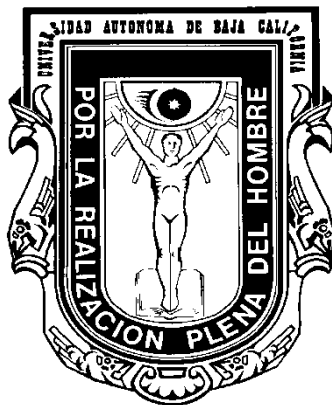


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS**



**INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE LA CALIDAD DEL
FORRAJE DE TRIGO CORTADO 50 DÍAS POST-SIEMBRA Y EL RENDIMIENTO DE
GRANO POR HECTÁREA**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

PRESENTA

MARIO ALEJANDRO MEJIA DELGADILLO

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. ENRIQUE G. ÁLVAREZ ALMORA

MEXICALI, B. C.

DICIEMBRE DEL 2011

La presente tesis titulada “INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE LA CALIDAD DEL FORRAJE DE TRIGO CORTADO 50 DÍAS POST-SIEMBRA Y EL RENDIMIENTO DE GRANO POR HECTÁREA”, realizada por el C. **Mario Alejandro Mejía Delgadillo**; fue dirigida y asesorada por el **Dr. Enrique Gilberto Álvarez Almora**, siendo aceptada, revisada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

C o n s e j o P a r t i c u l a r

DR. ENRIQUE GILBERTO ÁLVAREZ ALMORA

DIRECTOR DE TESIS

DR. MARTÍN FRANCISCO MONTAÑO GÓMEZ

ASESOR

DR. JOSÉ FERNANDO CALDERÓN CORTÉS

ASESOR

DRA. NOEMI GPE. TORRENTERA OLIVERA

ASESOR

DR. LEONEL AVENDAÑO REYES

ASESOR

AGRADECIMIENTOS

- ❖ Al consejo de Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado con el cual fue posible realizar esta maestría.
- ❖ A la Universidad Autónoma de Baja California, al Instituto de Ciencias Agrícolas por la oportunidad de seguir con mi superación personal y académica.
- ❖ A la Universidad Autónoma Chapingo.
- ❖ Al Dr. Enrique Álvarez Almora por su dirección ante el presente trabajo, por sus enseñanzas y amistad.
- ❖ A Ph.D. German D. Mendoza M. y Familia por su amistad y la oportunidad ofrecida
- ❖ Al M.C. Juan Rodríguez, por su amistad y ser excelente maestro.
- ❖ A los Drs. Noemí Torrentera, Juan F. Ponce por sus enseñanzas y apoyo brindado durante mi estancia en esta casa de estudios.
- ❖ A Andrés Lee por su amistad y apoyo.
- ❖ A las encargadas del laboratorio de nutrición animal Esmeralda Rodríguez y Juanita por su colaboración en los análisis de laboratorio de este experimento, al igual que a Nadia y Sandra por su apoyo y amistad.
- ❖ A los trabajadores del ICA que me brindaron su ayuda y amistad durante mi estancia.
- ❖ A los alumnos, compañeros y amigos, que por mencionar algunos Janer, Rolando, Horacio, Juan Carlos, Rosalba, Isabel, Angélica, Carlos, Santico, Cesar, Ramses, Edel, María, Ángela, Leticia L. B. entre muchos más con quienes compartí momentos inolvidables, gracias por ofrecerme su amistad.

DEDICATORIA

A Dios que por brindarme a vida.

A mi papas Apolinar y Cristina porque siempre me han apoyado con mucho cariño para ellos.

A Karla Mayra por ser una estupenda mujer y Hermana.

A mis Hermanitos Cristy y Marcos.

A mis abuelos que siempre pienso en ellos Alejandrina, Marciano, Agustin y Maria.

A mis tios: Agustin, Elsa, Aure, Fran, Geno, Jorge, Estela, Licha,

A mis primos: Licha, Agustin, Silvia, Faby, Moni, Luis Alberto, Miriam, Marlem, Victor, Paty, Marcia, Pancho,

A la Familia Silva Mejia

A la Familia Angulo Navarro

A la Familia Vázquez Rivas

A la Familia González Reyes

A la Familia Magaña Montañés

A mis amigos:

Fabián, Hugo S. Noe, Pecas, Gerardo A., Roy, Héctor Lee, Ricardo, Cuahutemoc, Coss, Mariana, Alexander, Leonardo, Oscar Alberto, Cach, Leyva, Rene, Paul, Anayeli y los demás Tlacuaches.

Contenido

INDICE DE CUADROS.....	7
Capítulo I. INTRODUCCION	8
HIPOTESIS.....	¡Error! Marcador no definido.
REVISION BIBLIOGRAFICA	8
IMPORTANCIA DEL TRIGO A NIVEL MUNDIAL	8
DIVERDIDAD Y USOS DEL TRIGO.....	9
IMPORTANCIA DEL TRIGO EN LA GANADERIA.....	9
VALOR NUTRICIONAL DE FORRAJE DE TRIGO.....	10
FERTILIZACION NITROGENADA EN EL TRIGO	11
BIBLIOGRAFIA	13
Capitulo II. VALOR ALIMENTICIO COMPARATIVO DEL HENO DE TRIGO EN NOVILLOS.....	17
RESUMEN.....	17
ABSTRACT	18
INTRODUCCION	19
MATERIALES Y METODOS	19
Localización.....	19
Animales y alimentación	20
Muestreo	20
Análisis químicos	20
Análisis estadísticos.....	21
RESULTADOS	21
DISCUSIÓN.....	28
CONCLUSIONES	30
BIBLIOGRAFIA.....	30
Capítulo III. DIGESTIBILIDAD DEL HENO DE TRIGO COSECHADO EN DOS FASES FENOLOGICAS Y NIVELES DE FERTILIZACION EN NOVILLOS HOLSTEIN	33
RESUMEN.....	33
ABSTRACT	34

INTRODUCCION	35
MATERIALES Y METODOS	36
Localización.....	36
Tratamientos, animales y alimentación	36
Muestreo	37
Análisis estadísticos.....	38
RESULTADOS Y DISCUSION.....	39
CONCLUSIONES	48
BIBLIOGRAFIA.....	48

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis químico de heno de ballico, alfalfa y trigo cosechado a los 45 y 90 d.	23
Cuadro 2. Consumo y flujo de nutrientes en novillos alimentados con ballico, alfalfa o trigo cortado a los 45 y 90 d.	24
Cuadro 3. Digestión (g kg^{-1} materia seca) ruminal, duodenal y total en novillos alimentados con heno de ballico, alfalfa o trigo cortado a 45 d o 90 d.....	26
Cuadro 4. Características del contenido ruminal en novillos alimentados con henos de ballico, alfalfa, y trigo cortado a 45 o 90 d.	27
Cuadro 5. Composición química del forraje de trigo henificado en diferente estado de madurez y con dos niveles de fertilización nitrogenada	37
Cuadro 6. Consumo total de forraje de trigo con niveles de nitrógeno por novillos Holstein, (g^{-1} d)	40
Cuadro 7. Flujo total de nutrientes en duodeno	42
Cuadro 8. Digestión ruminal, síntesis microbiana y uso del nitrógeno	44
Cuadro 9. Digestión postruminal y total de nutrientes.	46
Cuadro 10. Características de la fermentación ruminal	47

INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE LA CALIDAD DEL FORRAJE DE TRIGO CORTADO 50 DÍAS POST-SIEMBRA Y EL RENDIMIENTO DE GRANO POR HECTÁREA

ANTECEDENTES

IMPORTANCIA DEL TRIGO A NIVEL MUNDIAL

El trigo es uno de los cultivos domesticado hace 8000 años desde entonces ha sido el principal alimento de las civilizaciones de Europa, Oeste de Asia y Norte de África, y hoy en día es el cultivo que ocupa mayor superficie a nivel mundial, el más importante para consumo humano estando por arriba de arroz, maíz y papa (Curtis, 2002). El aumento del rendimiento y de las superficies cultivadas han incrementado la producción de 275 millones de toneladas en 1965 a 628 millones de toneladas en 2004, y el 45% de los intercambio total de granos a nivel mundial en 1998. (World Almanac 2006). Aunque el trigo es considerado principalmente un alimento para consumo humano, gran parte de la producción se destina a la alimentación animal, así como a subproductos de la transformación industrial y piensos (Slafer y Satorro, 1999). La FAO (2004) estima que se utiliza el 17% de la producción mundial en piensos.

