua | Turquesa | Karma | Cebada | Triticale | EEM | P>F |
|---------|-----------|----------|---------|---------|-----------|--------|-------|
| 1 | 47.25aA | 48.75aB | 49.75aA | 54.0aA | 56.0aA | 2.6963 | .1670 |
| 2 | 49.0aA | 50.5aAB | 49.5aA | 54.75aA | 50.25aA | 1.4577 | .0902 |
| 3 | 47.0bA | 56.25aA | 55.25aA | 55.5aA | 51.75aA | 1.6291 | .0059 |
| EEM | 2.289 | 1.67 | 1.51 | 2.17 | 2.24 | | |

a,b,c medias con diferente literal en hilera son diferentes ($p<0.05$)

A,B,C medias con diferente literal en columna son diferentes ($p<0.05$)

La variedad de avena Chihuahua y Karma, así como la cebada y triticale registraron similar ($p>0.05$) cantidad de FDN en los tres periodos. La variedad de avena Turquesa registró mayor ($p<0.05$) cantidad de FDN en el tercer periodo (92 días) comparado con el contenido de FDN en el primer periodo (47 días). En esta variedad el contenido de FDN en el segundo periodo (76 días) fue similar al primer y tercer periodo (47 y 92 días).

Estos resultados son menores a los reportados por Salmerón *et al.*, 2003, en un trabajo realizado con distintas variedades de avena: Diamante (59.2 %), Cuauhtémoc (58.8 %), Raramuri (58.1 %), páramo (57.6 %), pampas (56.2 %), Chihuahua (60.3 %) y Karma (62.4 %). Mientras que Colín *et al.*, 2009, reportan en su trabajo de producción y valor nutritivo de cebada forrajera resultados FDN de (67 %) y Zamora *et al.*, 2002, mencionan valores de FDN en avenas de 57.24 %.

En un estudio con cebada Colín *et al.*, 2009, registraron valores de FDN, variedades de cebada como Narro-110 (50 %), Narro-147 (57 %), Narro-221 (55 %), Narro-396 (45 %) y Narro-522 (51 %) y Cerro Prieto (47 %), siendo estos valores similares a los obtenidos en el presente estudio.

En triticale, Zamora *et al.*, 2002, en un trabajo para clasificación de triticales forrajeros por rendimiento y calidad registraron valores de FDN promedio de 53.26 %, de la misma manera estos resultados son similares a los obtenidos en esta investigación.

El FDN nos indica el porcentaje de paredes celulares, básicamente hemicelulosa, celulosa y lignina, conocidos también como carbohidratos estructurales. Aparentemente divide la materia seca al punto de que separa los componentes nutricionales solubles y accesibles de aquellos que no son totalmente aprovechables o que dependen de la fermentación microbiológica para su aprovechamiento. Cabe mencionar que bajos niveles de FDN están asociados con

alto consumo de alimento por el animal, por lo que se recomienda un forraje con menor contenido de FDN.

Fibra detergente ácida

Cabe mencionar que el valor de FDA es el porcentaje de la planta con materiales altamente indigestibles, básicamente formados por lignina, cutina y los carbohidratos ligados a este como celulosa y hemicelulosa, el contenido de FDA va relacionado a la digestibilidad y edad de los forrajes, pues a mayor contenido de FDA el porcentaje de digestibilidad disminuye. Por esa razón se recomienda que el forraje tenga menor contenido de FDA, para que sea de mejor calidad.

No se registraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre variedades y especies (cuadro 10). Además el contenido de FDA fue similar ($p > 0.05$) en las 3 edades de corte (47, 78 y 92 días) en los que se analizaron los forrajes. El valor más elevado se registró en la variedad de avena Karma a los 92 días de edad al corte (31.5 %). La variedad de avena Chihuahua a los 47 días presentó 22.25 % de FDA.

Cuadro 10. CONTENIDO DE FIBRA DETERGENTE ÁCIDA (FDA, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.

| Período | Chihuahua | Turquesa | Karma | Cebada | Triticale | EEM | P>F |
|---------|-----------|----------|--------|---------|-----------|--------|-------|
| 1 | 22.25aA | 30.5aA | 26.5aA | 28.25aA | 30.25aA | 2.2518 | .4196 |
| 2 | 28.00aA | 28.25aA | 27.5aA | 30.75aA | 27.75aA | 1.2058 | .3550 |
| 3 | 27.75aA | 29.75aA | 31.5aA | 29.75aA | 30.25aA | 1.3416 | .0786 |
| EEM | 1.389 | 1.49 | 1.30 | .98 | 1.717 | | |

a,b,c medias con diferente literal en hilera son diferentes ($p<0.05$)

A,B,C medias con diferente literal en columna son diferentes ($p<0.05$)

Salmerón *et al.*, 2003, reportaron porcentajes de FDA en distintas variedades de avena Chihuahua (27.7 %), Cuauhtémoc (27.7 %), Karma (28.3 %), Obsidiana (28.2 %) y Raramuri (28.2 %), estos resultados son muy similares a los obtenidos en el presente estudio. Zamora *et al.*, 2002 en un estudio realizado con triticale, ray grass y avena obtuvieron porcentajes de FDA de 28.21 %, 32.86 % y 35.9 %, respectivamente, estos resultados con respecto a las avena parecen elevados a los obtenidos en este estudio.

Colín *et al.*, 2009, en un estudio en el que evaluaron cebada, avena, trigo y triticale, en avena reportaron 45 % de FDA, cantidad demasiado alta en comparación a la obtenida en esta investigación.

En cebada Colín *et al.*, 2009, en un estudio en el que analizaron distintas variedades de cebada obtuvieron en Narro-110 (31 %), Narro-147 (38 %), Narro-

221 (35 %), Narro-396 (29 %) y Narro-522 (35 %) y Cerro Prieto (32 %), cantidades de FDA ligeramente superiores a las registradas en la presente investigación.

En triticale Colín *et al.*, 2009, reportaron un contenido de FDA de 41 %, este valor es muy elevado en comparación al obtenido en el presente estudio. Mientras que Zamora *et al.*, 2002, reportaron en otro estudio de clasificación de triticales forrajeros por rendimiento y calidad, resultados de FDA de 23.14 % en el primer corte, 30.22 % en el segundo corte y 33.15 % en el tercer corte. Estos resultados son similares a los obtenidos dentro de los tres periodos de estudio en la presente investigación.

Celulosa

Las tres variedades de avena, la variedad de cebada Esmeralda y la variedad de triticale Huerfanita, registraron menor ($p < 0.05$) contenido de celulosa a la edad de 47 días, en comparación con el contenido de celulosa a los 92 días (Cuadro 11).

Cuadro 11. CONTENIDO DE CELULOSA (CEL, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.

| Periodo | Chihuahua | Turquesa | Karma | Cebada | Triticale | EEM | P>F |
|---------|-----------|----------|---------|----------|-----------|-------|-------|
| 1 | 16.75aB | 17.25aB | 16.25aC | 17.75aB | 17.5aB | .6324 | .4851 |
| 2 | 19.5aAB | 21.25aAB | 19.25aB | 20.75aAB | 19.0aB | .9768 | .4246 |
| 3 | 21.25aA | 24.75aA | 23.5aA | 22.0aA | 23.5aA | .9264 | .1158 |
| EEM | .716 | 1.10 | .676 | .841 | .88 | | |

a,b,c medias con diferente literal en hilera son diferentes ($p<0.05$)

A,B,C medias con diferente literal en columna son diferentes ($p<0.05$)

En la variedad de avena Chihuahua y Turquesa, así como en cebada variedad Esmeralda el contenido de celulosa a los 78 días, manifestó una concentración intermedia similar a la del primer y tercer periodo (47 y 92 días) de la cosecha. En cambio en la variedad de avena Karma el contenido de celulosa a los 47 días (primer periodo) fue menor ($p<0.05$) que a los 78 días (segundo periodo 16.25 vs 19.25 %, respectivamente) y esta concentración fue menor que a los 92 días (tercer periodo 23.5 %) de celulosa.