En el ciclo 09/10 la producción mundial de trigo alcanzó 685 millones de ton (FAOSTAT 2011), entre los principales productores se encuentra la Unión Europea, China, India, Rusia, Estados Unidos, Canadá y Australia. (Antuña, 2010), para el ciclo10/11 se estimó que la producción descendió en 4.12% y probablemente ascienda 2% para el ciclo11/12 (IGC, 2011) En el 2009 México ocupaba el lugar 27 en producción mundial (Curtis 2002).

Se estima que la utilización total de trigo aumento en alrededor de 1.3% anual durante el período de la proyección, debido principalmente al crecimiento registrado en los países en desarrollo, y al incremento de la demanda prevista en las economías en transición y la otra utilización importante del trigo es para la fabricación de piensos el cual aumenta en 1.6% anual. (FAO 2004).

DIVERSIDAD Y USOS DEL TRIGO

Entre los usos más comunes de trigo es para el ganado, principalmente cuando el grano es afectado por las lluvias y no es apto para consumo humano, pero también se utiliza para hacer adhesivos, aditivos para papel, diversos productos e incluso para la producción de alcohol. (CIMMYT, 1996) Aunque no están popular como el maíz, el trigo también es utilizado para la producción de etanol y biocombustibles (Gooding y Davies 1997). Sin embargo, el incremento de los usos de trigo como forraje se debe a perspectivas más favorables para la demanda de los sectores ganaderos en muchos países, especialmente en las economías en transición y en los países con un crecimiento económico más rápido. Además, la continua resistencia a la utilización de piensos del maíz modificado genéticamente en algunos de los importantes mercados podría también favorecer la demanda del trigo forrajero (FAO 2004). El trigo puede ser cultivado para grano, forraje y doble propósito (Redmon *et al.*, 1995).

Típicamente está disponible en otoño tardío, invierno, y a principios de la primavera, cuando otras fuentes de forraje son bajas en la cantidad y la calidad. (Hossain *et al.*, 2003) En Oklahoma, el trigo de invierno está disponible para pastoreo periodo que ocurre desde finales de noviembre hasta el desarrollo del primer tallo hueco, a principios de marzo, si el ganado se retira antes del desarrollo de primer tallo hueco, el trigo madurará y producirá una aceptable cosecha de grano durante junio. (True *et al.*, 2001). Al igual que en una amplia región de la pampa Argentina el trigo se cultiva y pastorea previendo de forraje durante 3 a 4 meses en que existe escases de forraje (Arzadun *et al.*, 2003).

IMPORTANCIA DEL TRIGO EN LA GANADERIA

En términos de proteína cruda y digestibilidad, el forraje de otoño–invierno de trigo es comparable con alfalfa (Hossain *et al.*, 2003). En el trigo de doble propósito el pastoreo durante su etapa vegetativa es una práctica común en los Grandes Llanos del Sur. Pinchak *et al.*, (1996) estiman que pastorean del 30 a 80% de 8.09 millones de ha sembrados cada año de trigo en la región esta práctica agronómica cultural es importante para la economía de sur de Kansas, Nuevo

México, Oklahoma, sureste Colorado y en llanuras de Texas, en las cuales predomina el clima semi árido (Epplin *et al.*, 2001).

El trigo de doble propósito cultivado en regiones semiáridas es utilizado frecuentemente el riego para asegurar una óptima producción de forraje (Winter y Thompson 1987). En las planicies altas de Texas la mayor parte de las 300,000 ha de riego dedicadas a la siembra de trigo están siendo pastoreadas en el otoño e invierno antes de la producción de grano (Shipley y Regier., 1972)

En el norte de México se han realizado evaluaciones con el objetivo de seleccionar variedades de trigo y triticales para pastoreo y producción de grano, que pudieran ser utilizados en la región noreste del estado de Chihuahua y zonas similares en el país (Gonzales *et al.*, 1994). La mayor parte de las referencias sobre trigo de doble propósito provienen de las llanuras centrales de Estados Unidos.

VALOR NUTRICIONAL DE FORRAJE DE TRIGO

La calidad del forraje es más sensible que la variabilidad del grano y depende del genotipo, fertilidad, humedad de suelo durante el crecimiento hasta la cosecha, así como la época del año (Rayburn 1995). La etapa de madurez en la cosecha es uno de los factores más importantes que afectan la calidad de todos los forrajes. Generalmente, entre más joven sea la planta, más alta es la calidad de forraje (Wichman 2001)

La energía digestible y el contenido de proteína de pequeños granos es comparable con otras especies en el mismo estado de maduración. Sin embargo, calidad del forraje (invierno/ verano) será afectada por la etapa de crecimiento, selección de especies y la disponibilidad de nutrientes. La calidad del forraje de las pequeñas gramíneas cambia notablemente con la madurez. El contenido de proteína cruda de pequeños granos es de aproximadamente 18-22% durante otoño, invierno, y a principios de la primavera y baja rápidamente durante la elongación de tallo y la formación de semilla (Ditsch y Bitzer 2004).

Para las pequeñas gramíneas, una demora en la llegada de la etapa lechoso-masoso de crecimiento del grano provee forraje de alta calidad, en esta etapa de crecimiento se cosechan de 3.7 - 6.0 ton MS⁻¹ha dependiendo de la fertilidad y el método de cosecha. La digestibilidad estará entre 58 y el 67% NDT y la proteína cruda (PC) entre 10-16% con suficiente cantidad de materia orgánica en el suelo o fertilizante. (Rayburn *et al.*, 1995).

El trigo es bien adaptado a la mayor parte de suelos, estableciéndose mejor en suelos arcillosos, bien drenado de medio a alta fertilidad, por lo que el contenido de proteína, energía, y minerales en toda la planta es adecuado, pero es bajo en fibra (True *et al.*, 2001), tiene excelente resistencia al frío y suelos más húmedos que la cebada o avena, pero tiende a ser menos tolerante a suelos mal drenados que el centeno y triticale (Ditsch y Bitzer 2004). De 1998 al 2002 el pastoreo de forrajes en el medio oeste de Estados Unidos se ha cuadruplicado (Pierce *et al.*, 2002). Pero no todos los forrajes tienen la misma aptitud de convertirlo en carne y leche, por lo que se diferencian en calidad (Schoroeder 1996).

Resultados de diferentes experimentos reportan que cuando aumenta la ganancia de peso (GP) ha⁻¹ la producción de grano se disminuye (Horn *et al.*, 1994; Redmon *et al.*, 1995) o por prolongar el tiempo de pastoreo (Hernandez, 1969). Pumphrey (1970) reporta un decremento en la producción de grano en 1021 kg⁻¹ ha y 1104 kg⁻¹ ha para bovino y ovinos respectivamente; al igual que Khalil *et al.* (2002) y Torell *et al.* (1999) reportan del 12 al 33% de reducción en producción de grano en las diferentes variedades de trigo probadas. Arzadun *et al.*, (2003) reporta una pérdida de 396 kg de grano con 426 kg PV⁻¹ ha con respecto a 240 kg PV⁻¹ ha

Por lo tanto el trigo doble propósito se siembra de 30 a 45 días antes de la siembra óptima para producción de grano que es a principios o a mediados de octubre, para aumentar las posibilidades de producción de forraje a finales del otoño (Petr y Draughtrey., 1978) con una densidad de semilla de (90 – 110 kg⁻¹ ha (Torell *et al.*, 1999).