En triticale el contenido de celulosa a los 47 días (17.5 %) fue menor ($p<0.05$) que a los 92 días y similar ($p>0.05$) que a los 78 días (19 %) de celulosa.

Las cantidades de celulosa fueron similares a las que registraron Salmerón *et al.*, 2003; Colín *et al.*, 2009 y Zamora *et al.*, 2002 en variedades de avena, cebada y triticale diferentes a los de la presente investigación.

Ramírez, 2007, en su trabajo efecto del sistema de siembra y estado de madurez sobre producción y calidad nutricional de siete variedades de avena, menciona un promedio de celulosa de avena en tres estados fenológicos, embuche, masoso y madurez (30.5, 26.4 y 23.8 %), respectivamente. Mientras que Meier, 2001. Reporta valores de 27.7% Siendo estos resultados superiores a los obtenidos en los 3 periodos de corte en la presente investigación.

La celulosa forma parte de las paredes estructurales del forraje, siendo esta parcialmente digestible, pero se asocia también al forraje de edad avanzada. Por lo tanto, a mayor cantidad de celulosa el forraje será de menor calidad nutritiva. Se recomienda tener la menor cantidad de celulosa, aunque esta es parcialmente digestible.

Hemicelulosa

La hemicelulosa es otra parte que conforma las paredes estructurales del forraje, siendo parcialmente digestible, pero que se asocia también al forraje de edad avanzada. Por lo que a mayor edad del forraje mayor será el contenido de hemicelulosa, celulosa y lignina. Por esta razón se recomienda un forraje con valores bajos de hemicelulosa al igual que celulosa y lignina, para obtener un mejor contenido celular (proteína cruda, azúcares, almidones y lípidos).

En la concentración de hemicelulosa no hubo diferencia ($p > 0.05$) entre variedades de avena y cebada o triticale. En las variedades de avena Chihuahua, Karma, así

como en la cebada y triticale no hubo cambios en el contenido de hemicelulosa (HCEL) ($p>0.05$) entre la cosecha a los 47 días y a los 92 días. (Cuadro 11).

Cuadro 12. CONTENIDO DE HEMICELULOSA (HCEL, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.

| Periodo | Chihuahua | Turquesa | Karma | Cebada | Triticale | EEM | P>F |
|---------|-----------|----------|---------|---------|-----------|--------|-------|
| 1 | 21.75aA | 18.75aB | 23.25aA | 25.5aA | 25.75aA | 3.1884 | .5301 |
| 2 | 20.75aA | 22.5aAB | 22.25aA | 23.75aA | 22.25aA | 1.5811 | .7674 |
| 3 | 21.0aA | 26.5aA | 26.5aA | 25.25aA | 21.5aA | 1.3524 | .0504 |
| EEM | 1.80 | 1.93 | 1.55 | 2.78 | 2.64 | | |

a,b,c medias con diferente literal en hilera son diferentes ($p<0.05$)

A,B,C medias con diferente literal en columna son diferentes ($p<0.05$)

Sin embargo, la variedad de avena Turquesa presentó un comportamiento distinto, ya que la concentración de hemicelulosa a 92 días fue mayor ($p<0.05$) a la que presentó esa variedad a los 47 días. La cantidad de hemicelulosa (HCEL) en esta variedad, a los 78 días de edad del forraje fue similar ($p>0.05$) a la de los 47 y 92 días (18.75 vs 26.5 %) de hemicelulosa, respectivamente.

En avena y triticale, Zamora *et al.*, 2002, en su trabajo clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva reportaron un porcentaje de hemicelulosa en tres periodos de corte de 23.5, 20.62 y 20.41 % y 17.51, 21.1 y 21.34 %, respectivamente. Siendo resultados similares a los obtenidos en el presente estudio. Kraiem *et al.*, 1997, en su trabajo reportaron en

heno de avena al corte en estado masoso y madurez, contenidos de hemicelulosa de 26.8 y 27.5 %, respectivamente, estos resultados son superiores a los obtenidos en el presente estudio. Mientras que el NRC (2001), en el valor nutricional de heno de avena reporta un contenido de hemicelulosa de 21.6 %, este resultado es similar al obtenido en el presente trabajo en los tres periodos. Abeysekara, 2003; Coblenz, 2000, reportaron en heno de avena cortado en estado fenológico masoso, contenidos de hemicelulosa de 25.5 y 25.4 %, respectivamente. Los resultados reportados son superiores a los obtenidos en el presente trabajo.