FERTILIZACION NITROGENADA EN EL TRIGO

Generalmente el N está presente en formas no disponibles para la planta, el 98% se encuentra en forma sólida y 2% en la atmósfera, en su mayoría gas N₂ y solo una fracción muy pequeña en materia orgánica (Borghi, 1999) Sin embargo, es el nutriente que con mayor frecuencia limita la

producción vegetal, debido a las grandes cantidades requeridas por los cultivos y a la frecuencia con que se observan sus deficiencias en los suelos (Echeverría y Sainz, 2005). El nitrógeno, presente o añadido a la tierra, está sujeta a varias transformaciones que determinan la disponibilidad de esta a las plantas y la influencia del movimiento del potencial de nitratos para el suministro de agua. N orgánico que está presente en la materia orgánica, residuos de cosechas y el estiércol se convierte en N inorgánico a través de la mineralización (O'Leary *et al.*, 1994). El proceso de mineralización de la materia orgánica, que se lleva a cabo en el suelo gradualmente libera nitratos (NO_3) o iones amonio (NH_4^+), que son los únicos compuestos que las raíces pueden aprovechar (Borghi, 1999).

El trigo aprovecha N en forma de iones resultado de la mineralización bajo condiciones anormales del suelo la absorción se limita como en suelos ácidos e inundados o en condiciones de sobre fertilización con amonio o estiércoles (Austin y Jones 1975). Altos rendimientos requieren de grandes cantidades de nutrientes (Halvorson *et al.*, 1987). El consumo de N del suelo depende del tamaño y actividad de las raíces. La relación raíz vástago está afectada directamente por la concentración de N disuelto en el suelo y las raíces tienen la mayor eficiencia y prioridad en el uso de N. (Borghi, 1999). En la actualidad se estima que las cantidades de N para el ciclo completo (raíces, porción vegetativa y grano) varía en un intervalo de 30 a 50 kg de N por ton de grano esperado, (Halvorson *et al.*, 1987).

La cantidad de MS producida por unidad de superficie aumenta linealmente con el incremento en N; A nivel de la planta el incremento en la biomasa está asociado con hojas más grandes que permanecen verdes por más tiempo, tallos más largos y mayor número de macollos que llegan a madurez con espigas fértiles (Borghi, 1999). Algunos ajustes se tienen que hacer, si hay cantidades de N mineralizado no esperado o grandes cantidades del cultivo se reincorporaron, si el cultivo anterior fue leguminosa, si estiércol fue aplicado, si es un cultivo que tuvo poco o nulos macollos y la región en que vaya a ser establecido (Halvorson *et al.*, 1987).

La cantidad de MS por unidad de superficie incrementa linealmente con el incremento de la fertilización nitrogenada (Borghi, 1999), pero también cabe mencionar que hay que ser conservador con la fertilización nitrogenada. Hasta que se haya determinado que cantidad es la mejor para suelos y ambientes, para evitar problemas de nitratos. El contenido de nitrato de

forraje de cereal siempre debería ser determinado antes del pastoreo o el corte. Si el contenido de nitrato es demasiado elevado, la cosecha deberá ser retrasada (Wichman 2001).

BIBLIOGRAFIA

- Adesogan, A. T., E. Owens and D. I. Givens. 1998. The chemical composition, digestibility and energy value of fermented and urea-treated whole crop wheat harvested three stages of maturity. *Grass and forage sci.* 53: 66-75
- Andersen M. A. and Horn G. W. 1987. Effect of lasalocid on weight gains, ruminal fermentation and forage intake of stoker cattle grazing Winter wheat pasture. *J. Anim. Sci.* 65: 865-871.
- Antuña Juan Carlos 2010. trigo análisis de la situación mundial.
<http://www.inta.gov.ar/info/rian/2010/01-Trigo-2010%5B1%5D.pdf>
- Arzadun M. J., Arroquy J. L., Laborde H. E., y Brevedan R. E. 2003. Grazing Pressure on Beef and Grain Production of Dual-Purpose Wheat in Argentina. *Agron J.* 95:1157-1162.
- AMSDA, 2006. Plan rector del sistema producto del trigo.
www.amsda.com.mx/PREstatales/Estatales/BC/PREtrigo.pdf
- Austin, R.B., Jones, H.G. (1975). *The Physiology of wheat: In Plant Breeding Institute Annual Report-1974.* Cambridge UK, Cambridge. pp 20-73.
- Borghi, B. 1999. Nitrogen As Determinant of Wheat growth and yield. *Wheat ecology and physiology of yield determination.* Satorre E.H. y Slarre G A. editors. 503p
- CCBRES, 2007; www.ccbres.sdsu.edu/publications/bulletins/pdf/2007_Bulletins/8.1-2.pdf).
- CIMMYT. 1996. CIMMYT 1995-96 world wheat facts and trends: understanding global trends in the use of wheat diversity and international flows of wheat genetics resources. Mexico DF.
- Curtis B.C. 2002. *Wheat in the world.* FAO Plant production and protection series. Bread wheat improvement. Curtis B.C., Rajaram S. y Gomez Macpherson H. Rome Italy
<http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4011E/y4011e04.htm>
- Ditsch D.C. y Bitzer 2004. Managing small grains for livestock forage. Cooperative extension service, University of Kentucky. *Agr* 160.
- Echeverría, HE & H Sainz Rozas. 2005. Nitrógeno. Pp. 69-95. *En:* HE. Echeverría & FO. García (eds). *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos.* Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina.

- Epplin F. M., Krenzer E. G. jr. y Horn G. 2001. Net return from dual-purpose wheat and grain-only wheat. J of ASFMRA. Pg. 8-14. www.asfmra.org
- FAO 2004 Perspectivas a Plazo Medio de los Productos Básicos Agrícolas. Proyecciones al año 2010. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma <http://www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s00.htm#Contents>
- Gonzales O.R., M.R. Avila y G.R. Gutierrez. 2004. Líneas de trigo y triticales de invierno para pastoreo y producción de grano en el noroeste de Chihuahua. INIFAP centro de investigación regional del norte centro campo extal. Sierra de Chihuahua Mexico. pg 31
- Gooding M.J. and W.P. Davies. 1997. Ethanol, starch and gluten utilization. Wheat production and utilization Systems, Quality and the environment ed. Cab International. 283 p.
- IGC 2011. Grain market report gmr.413. <http://www.igc.int/downloads/gmrsummary/gmrsumme.pdf>
- FAOSTAT 2011. Food and agriculture organization of the united nations <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- Ferraris, G. 2008. Fertilización Nitrogenada de Trigo y Otros Cereales de Invierno. Criterios de Manejo para Incrementar su Eficiencia. <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Nitrogenada%20Trigo%20Cereales%20Invierno.asp>
- Halvorson A. D., Alley M.M. y Murphy L.S. 1987. Nutrient requirements and fertilizer use. Wheat and wheat improvement. Heyne E. G. editor. second edition.
- Hernandez, O. 1969. Efecto de la época e intensidad del pastoreo sobre el rendimiento en grano de trigo doble propósito. Rev. Invest. Agropecu. Ser. 2 6:155–165.
- Horn, G. W., M. D. Cravey, F. T. McCollum, C. A. Strasia, E. G. Krenzer, Jr., and P. L. Claypool. 1995. Influence of high-starch vs. high-fiber energy supplements on performance of stocker cattle grazing wheat pasture and subsequent feedlot performance. J. Anim. Sci. 73:45–54.
- Horn, G. W., P. A. Beck, J. G. Andrae, and S. I. Paisley. 2005. Designing supplements for stocker cattle grazing wheat pasture. J. Anim. Sci. 83: E69-78E
- Hossain I., Epplin M y Krenzer E. G. Jr. 2003. Planting date influence on dual-purpose winter wheat yield, grain yield and test weight. Agron. J. 95:1179-1188.
- Khalil I.H., Carver B.F. Krenzer E. G. MacKown C. T. y Horn G. W. 2002. Genetic trends in winter wheat yield and test weight under dual-purpose and grain only management systems. Crop Sci. 42:710-715.