Mientras que Castillo *et al.*, 2012, en un trabajo caracterización física y química proximal de paja, grano y almidón de cebada de la variedad esmeralda, reportaron cantidades de hemicelulosa de 20.36 %, resultado inferior a los obtenidos en los tres periodos en cebada, durante este trabajo.

Lignina

La lignina no es un carbohidrato estructural y establece enlaces covalentes con los carbohidratos estructurales de la planta, como son la celulosa y hemicelulosa. La lignina es altamente indigestible, por lo que un alto contenido de lignina, se ve reflejado en la edad del forraje, eso es, que a mayor edad del forraje más contenido de lignina y por consiguiente menor digestibilidad.

La lignina está integrada por un grupo de ácidos que se caracterizan por presentar un núcleo para hidroxifenol, estos ácidos constituyen una matriz que rodea las estructuras fibrosas de la pared celular.

En el contenido de lignina no se registraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre variedades y especies. El contenido de LIG fue similar ($p > 0.05$) en las 3 edades de corte (47, 78 y 92 días) en los que se analizaron los forrajes. El triticale a los 47 días de edad al corte presentó 8.75 % de contenido de LIG; la variedad de avena Chihuahua a los 92 días presentó 2.125 % de LIG (Cuadro 13).

Cuadro 13. CONTENIDO DE LIGNINA (LIG, %) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.

| Periodo | Chihuahua | Turquesa | Karma | Cebada | Triticale | EEM | P>F |
|---------|-----------|----------|---------|---------|-----------|--------|-------|
| 1 | 5.000aA | 6.750aA | 6.000aA | 6.500aA | 8.750aA | 1.8907 | .7158 |
| 2 | 4.750aA | 3.750aA | 4.750aA | 5.250aA | 4.500aA | 0.5773 | .4884 |
| 3 | 2.125aA | 3.000aA | 4.750aA | 3.250aA | 3.500aA | 0.9547 | .4424 |
| EEM | .95 | 1.196 | 1.219 | .860 | 1.255 | | |

a,b,c medias con diferente literal en hilera son diferentes ($p < 0.05$)

A,B,C medias con diferente literal en columna son diferentes ($p < 0.05$)

Lo que pareciera llamar la atención en los resultados de la presente investigación es que bajo las condiciones en que se desarrolló el estudio (principalmente baja temperatura), el contenido de LIG en todas las variedades y especies tendió a presentar cantidades más elevadas a menor edad del forraje a la cosecha, y valores más bajos de LIG al aumentar la edad a la cosecha. Lo anterior es

opuesto a lo que diversos investigadores señalan en forrajes de clima templado (Church y Pond, 2004), sin embargo, como se indicó anteriormente, el análisis estadístico reveló que la diferencia numérica no fue significativa ($P>0.05$) de manera que la concentración de LIG fue similar a las tres edades de cosecha.

Digestibilidad *in vitro* de la MS

Dado a que la digestibilidad va relacionada con la edad del forraje, esta va disminuyendo conforme el forraje madura. Por lo que a mayor digestibilidad, mayor será la cantidad de partes solubles del forraje, por lo tanto, se prefieren forrajes con un buen porcentaje de digestibilidad a la edad de madurez.

En el presente estudio no se registraron diferencias estadísticas ($p>0.05$) entre variedades y especies (Cuadro 12) y el porcentaje de digestibilidad *in vitro* de la MS (DIG) fue similar ($p>0.05$) en las 3 edades de corte (47, 78 y 92 días) en las que se cosecharon y analizaron los forrajes. El valor más elevado de digestibilidad *in vitro* se registró en la variedad de avena Karma a los 47 días de edad al corte (69.75 %). La variedad de avena Turquesa a los 78 días presentó 52.5 % de DIG *in vitro*. (Cuadro 14).