- Mader, T. L., and G. W. Horn. 1986. Low-quality roughages for steers grazing wheat pasture. II. Effect of wheat forage intake and utilization. *J. Anim. Sci.* 62:1113–1119. *J. Dairy Sci.* 55:1496–14498.
- OEIDRUS, 2010. Estudio estadístico-documental sobre variedades, grupos y calidad del trigo en el valle de Mexicali.
www.oeidrusbc.gob.mx/sispro/trigobc/Produccion/Primaria/Variedad.pdf
- O'Leary Mike, Rehm George and Schmitt Michael 1994. Understanding Nitrogen in Soils. university o minesota extension
<http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/dc3770.html>
- Petr, F. C. y Droughtrey. 1978. Keys of profitable small grain production in the high plains. Tex. Coop. Agric. Exp. Serv. MP-1390.
- Pierce, V.L., J.L. Horner, J.C. Coomer, D.K. Hardin, J.A. Hoehne, A.M. Millmier, R. Randle, B.J. Steevens, and J.M. Zulovich. 2002. Competitive audit of the Missouri dairy industry [Online]. [67 p.]Available at <http://agebb.missouri.edu/commag/dairy/audit/audit.pdf> (posted Feb. 2002; verified 6 Feb. 2003). Univ. of Missouri, Station, TX. Columbia, MO.
- Rayburn E. B. 1995. Small grains as forage crops. West Virginia, extension service, forage management.
- SAGARPA, SIAP. 2007. Secretaria de agricultura, gandaderia, desarrollo rural, pesca y alimentación; servicio de información agroalimentaria y pesquera
<http://www.siap.gob.mx/>
- Schroeder J. W. 1996. Quality Forage for Maximum Production and Return, AS-1117.
www.ndsu.edu.
- Shipley, J. and Regier. 1972. Optimum forage production and the economic alternatives associated with grazing irrigated wheat, Texas high plains. Tex. Agric. Exp. Stn. MP-1068.
- Shroyer, R. j., 1993. Wheat pasture in Kansas. Coopertative extension Service Kansas State University Manhattan.
- Slafer GA, Satorro EH (1999) Anintroduction to the physiological-ecological analysis of wheat yield. (Eds.) *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*. Food Products Press. Binghampton, NY. pp. 3-12.
- Torell R., Riggs W., Bruce B., Kvasnicka B. 1999. Wheat Pasture grazing: Agronomic, cultural and livestock managment practices. Cooperative Extensión. University of Nevada Reno.
- Weinberg, Z. G., Y. Chen, and R. Solomon. 2009. The quality of commercial wheat silages in Israel. *J. Dairy Sci.* 92: 638-644.

Wichman D. 2001. Winter cereal forages could help reduce drought impacts. Central Agricultural Research Center- Moccasin Montana.

Winter S. R. y Thompson E.K. 1987. grazing effects growth and grain yield. Agron J. 79:110-114.

Capítulo II. VALOR ALIMENTICIO COMPARATIVO DEL HENO DE TRIGO EN NOVILLOS

COMPARATIVE FEEDING VALUE OF WHEAT HAY IN STEERS

Miguel A. Mejia-Delgadillo¹, Enrique G. Alvarez-Almora¹, Juan M. Pinos-Rodriguez², Juan F. Ponce¹, Alejandro Plascencia¹, Fernando Escoboza¹ y Juan Rodríguez¹.

¹ Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, 21100, Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México. (digestibilidad@yahoo.com). ² Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

RESUMEN

El valor nutricional del forraje del trigo para grano cosechado en dos estados de crecimiento fue comparado nutrimentalmente con henos de ballico y alfalfa. En un diseño cuadro latino 4 x 4, cuatro becerros Holstein (326 ± 20 kg peso vivo) con cánulas ruminales y duodenales fueron usados. Los tratamientos (henos) fueron 1) ballico; 2) alfalfa; 3) trigo cosechado a 45 d (T45d); y 4) trigo cosechado a 90 d (T90d). Los novillos alimentados con T45d y T90d mostraron consumos de N menores ($P < 0.05$) que aquellos alimentados con alfalfa y ballico. El flujo duodenal de FDN fue mayor ($p \leq 0.05$), y el de N menor ($p \leq 0.05$) en los novillos alimentados con T90d. También la menor ($p \leq 0.05$) digestión ruminal y total de materia orgánica (MO) fue para T90d. La digestión ruminal y total de la MO y FDN del T45 fue similar a la de alfalfa y ballico. El valor alimenticio del heno de trigo cosechado a los 45 d fue similar a los henos de alfalfa y ballico, y nutrimentalmente superior al trigo cosechado a los 90 d.

Palabras clave: Forraje, Digestión y Trigo.

Publicado como ARTÍCULO en Agrociencia 45: 13-21. 2011. Recibido: Abril, 2010. Aprobado: Noviembre, 2010.

ABSTRACT

Feed value of wheat hay for steers was compared with ryegrass hay and alfalfa hay. In a Latin Square 4x4 design, four Holstein steers (326 ± 20 BW) fitted with rumen and duodenal cannulas were used. Treatments (hays) were as follow: 1) ryegrass; 2) alfalfa; 3) T45d: wheat harvested at 45 d; 4) T90d: wheat harvested at 90 d. Steer fed T45d and T90d had lower ($p \leq 0.05$) N intake than steer fed alfalfa and ryegrass. The NDF duodenal flow was higher ($p \leq 0.05$), and N duodenal flow was lower ($p \leq 0.05$) in steers feed T90d as compared to alfalfa, ryegrass and T45d. In addition, the lower ($p \leq 0.05$) MO ruminal and total digestion was found for T90d. The MO and NDF ruminal and total digestion of T45d were similar to alfalfa and ryegrass. Therefore feed value of wheat hay harvested at 45 d was similar to alfalfa and ryegrass, but higher than wheat hay harvested at 90 d.

Key words: Forage, Digestion and wheat.

INTRODUCCION

El trigo es el cultivo agrícola de mayor importancia económica en la región del valle de Mexicali, por las hectáreas sembradas (91,000) y los rendimientos anuales (6.5 ton ha^{-1}) (SAGARPA, 2007). En México, tradicionalmente, la mayor parte de la producción de este grano se destina a la industria procesadora de harinas, pero en los últimos años debido al encarecimiento de los granos de maíz y sorgo, el uso del grano para la ceba de bovinos, ha aumentado considerablemente. La mayoría de los estudios relacionados con el valor nutritivo de la planta de trigo son en pastoreo (Torell *et al.*, 1999). Aunque se conoce que su henificación en la etapa anterior a la emergencia del primordio floral permite obtener forraje para alimentación del ganado, su valor nutricional no ha sido documentado. Existen algunos estudios (Shroyer, 1993) que sugieren que la planta de trigo produce forraje de calidad (True *et al.*, 2001), conclusión que generalmente se sustenta solo en su composición química. Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue comparar los valores de consumo, digestibilidad ruminal, duodenal y de la digestión total del heno de trigo con henos de ballico y alfalfa.

MATERIALES Y METODOS

Localización

El presente estudio se realizó en la unidad de digestión y metabolismo de rumiantes del Instituto de Ciencias Agrícolas, de la Universidad Autónoma de Baja California, localizado en en Ejido Nuevo León, Valle de Mexicali, B.C. La ubicación geográfica de $32^{\circ}24'27.71''$ Latitud Norte y $115^{\circ}23'03.68''$ Longitud Oeste. El clima es desértico, con una temperatura media anual de 22°C (INEGI, 1993), con Enero como es el mes más frío, con una temperatura media de 13°C y una mínima promedio de -2°C , y Julio el más caliente con una temperatura máxima, mínima y promedio de 45, 20 y 33°C , respectivamente.

Animales y alimentación

Se utilizaron cuatro becerros Holstein (326 ± 20 kg peso vivo) habilitados con cánulas tipo “T” en rumen y duodeno proximal (6 cm del esfínter pilórico) y distribuidos en un diseño Cuadro latino 4 x 4. Los tratamientos fueron: 1) heno de ballico; 2) T45d: heno de trigo cosechado a los 45 días de sembrado; 3) T90d heno de trigo cosechado a 90 d de la siembra; y 4) heno de alfalfa.

Los animales permanecieron en corraletas de 7.6 m² equipadas de bebederos automáticos y comederos individuales de 60 x 40 cm. Cada animal recibió en su ración diaria el 0.3% de su peso vivo como un marcador de la digesta

Muestreo

Antes del inicio de la fase experimental, los animales fueron sometidos a un periodo inicial de adaptación a la dieta y ajuste del nivel de consumo. El experimento consistió de cuatro períodos de 14 d cada uno, en donde los primeros diez fueron de ajuste y los cuatro restantes para recolección de muestras. El período de recolección fue del día 11 al 14.

Durante cada muestreo se recolectaron 500 mL de líquido duodenal y aproximadamente 200 g (base seca) de heces. Al final de cada periodo de colección las ocho muestras de cada becerro dentro de cada período se mezclaron, tomándose una alícuota para su posterior análisis. El último día de colección de cada período, cuatro horas postalimentación, se tomó una muestra de líquido ruminal y filtró en cuatro capas de gasa quirúrgica midiéndosele inmediatamente el pH. Para la estimación de ácidos grasos volátiles (AGV) una alícuota de 80 mL de líquido ruminal se mezcló en una proporción 4:1 con una solución 25% de ácido meta-fosfórico (peso/volumen) y se almacenó a -20°C hasta su análisis.

Análisis químicos

Las muestras de alimento, duodenales o fecales se sometieron a los siguientes análisis: materia seca (MS; 105°C hasta peso constante), ceniza, N Kjeldhal (PC; AOAC, 2000), fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN) (Goering y Van Soest, 1970), oxido crómico (Hill y Anderson, 1958), purinas como estimadores del N bacterial (Zinn y Owens, 1986) y energía bruta (EB; bomba calorimétrica adiabática). Para la determinación de AGV las muestras fueron

descongeladas y centrifugadas a 9,000 x *g* durante 10 minutos, para posteriormente de acuerdo al procedimiento de Erwin *et al.* (1961) determinar AGV mediante un cromatógrafo de gases (XL, Perkin Elmer Instruments; Shelton, CT) equipado con un detector de ionización por flama y columna capilar (Elite-FFAP, Perkin Elmer Instruments, 30 m largo x 0.32 diámetro interior x 0.25µm grosor de cobertura). Similar al procedimiento descrito por Huhtanen y Khalili (1991) para cuantificar el contenido total de líquidos, sólidos y FDN en el rumen, al finalizar el último muestreo de cada período se realizó el vaciado ruminal con una aspiradora convencional seco-líquido de 50.0 L, cuatro horas después de ofrecer el alimento por la mañana. Después de mezclar el contenido total extraído del rumen, se tomó una alícuota para estimar la proporción de fibra indigestible e inmediatamente ser regresado a la cavidad ruminal. En promedio el procedimiento completo se realizó en 18 ± 5 minutos por cada animal. Basándose en el modelo de Mertens y Ely (1979) la tasa de pasaje (K_p) de la FDN se calculó de la siguiente manera: $K_p = ((FDNI * (1-DRFDN)) / (S * (RFDN/100)))/24$, donde: FDNI = consumo diario total de FDN, DRFDN = digestibilidad ruminal de FDN (%), S = sólidos en rumen (g), RFDN = FDN en rumen, como porcentaje del total de los sólidos ruminales. La tasa ruminal de digestión de FDN se determinó a partir de la relación: $DRFDN = K_d / (K_d + K_p)$. Con la estimación de purinas como marcador microbiano se calculara la materia orgánica microbiana y N microbiano que llegan a duodeno.

Análisis estadísticos

Los datos del experimento fueron analizados en un diseño Cuadro latino 4 x 4, utilizando PROC MIXED de SAS (2006) donde el animal fue considerado un factor aleatorio dentro del modelo. Se utilizó el procedimiento de Tukey para comparar las medias de los tratamientos (SAS, 2006).

RESULTADOS

El análisis químico de los henos experimentales indica que los porcentajes de proteína de los henos de ballico y de alfalfa fueron superiores a los de trigo (Cuadro 1). Sin embargo, fueron similares en su porcentaje de MS, cenizas, FDN, FDA y EB.

El consumo de MS y MO fue similar para los henos evaluados. Sin embargo, los novillos alimentados con henos de ballico y alfalfa tuvieron consumos ($p \leq 0.05$) de N mayores que aquellos consumiendo henos de trigo (Cuadro 2). Los novillos alimentados con los henos experimentales tuvieron flujos duodenales similares de MS y MO. El mayor ($p \leq 0.05$) flujo duodenal de FDN fue observado en novillos alimentados con T90d en comparación con aquellos alimentados con T45d, alfalfa o ballico (Cuadro 2).

El flujo duodenal de N en los novillos alimentados con los henos experimentales fue diferente ($p \leq 0.05$), encontrándose que los que consumieron alfalfa y T45d tuvieron mayores flujos de este nutriente en comparación con los novillos alimentados con ballico y T90d. La digestión ruminal de MS, así como la digestión duodenal de MS y MO de los henos evaluados fueron similares (Cuadro 3).

Cuadro 1. Análisis químico de heno de ballico, alfalfa y trigo cosechado a los 45 y 90 d.

	Ballico	Alfalfa	Trigo 45d	Trigo 90d
Materia seca, %	90.2	93.2	94.8	91.9
Cenizas, % MS	13.5	12.2	15.7	12.5
Fibra dergente neutro, % MS	34.0	33.6	35.1	35.7
Proteína cruda, % MS	19.3	15.3	9.2	10.7
Energía bruta, Mcal g ⁻¹	3.6	3.9	3.7	3.7

Cuadro 2. Consumo y flujo de nutrientes en novillos alimentados con ballico, alfalfa o trigo cortado a los 45 y 90 d.

	Alfalfa	Ballico	Trigo 45d	Trigo 90d	EEM
Consumo, kg d ⁻¹					
Materia seca	7.1	6.9	7.2	6.9	0.20
Materia orgánica	6.3	6.2	6.0	6.2	0.33
Fibra detergente neutro	2.2	2.1	2.3	2.3	0.22
Nitrógeno	0.16 ^a	0.19 ^a	0.10 ^b	0.11 ^b	0.01
Flujo duodenal, kg d ⁻¹					
Materia seca	5.3	5.0	5.0	5.3	2.47
Materia orgánica	4.0	3.8	3.7	4.0	1.01
Fibra detergente neutro	0.99 ^b	0.90 ^b	0.89 ^b	1.49 ^a	0.19
Nitrógeno	0.19 ^a	0.13 ^b	0.19 ^a	0.15 ^b	0.07
Nitrógeno microbiano	0.054	0.051	0.055	0.049	0.004

^{a, b} medias con distinta literal son diferentes (P<0.05)

EEM = error estándar de la media

Sin embargo, existieron diferencias ($p \leq 0.05$) en la digestión ruminal y total de la fibra detergente neutro y del N, así como en la digestión total de la MO de los henos experimentales. La digestión ruminal y total de la FDN de T90d fue la más baja ($p \leq 0.05$), en comparación con las de los henos T45d, alfalfa y ballico, las cuales presentaron valores similares de digestión de FDN. En lo que respecta a la digestión ruminal de N, Ballico tuvo los valores mayores ($p \leq 0.05$), seguido de alfalfa y por último de los henos T45d y T90d. De la misma forma, la digestión total de N de los henos T45d y T45d fue menor ($p \leq 0.05$) que los henos de alfalfa y ballico. También la digestión total de MO del heno T90d fue la más baja ($p \leq 0.05$) en comparación con T45d, alfalfa y ballico, las cuales mostraron digestiones totales similares de MO (Cuadro 3).

Algunas de las características ruminales en los novillos consumiendo los henos experimentales fueron diferentes ($p \leq 0.05$). Las excepciones fueron la MS, pH, proporción molar del ácido propiónico, y la tasa de acetato: propionato las cuales no difirieron entre los novillos alimentados con los henos evaluados (Cuadro 4). El contenido ruminal (expresado en kg de contenido y de líquidos) de los novillos alimentados con heno T45 fue el más alto en comparación con el de los novillos alimentados con alfalfa, ballico y T90d.