En avenas, Zamora *et al.*, 2002, en su trabajo donde clasifican triticales por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva, reportan valores de digestibilidad de avena en 3 periodos (68.36 %, 61.61 % y 60.93 %), respectivamente. Mientras que Salmerón *et al.*, 2003 mencionan en su trabajo variedades de avena y calidad

nutricional del forraje, valores para la variedad Chihuahua de 67.3 %, siendo resultados similares a los obtenidos en el presente estudio.

Cuadro 14. DIGESTIBILIDAD (DIG) EN CEREALES DE INVIERNO ESTABLECIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.

| Periodo | Chihuahua | Turquesa | Karma | Cebada | Triticale | EEM | P>F |
|---------|-----------|----------|---------|---------|-----------|------|--------|
| 1 | 69.5aA | 59.75aA | 69.75aA | 65.25aA | 55.5aA | 7.58 | 0.6196 |
| 2 | 65.0aA | 52.5aA | 64.75aA | 54.25aA | 61.75aA | 4.29 | 0.2410 |
| 3 | 69.25aA | 68.5aA | 56.50aA | 66.25aA | 66.25aA | 7.33 | 0.7446 |
| EEM | 7.28 | 6.26 | 6.82 | 6.74 | 5.65 | | |

a,b,c medias con diferente literal en hilera son diferentes ($p<0.05$)

A,B,C medias con diferente literal en columna son diferentes ($p<0.05$)

En la avena variedad Karma. Salmerón *et al.*, 2003 en su trabajo variedades de avena y calidad nutricional del forraje, mencionan valores de 66.9 % de DIG, estos valores son similares a los obtenidos a los 48 y 76 días en la presente investigación.

En cebada, Colín *et al.*, 2009, en su trabajo realizado en producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera, mencionan valores de digestibilidad de 69.2 % en algunas variedades y en la variedad Cerro Prieto 65.9 %. Estos resultados son similares a los obtenidos en el primero y tercer periodo (48 y 92 días).

Los resultados en triticale (55.5, 61.75 y 66.25 %) fueron inferiores a los que Granger *et al.*, 2003, obtuvieron en su experimento realizado en Chile, con distintas variedades de triticale, reportaron los siguientes valores de digestibilidad a distintos días de crecimiento: 48, 76, 104, 188 y 296 días (85.8 %, 86.1 % y 82.3 %, 66.4 y 54.4 %, respectivamente), así que sus resultados fueron superiores en las cosechas comprendidas entre 48 y 104 días de edad de la planta; los resultados del presente estudio manifestaron valores de DIg *in vitro*, similares a los que ellos obtuvieron en las cosechas realizadas a mayor edad del forraje (188 y 296 días). En otro estudio Zamora *et al.*, 2002, en su trabajo donde clasificaron triticales por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva, obtuvieron valores de digestibilidad *in vitro* de triticale en 3 periodos: 71.01, 68.22 y 66.92 %, siendo la digestibilidad *in vitro* de su tercer periodo muy similar a la obtenida en el presente estudio.

4. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales en que se llevó a cabo la presente investigación se concluye:

No hubo diferencia en el valor nutritivo entre las variedades estudiadas a una misma edad de cosecha debido a que registraron similar RMS, PC, FC, EE, CEN, FDA, HEM, LIG y DIVMS.

No hubo diferencia en el contenido de FDA, LIG y DIVMS en las variedades estudiadas y en ninguna de las 3 edades de cosecha (48, 76 y 92 días) evaluadas.

Hubo mayor RMS, FC, FDN, CEL Y HEM en el forraje cosechado a 92 días en comparación al forraje cosechado antes, aunque este resultado fue distinto en las diferentes variedades evaluadas.

Hubo mayor PC, EE y CEN en el forraje cosechado a 48 días en comparación al forraje cosechado posteriormente, aunque este resultado fue distinto en las diferentes variedades analizadas.

Con base en la composición nutrimental y la producción de materia seca obtenida, se pueden considerar como alternativas para producción de forraje las variedades de *Avena sativa* (Avena var. Chihuahua, Turquesa y Karma), la especie: *Hordeum vulgare* (Cebada var. Cerro Prieto) y *Triticum aestivum* x *Secale cereale* (Triticale var. Huerfanita).