Cuadro 3. Digestión (g kg⁻¹ materia seca) ruminal, duodenal y total en novillos alimentados con heno de ballico, alfalfa o trigo cortado a 45 d o 90 d.

	Alfalfa	Ballico	Trigo 45d	Trigo 90d	EEM
Digestión ruminal					
Materia orgánica	354	369	404	336	45.5
Fibra detergente neutro	545 ^a	552 ^a	587 ^a	393 ^b	59.9
Nitrógeno	256 ^b	463 ^a	151 ^c	162 ^c	73.1
Digestión duodenal					
Materia orgánica	362	402	344	266	81.8
Nitrógeno	636	619	563	595	53.4
Digestión total					
Materia orgánica	593 ^a	622 ^a	617 ^a	517 ^b	43.0
Fibra detergente neutro	552 ^a	579 ^a	610 ^a	328 ^b	88.0
Nitrógeno	566 ^a	571 ^a	467 ^b	443 ^b	47.1

^{a, c} medias con distinta literal son diferentes (P<0.05)

EEM = error estándar de la media

Cuadro 4. Características del contenido ruminal en novillos alimentados con henos de ballico, alfalfa, y trigo cortado a 45 o 90 d.

	Alfalfa	Ballico	Trigo 45d	Trigo 90d	EEM
Materia seca, %	10.5	9.4	9.9	10.7	0.69
Contenido, kg	46.0 ^b	48.0 ^b	51.7 ^b	63.1 ^a	3.81
Líquidos, kg	41.2 ^b	43.5 ^b	46.6 ^b	56.3 ^a	3.60
Sólidos, kg	4.8 ^a	4.5 ^a	5.1 ^a	6.7 ^b	0.42
Fibra detergente neutro, g kg ⁻¹	432 ^b	444 ^a	379 ^b	497 ^a	29.1
Ph	6.15	5.97	5.91	6.04	0.27
Ácido acético, mol 100 mol ⁻¹	72.6 ^a	69.0 ^b	72.2 ^a	73.4 ^a	1.10
Ácido propiónico, mol 100 mol ⁻¹	18.6	16.9	17.7	16.8	0.70
Ácido butírico, mol 100 mol ⁻¹	8.8 ^b	14.1 ^a	10.1 ^b	9.8 ^b	0.70
Acetato:propionato, tasa	3.9	4.1	4.1	4.4	0.22

^{a, b} medias con distinta literal son diferentes (P<0.05)

EEM = error estándar de la media

En este mismo sentido, los novillos alimentados con T90d tuvieron la mayor cantidad de sólidos en el contenido ruminal. En lo que respecta a la FDN del contenido ruminal, los novillos alimentados con Ballico y T90d tuvieron los valores más altos en comparación con alfalfa y T45d. La más baja proporción molar de ácido acético y la más alta de ácido butírico fueron observadas en el fluido ruminal de los novillos alimentados con Ballico en comparación con el de los alimentados con alfalfa, T45d y T90d (Cuadro 4).

DISCUSIÓN

La composición química de los henos de trigo encontrada en el presente estudio se encuentra dentro de los valores reportados en estudios previos. Por ejemplo, Phillips *et al.* (1995) reportó valores de 13.7-18.1 g PC*kg⁻¹ MS y de 48.4-63.9 g FDN*kg⁻¹ MS en la planta completa de trigo. Adogla-Bessa *et al.* (1999) encontró valores de 14.3 a 15.6 g N*kg⁻¹ MS (89 a 97 g PC*kg⁻¹ MS) y 432 a 526 g FDN*kg⁻¹ MS en la planta completa de trigo durante el invierno. Hill y Leaver (1999) encontraron valores de 403-507 g NDF*kg⁻¹ MS y 106-124 g CP*kg⁻¹ MS en la planta completa de trigo. Una excepción la representaron los valores reportados por Coblenz *et al.* (2000 y 2002) de hasta 235 g CP kg⁻¹ MS para PC, mayores a 414 g FDN*kg⁻¹ y menores a 107 g cenizas*kg⁻¹, los cuales difieren de los encontrados en el presente estudio. Es posible que estas diferencias sean atribuidas a factores como especie y madurez de la planta, año, y al sistema de corte y cosecha (Coblentz *et al.*, 2000).

Debido a que no existieron diferencias en el consumo de MS, MO y FDN, el consumo menor de N en los novillos alimentados con los henos de trigo es atribuido al contenido menor de este componente en tales henos. Como un reflejo de la influencia de los cambios provocados por las diferencias de tipo y especie en la estructura anatómica (Galyean y Goetsch, 1993) de los henos evaluados, la digestión total de N fue 28 y 29% (P<0.05) mayor para alfalfa y ballico, respectivamente, con respecto al T90d. Esta diferencia estructural entre plantas de la misma especie pudo ser responsable de que el flujo duodenal de N en los novillos alimentados con T45d fuese 46% mayor que el de los novillos alimentados con T90d. Doyle (1987) indicó que conforme la madurez de los forrajes se incrementa, el contenido de pared celular y lignificación aumenta, mientras que el contenido de N y su digestión disminuye, lo que aumenta la resistencia

de la pared celular al ataque microbial y flujo duodenal de proteína microbiana, efecto que en presente experimento aparece confundido con la alta variación en los valores de síntesis microbiana.

A pesar de que el contenido de FDN fue similar entre los henos experimentales, la digestibilidad ruminal de FDN de alfalfa, ballico y T45d fue 39, 40 y 49% mayor que la de T90d, hecho que originó que el flujo duodenal de este compuesto fuese el más alto en T90d. De igual forma, la digestión total de alfalfa, ballico y T45 fue 68, 77 y 86% mayor que la de T90d. En efecto, estudios con forrajes evidenciaron la relación directa entre la composición química de henos, el consumo, flujo duodenal y digestión (Cervantes *et al.*, 2000), lo cual puede explicar en parte las diferencias en FDN, sólidos y líquidos del contenido ruminal encontradas en el presente experimento.

Las diferencias encontradas en la fermentación ruminal, en especial en una proporción molar menor de ácido acético y mayor de ácido butírico en los novillos alimentados con heno de ballico en comparación con alfalfa y henos de trigo, también puede ser atribuido a diferencias estructurales entre forrajes, tal y como fue evidenciado por Pinos-Rodríguez *et al.* (2002) con henos de alfalfa y ballico.

El presente estudio indica que T45d fue consumido y digerido similarmente a los henos de alfalfa y ballico. Contrariamente, T90d mostró las digestiones por debajo de alfalfa y ballico. Las diferencias entre T45 y T90 pueden ser explicadas por la madurez, la cual influye sustancialmente sobre la digestibilidad del forraje (Aman, 1993). Conforme la madurez aumenta, la relación hoja tallo usualmente disminuye, la concentración de la pared celular y lignificación aumentan, la proporción de carbohidratos solubles disminuye, y entonces una reducción de la hidrólisis enzimática de estas estructuras de la planta disminuyen (Buxton y Casler, 1993). Las limitaciones de calidad nutrimental que evidenció T90d en comparación con alfalfa y ballico son atribuidas a las diferencias químicas en la pared celular. Las plantas que producen cereales, como el de trigo en su estado maduro, contienen paredes celulares secundarias que son rígidas y resistentes a la degradación microbial, mientras que los pastos como ballico o las leguminosas como alfalfa contienen mayor proporción de carbohidratos estructurales con una mayor digestibilidad. Sin embargo, estos forrajes productores de grano en su fase joven también tienen

excelente calidad nutrimental, tal y ha sido evidenciado (Walker *et al.*, 1990; Rao *et al.*, 2000) en diversos estudios con rumiantes.

CONCLUSIONES

El valor alimenticio del forraje de trigo cosechado a los 45 días fue comparativamente similar al heno de alfalfa y ballico. Es posible entonces obtener un forraje de un valor alimenticio alto cuando la planta de trigo se cosecha antes de emerger su primordio floral. Estudios futuros son necesarios para evaluar el rendimiento por hectárea del heno de trigo cosechado a los 45 d así como su eficiencia productiva y económica en novillos.