Recomendaciones.

La cebada y el triticale pueden ser una alternativa para los productores de esta zona ya que comúnmente solo siembran avena, sin embargo, la cantidad de materia seca producida por estos cereales, así como su valor nutritivo hacen que se consideren una buena alternativa. No obstante, es necesario tomar en cuenta que para su mayor aprovechamiento la utilización debe ser para corte (aun cuando el forraje llegue a los 92 días) debido a que la inflorescencia que presentan puede ser una limitante para el pastoreo.

5. LITERATURA CITADA

- Abeysekara S. 2003. The nutritional value of oat forages for dairy cows. Tesis maestría. University of Saskatchewan, department of animal y poultry science. Saskatchewan, Saskatoon, Canada. Disponible: <http://ecommons.usask.ca/handle/10388/etd-10312003-170820>. Accesado May, 15, 2013.
- ASERCA, 1994. La cebada en la producción nacional. Revista Claridades Agropecuarias, N. 13. P.16 SAGARPA Disponible: www.infoaserca.gob.mx/claridades. Accesado Feb. 6, 2013.
- ASERCA, 1994. Panorama mundial de la cebada. Revista Claridades Agropecuarias, N. 13. P.4 SAGARPA Disponible: www.infoaserca.gob.mx/claridades. Accesado Feb. 6, 2013.
- ASERCA, 1994. La producción de avena en México. Revista Claridades Agropecuarias, N. 14. SAGARPA Disponible: www.infoaserca.gob.mx/claridades. Accesado Feb. 6, 2013.
- Autrique. R. J. E y Pfeiffer. W.H. 1994. Triticale de doble propósito, una nueva alternativa (resumen), Memorias del II Congreso Latinoamericano, XV Congreso de Fitogenética, Monterrey N.L, México. pp: 108
- AOAC, 1995. Official methods of analysis. A6 th ed. AOAC International Arlington, VA.
- Baier. A. C., De Souza. C. N. A. y Wiethölter. S. 1998. Tolerance of triticale to acid soil. In: 4th Int. Triticale Symp. Proc. Int. Triticale Ass. Red Derr, Alberta, Canadá. Vol 2: 285-288

- Béjar. H. M, Lozano-del Rio. A. J y Hede. A. 2000, El Triticale, una nueva alternativa para el Norte de México. Boletín técnico N0 3 DGTA- SEIP- SEP. Chihuahua
- Béjar H. M., Ammar K., y Salaires L. C. 2007, Triticale, una Alternativa para el Norte de México. CIMMYT-Chih., Mex.
- Castillo O. F., Rodríguez S., R, Prieto G. F. y Román G. A. D., 2012. Caracterización física y química proximal de paja, grano y almidón de cebada de la variedad esmeralda. Bio tecnología. Vol. 16, No. 3. P. 9 - 20
- Chávez. D. J. A. y Gómez. G. S. 1999. Guía para producir forraje de avena y cebada bajo temporal en la Costa de Ensenada. INIFAP-CIR-NORESTE. Campo experimental Costa de Ensenada. Ensenada, B.C., México.
- Cherney, J. H. y M. H. Hall, 2005. Forage quality in perspective. Penn State College of Agricultural Sciences. Disponible: www.forages.psu.edu/agfacts/agfact30.pdf. Accesado Ago. 20, 2006.
- Church D.C., Pond W.G. y Pond K.R. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. 2ª ed. Grupo Noriega Eds, Limusa-Wiley, México. 2006.
- Coblentz W. K., Coffey k. P., Turner J. E., Scarbrough D.A., Weyers J. S., Harrison K. F., Johnson Z. B., daniels L. B., Rosenkrans C. F, Jr., Kellogg D. W y Hubell D. S. 2000. Effect of maturity on degradation kinetics of sod-seeded cereal grain forage grown in Northern Arkansas. J. Dairy Sci. 83: 2499 – 2511.

- Colín. R. M., Zamora. V. V. M., Torres. T. M. A. y Jaramillo. S. M. A. 2009, Producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera en la Región Lagunera de México. Técnica Pecuaria No. 47(1): 27- 40.
- Contreras L. E., Jaimez O. J., Hernández M. T., Añorve M. J. y Beltrán H. R. 2008. Composición química de cebadas cultivadas bajo diferentes condiciones de labranza en tres localidades del Estado de Hidalgo, México. Bioagro 20(3): 201-208.
- Espitia R. E., H. E Villaseñor, A. L. Ortega, P. P. Herrera, J. H. Espino y C. R, Ramírez. 2002. Tecnología para la producción de avena grano-forraje para siembras de temporal en la Mesa Central. Folleto para productores No.1. INIFAP-CIR-CENTRO. Campo Experimental Valle de México.
- FAO. 2003. Conservación de heno y paja para pequeños productores y en condiciones pastoriles. Producción y protección vegetal N° 29. J. M Suttie. Disponible: www.fao.org/docrep/007/x7660s/x7660s00.htm#Contents (fecha de consulta 9-febrero-2013)
- FAO. 2004. Fodder Oats; a world overview. Agriculture Department. Plant Production and Protection, Series No. 33. Disponible: www.fao.org/docrep/008/y5765e/y5765e00.htm.
- Goering, H.K. y P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and some Applications). Agric. Handbook No. 379. USDA-ARS, Washington, D.C.
- Gómez. M. R., Garcia. S. R. y Pérez. C. J. P. 1997. Guía para cultivar cebada maltera de temporal en el estado de Hidalgo. INIFAP-CIR-CENTRO, Campo experimental Pachuca. Folleto para productores No. 8

- Hernández. A. J. A., Rosales. N. C. A., Loredó. O. C. Beltrán. L. S. 2007. Variedades de forrajes anuales para temporal en el altiplano y zona media de San Luis Potosí. INIFAP-CIR-NORESTE, Campo experimental San Luis. Folleto para productores No. 44
- Jurado, G. A. 2002. Fundamentos y resultados de investigación sobre el establecimiento y manejo de mezclas de cereales con zacate ballico en la zona central del estado de Chihuahua. Manual Técnico No. 1 Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia, Secretaría de Extensión y Difusión. Chihuahua, Chih., México.
- Kraiem K., Majdoub A., Ben Abbes S. y Moujahed N. 1997. Effects of the level of supplementation with concentrate on the nutritive value and utilization of oats hay cut at three maturity stages. ELSEVIER. Livestock production Sci. 47: 175 – 184.
- López P. P., Prieto G. F., Gaytán M. M. y Román G. A. D., 2007. Caracterización fisicoquímica de diferentes variedades de cebada cultivadas en la región centro de México. Revista Chilena de nutrición. Vol. 34, No 001. Santiago, Chile
- Lozano-Del Río A. J. 1990. Studies on triticale forage production under semi-arid conditions of northern Mexico. Proceedings of the second international triticale symposium. Rio Grande do Sul, Brazil.
- Lozano-del Río A. J., Zamora-Villa V. M., Ibarra J. L., Rodríguez H. S. A., De la Cruz L. E. y De la Rosa I. M. 2009 Análisis de la interacción genotipo-ambiente mediante el modelo ammi y potencial de producción de triticales forrajeros (X Triticosecale Wittm.). Universidad y Ciencia. 25(31): 81-92. Disponible: www.ujat.mx/publicaciones/uciencia. Accesado Feb, 2, 2013.

- McDowell LR, Conrad JH, Thomas JE, Harris LE and Fick KR. Nutritional composition of Latin American forages. *Trop. Anim. Prod.* 1977; 2 (3):273 - 279. Consultada el 25 de enero de 2013 en: http://193.43.36.103/ag/AGA/AGAP/FRG/tap23/2_3_3.PDF
- Meir U., 2001. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants. 2 ed. BBCH monograph. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. Germany. Disponible: www.bba.bund.de/cln_045/nn_814194/EN/veroeff/veroeff_node.html_nnn=tr ue. Accesado Nov, 18, 2012.
- Moore, J. E. y D.J. Undersander. 2002. Relative forage quality: an alternative to relative feed value and quality index. *In: Proc. Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium.* pp 16-32. Disponible: www.animal.ufl.edu/dairy/2002ruminantconference/move.pdf
- Moreno G. R. y Luna V. S., 1981. Guia para cultivar triticales de temporal en los Estados de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla. INIA- Centro de Investigaciones Agrícolas de la Meseta Central. Campo experimental Valle de México, Chapingo. Boletín informativo No.1
- Moreno. G. y Rodríguez. P. J. E., 1993, Triticales *In: Producción y Genotecnia de Plantas Autógamas.* México.
- NRC, 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. National Academy press. Washinton, D. C.