BIBLIOGRAFIA

- Adogla-Bessa, T., E. Owen, and A. T. Adesogan. 1999. Ensiling of whole crop wheat with cellulase±hemicellulase based enzymes 3. Comparing effects of urea or enzyme treatment on forage composition and stability. *Anim. Feed Sci. Technol.* 82: 51-61
- Aman, P. 1993. Composition and structure of cell wall polysaccharides in forages. *In: Forage Cell Wall Structure and Digestibility.* Jung, H. G., D. R. Buxton, R. D. Hatfield, and J. Ralph (eds.). AMS-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA. pp: 183-199.
- AOAC, 2000. *Official Methods of Analysis* (17th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA. 2200 p.
- Buxton, D. R., and M. D. Casler. 1993. Environmental and genetic effects on cell wall composition and digestibility. *In: Forage Cell Wall Structure and Digestibility.* Jung, H. G., D. R. Buxton, R. D. Hatfield, and J. Ralph (eds.). AMS-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA. pp: 685-714.
- Cervantes, R. M., E. C. Álvarez, O. N. Torrentera, G. D. Mendoza, S. S. Espinoza, F. A. Velderrain, y M. S. González. 2000. Época de corte y composición nutricional, sitio y grado de digestión de ballico anual (*Lolium multiflorum*) en novillos. *Agrociencia* 34: 413-422.
- Coblentz, W. K., K. P. Coffey, J. E. Turner, D. A. Scarbrough, J. V. Skinner, D. W. Kellogg, and J. B. Humphry. 2002. Comparisons of in situ dry matter disappearance kinetics of wheat

- forages harvested by various techniques and evaluated in confined and grazing steers. *J. Dairy Sci.* 85: 854-865.
- Coblentz, W. K., K. P. Coffey, J. E. Turner, D. A. Scarbrough, J. S. Weyers, K. F. Harrison, Z. B. Johnson, L. B. Daniels, C. F. Rosenkrans, Jr., D. W. Kellogg, and D. S. Hubbell, III. 2000. Effect of maturity on degradation kinetics of sod-seeded cereal grain forage grown in northern Arkansas. *J. Dairy Sci.* 83: 2499-2511.
- Doyle, P. T. 1987. Supplements other than forage. *In: The Nutrition of Herbivores.* Hacker, J. B., J. H. Ternouth (eds.) Academic Press, NY, USA. pp: 429-464.
- Erwin, E. S., G. J. Marco, and E. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44: 1768-1771.
- Galyean, M. L., and A. L., Goetsch. 1993. Utilization of forage fiber by ruminants. *In: Forage Cell Wall Structure and Digestibility.* Jung, H. G., D. R. Buxton, R. D. Hatfield, and J. Ralph (eds.). AMS-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA. pp: 33-71.
- Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications). *Agric. Handbook No. 379.* ARS, USDA, Washington, DC.
- Hill, F. N., and D. L. Anderson. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive energy determination with growing chicks. *J. Nutr.* 64: 587-603.
- Hill, J., and J. D. Leaver. 1999. Energy and protein supplementation of lactating dairy cows offered urea treated whole-crop wheat as the sole forage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 82: 177-193.
- INEGI, 1993. Cuaderno estadístico del municipio de Mexicali, Baja California. 121 p.
- Mertens, D. R., and L. O. Ely. 1979. A dynamic model of fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. *J. Anim. Sci.* 49: 1085-1095.
- Phillips, W. A., G. W. Horn, and M. E. Smith. 1995. Effect of protein supplementation on forage intake and nitrogen balance of lambs fed freshly harvested wheat forage. *J. Anim. Sci.* 73: 2687-2693.
- Pinos-Rodríguez, J. M., S. S. González, G. D. Mendoza, R. Bárcena, M. A. Cobos, A. Hernández, and M. E. Ortega. 2002. Effect of exogenous fibrolytic enzyme on ruminal fermentation and digestibility of alfalfa and rye-grass hay fed to lambs. *J. Anim. Sci.* 80: 3016-3020.
- Rao, S. C., S. W. Coleman, and J. D. Volesky. 2000. Yield and quality of wheat, triticale, and elytricum forage in the southern plains. *Crop Sci.* 40: 1308-1312

- SAGARPA, SIAP. 2007. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación; servicio de información agroalimentaria y pesquera <http://www.siap.gob.mx/>
- SAS, 2006, for Mixed Models, Second edition. SAS Institute, Cary, NC. USA.
- Shroyer, R. J. 1993. Wheat Pasture in Kansas. Cooperative extension Service Kansas State University, Manhattan, KS, USA. 9 p.
- Torrel, R., W. Riggs, B. Bruce, B. Kvasnicka. 1999. Wheat pasture grazing: agronomic, cultural and livestock management practices. Fact-Sheet 99-39. Cooperative Extension. University of Nevada, Reno, NV, USA. 4 p.
- True, R. R., F. M. Epplin, E. G. Krenzer, Jr., and G. W. Horn. 2001. A survey of wheat production and wheat forage use practices in Oklahoma. Bulletin B-815. Oklahoma State University, Agricultural Experimental Station, Stillwater, OK, USA.
- Walker, D. W., C. P. West, R. K. Bacon, D. E. Longer, and K. E. Turner. 1990. Changes in forage yield and composition of wheat and wheat-ryegrass mixtures with maturity. J. Dairy Sci. 73: 129-1303
- Zinn, R. A., and F. N. Owens. 1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. Can J Anim Sci. 66: 157-166.

Capítulo III. DIGESTIBILIDAD DEL HENO DE TRIGO COSECHADO EN DOS FASES FENOLOGICAS Y NIVELES DE FERTILIZACION EN NOVILLOS HOLSTEIN*

Mario A. **Mejía-Delgadillo**¹, Enrique G. **Álvarez-Almora**¹, Germán D. **Mendoza-Martínez**²,
Juan F. **Ponce-Medina**¹, Pedro A. **Hernández-García**² Héctor A. **Lee-Rangel**³

¹Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California. 21100. Ejido Nuevo

León, Mexicali, Baja California, México.² Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, México 04960, D.F., México ³Facultad de agronomía Universidad Autónoma de San Luis Potosí Km. 14.5 Carretera San Luis Potosí - Matehuala, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la calidad del heno de trigo (HT) cosechado en dos fases fenológicas y su digestibilidad en novillos Holstein, empleando cuatro novillos (230 ± 13 kg de PV), los cuales contaban con cánulas tipo T en rumen y duodeno distribuidos en un diseño Cuadrado Latino 4 x 4. Los tratamientos fueron: 1) HT tierno con 45 kg de N (T45), 2) HT tierno con 30 kg N (T30), 3) HT maduro con 30 kg N (M30) y 4) HT maduro con 45 kg de N (M45). Se midió el consumo, flujo y digestión total de nutrientes. Se observaron cambios ($P < 0.05$) en el consumo de MO, FDN, N y cantidad de HT. El mayor consumo de FDN fue en los HT cosechados en ambos estados fenológicos con 30 kg de nitrógeno. En consumo de N fue mayor en los tratamientos que recibieron los niveles altos de fertilización. El mayor flujo de MO se observó con los forrajes maduros con diferencias ($P < 0.05$); el mayor flujo de FDN con en los que fueron fertilizados con 30 kg de N ($P < 0.05$); y para N el mayor se observó con las dosis de fertilización de 45 kg de N ($P < 0.05$). La digestión de los nutrientes se incrementó con los forrajes tiernos mejorándose con la fertilización con 45 kg ($P < 0.01$). Se recomienda fertilizar con 45 kg N el trigo para henificar con fines de forrajes y cosecharlo en etapas tiernas.

Palabras clave: digestión, fertilizacion, trigo.

*Enviado a Agrociencia en Noviembre 18 de 2011.