- Preston R. L., 2008. Typical Composition Of Feeds For Cattle And Sheep. Beef article, PRIMEDIA Business Magazines & Media Inc. Disponible: <http://www.agrireseau.qc.ca/bovinsboucherie/documents/magazinearticleid=.pdf> (Accesado 23-02-13)
- Ramírez. O. S. 2007. Efecto del sistema de siembra y estado de madurez sobre producción y calidad nutricional de siete variedades de avena (*Avena sativa*). UACH. Facultad de Zootecnia, Secretaria de Investigación y posgrado, Chihuahua, Chih., México. 98 p.
- Rojas G. C. 2004. Manual de producción de bovinos de carne para la VIII, IX y X regiones, INIA, Corillanca, Chile.
- Romero, O., Rojas, C., Butendieck, N., Hazard, S. 1999. Producción de materia seca y calidad nutritiva de tres especies de cereales: avena, cebada y triticale para ensilaje. XXXIV Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA), Temuco, Chile. 27-29 de octubre. Sociedad Chilena de Producción Animal, Santiago Chile. p. 49-50.
- SAS Institute Inc. 2001. User's Guide: Statitics. Versión 8.2. SAS Institute, Cary, N.C., USA.
- Salmerón, Z.J.J. y J. R. Bárcena. 2003. Variedades de avena y calidad nutricional del forraje. INIFAP-CESICH. Folleto Técnico No. 17.
- Salmerón Z. J. J., Cebada Maltera de Temporal. INIFAP-CIR- CHIHUAHUA. Disponible: [www.sites.securemgr.com/folder11341/index.cfm?fuseaction=br
owse&id=133772&pageid=43](http://www.sites.securemgr.com/folder11341/index.cfm?fuseaction=browse&id=133772&pageid=43) (Accesado 20-02-13)
- Santoyo C. E. y Quiroz M. J., 2004, Guía para el cultivo de cereales en el Estado de México. ICAMEX.

- Steel R. G. D., Torrie J. H. and Dickey D. A. 1997. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 3rd edition. McGraw Hill Book Co. New York. 165 p.
- Tejada I. 1985. Manual de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México A.C. INIP-SARH, México.
- Terrazas P. G. y Payán G. J. A. PRADERAS DE CEREALES FORRAJEROS INIFAP- Chihuahua. Disponible: www.sites.securemgr.com/folder11341/index.cfm?fuseaction=browse&id=931872&pageid=63 (Accesado 20-02-13)
- Undersander, D.D., D.R. Mertens y N. Thiex. 1993. Forage analysis procedures. National Forage testing Association. Omaha, Nebraska. Disponible: www.foragetesting.org/index.php?page=lab-procedures.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson y B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent, and non-starch polysacharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583 – 3589.
- Villaseñor M. H. E., Espitia R. E., Huerta E. J., Osorio A. L., López H. J. 2009. Turquesa, nueva variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. INIFAP. Agricultura Técnica en México, Vol. 35, Núm. 4, pp. 487-492.
- Zamora. D. M, Marquez. C. L. A., Ramirez. P. F e Ibañez. C. A. M. 1997. Esmeralda variedad de cebada para los valles altos. INIFAP-CIR- CENTRO. Campo experimental Valle de México. Folleto técnico No. 5

Zamora. V. V. M., Lozano-del Rio A. J., López B. A., Reyes. V. M. H., Díaz. S. H., Martínez. R. J. M. y Fuentes. R. J. M, 2002. Clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva en dos localidades de Coahuila. Técnica Pecuaria México; 40(3): 229-242