ABSTRACT

The effect of nitrogen fertilization on wheat hay (HT) quality harvested at two phenological stages and digestibility in Holstein steers using four steers (230 ± 13 kg of BW), which had T-type cannulas in rumen and duodenum distributed in a Latin square design 4×4 . The treatments were: 1) HT tender with 45 kg of N (T45), 2) HT tender with 30 kg N (T30), 3) mature HT with 30 kg N (M30) and 4) mature HT with 45 kg N (M45). Consumption was measured, flow and total digestion of nutrients. Changes were observed ($P < 0.05$) in consumption of OM, NDF, N and amount of HT. The highest consumption was in the FDN HT phenological harvested in both states with 30 kg of nitrogen. In N intake was higher in treatments that received high levels of fertilization. The increased flow of OM was observed with mature forages differences ($P < 0.05$), the increased flow of NDF to where they were fertilized with 30 kg of N ($P < 0.05$), and N the highest was observed with the fertilization rates of 45 kg of N ($P < 0.05$). The digestion of nutrients increased with the tender forage fertilization improved with the 45 kg ($P < 0.01$). We recommend fertilizing with 45 kg N wheat for hay and fodder purposes harvest tender stage.

Key words: digestión, fertilization, wheat.

INTRODUCCION

El constante aumento en el precio de los granos que impacta sobre la producción animal en los últimos años, exige mayor eficiencia en los sistemas de producción no solo para optimizar el rendimiento de los cultivos cerealeros, sino también para aprovechar el recurso forrajero ligado a la cosecha de grano (Gooding y Davies 1997). La práctica de obtener del trigo no sólo grano, sino también una sustancial producción de biomasa como forraje es común en las llanuras centrales de los Estados Unidos, en la región norte centro de México y aun en países de Sudamérica, habiéndose documentado excelentes resultados en calidad y cantidad de forraje durante todo el ciclo de cultivo del trigo (Shroyer, 1993). De 30 a 80 % del trigo sembrado en la región semiárida del sur de Kansas, Nuevo México, Oklahoma, sureste de Colorado y Texas es pastoreado bajo el sistema de doble propósito (Pinchak *et al.* 1996; Epplin *et al.* 2001). Entonces, aunque se sabe que la planta de trigo produce forraje de buena calidad hasta un punto que no afecta la producción de grano (Mader y Horn 1986; Andersen y Horn, 1987), la fertilización con N al ayudar a una mayor producción de grano también debe tener impacto sobre el contenido de N total en la planta, lo que potencialmente favorece su valor nutricional. Esta relación es también linealmente positiva respecto a la cantidad de MS producida por unidad de superficie en todo el ciclo productivo (Borghi, 1999). Se estima que para el ciclo completo se requieren de 30 a 50 kg de N por ton de grano esperado (Halvorson *et al.*, 1987), pero no se ha encontrado información como este mayor aporte de N incide en la composición nutricional del forraje producido en la etapa previa a la floración o la previa a la cosecha final del grano en variedades de alto rendimiento de grano. En aun menor medida se dispone de información referente a su nivel de utilización en el tracto del rumiante. El trigo es el cultivo que mayor superficie ocupa en el valle de Mexicali con 89,000 ha cosechadas (SAGARPA, 2010) y un promedio de rendimiento de 6.5 ton/ha, pero aunque condiciones fortuitas han colocado con frecuencia a los productores en la disyuntiva entre comerciar el grano o utilizar la planta en su totalidad como forraje, existe poca información referente a su valor nutricional y la influencia de las dosis de fertilización comúnmente utilizadas en la región. Mejía et al. (2011) encontraron en un estudio comparativo previo que la digestión del heno trigo cosechado antes de emerger su primordio floral es similar o superior a la de forrajes convencionales como alfalfa y ballico utilizados en la misma región.

Pero cuando la planta es cosechada en su totalidad al llegar el grano al estado lechoso-masoso, es posible que la fertilización realizada para elevar la producción de grano, tenga un impacto positivo sobre la cantidad total de biomasa producida, como también su valor nutricional. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia de la fertilización nitrogenada sobre el valor nutricional y la función digestiva cuando el forraje de trigo es cosechado en dos etapas fenológicas y ofrecido como una dieta basal a novillos Holstein.

MATERIALES Y METODOS

Localización

El presente estudio se realizó en la unidad de digestión y metabolismo de rumiantes del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, Ejido Nuevo León, Valle de Mexicali, B.C., México, con un clima desértico cálido BWh bajo la clasificación de Köppen. (INEGI, 1993).

Tratamientos, animales y alimentación

Para evaluar la influencia del nivel de fertilización nitrogenada y la edad de corte del forraje de trigo se utilizaron cuatro novillos Holstein (230 ± 13 kg de PV) habilitados en rumen con cánulas ensambladas de plástico flexible (Alvarez y Zinn, 1999) y tipo “T” en duodeno proximal (6 cm del esfínter pilórico). Los animales fueron distribuidos en un diseño Cuadrado Latino 4 x 4. Todos los animales recibieron heno de trigo (HT) cultivado con dos niveles de fertilización (30 ó 45 kg N/ton de trigo esperada) o cortado en dos etapas de desarrollo (Tierno, antes de emerger el primordio floral, o Maduro, cuando el grano alcanzó el estado lechoso masoso). Los tratamientos fueron: 1) HT tierno fertilizado con 30 kg de N (T30); 2) HT tierno fertilizado con 45 kg N (T45); 3) HT maduro con 30 kg N (M30); y 4) HT maduro con 45 kg de N (M45). Los animales se alojaron en corraletas de 7.6 m² equipadas con bebederos automáticos y comederos individuales. Previo al inicio del experimento los novillos se sometieron a un periodo de adaptación de 14 d. Cada novillo recibió diariamente 2.2% de su PV de heno de trigo (HT) en dos horarios (8:00 y 20:00 h). Para estimar el flujo y las características de la digestión en rumen, post-ruminal y total en los diferentes tratamientos se dosificó Oxido de Cromo como

marcador externo a una concentración de 0.30% del consumo diario de MS. Para todos los tratamientos el heno fue molido en un molino Azteca® (Lagos de Moreno Jal, CP 44970) a una longitud aproximada de 25 mm. En el Cuadro 5 se presenta la composición nutricional del heno de trigo ofrecido en los diferentes tratamientos.

Cuadro 5. Composición química del forraje de trigo henificado en diferente estado de madurez y con dos niveles de fertilización nitrogenada

Variables	Tratamientos			
	T30	T45	M30	M45
Materia seca	91.75	92.31	93.38	91.88
Ceniza	10.08	11.10	8.76	8.99
Fibra detergente neutro	59.75	45.69	57.58	50.01
Proteína cruda	4.64	18.83	5.82	21.09

*Tratamientos: **T30**, HT tierno con 30 kg de N; **T45**, HT tierno con 45 kg de N; **M30**, HT maduro con 30 kg de N; **M45**, HT maduro con 45 kg de N.

Muestreo

El experimento consistió de cuatro periodos de 14 d, donde los primeros 10 d fueron para adaptación a la dieta experimental y los cuatro restantes para recolección de muestras. Durante los cuatro días del periodo de muestreo no se alteró ninguna rutina en el manejo de los animales, estos se realizaron con los siguientes horarios: Día 1: 10:30 y 16:30; Día 2, 9:00 y 15:00; Día 3, 7:30 y 13:30; Día 4, 6:00 y 12:00 h. En cada muestreo se colectaron 500 mL de líquido duodenal y aproximadamente 200 g (base seca) de heces (Zinn *et al.*, 1980) y ambas alícuotas fueron almacenadas a -20 °C. Al finalizar cada periodo de colección, se descongelaron y mezclaron las ocho muestras de duodeno ó heces de cada novillo para obtener una alícuota de 10%. Las muestras diarias de alimento ofrecido, duodeno y heces fueron secadas en una estufa (Felisa, D.F., México) con aire forzado a 55 °C hasta peso constante y molidas en un molino de laboratorio (Thomas-Wiley, Philadelphia, PA, USA) hasta pasar una malla de 1.0 mm,. El análisis de cenizas (combustión a 600 °C) y nitrógeno (Kjeldhal) se realizó de acuerdo con los procedimientos de AOAC (2000). La fibra detergente neutro (FDN) fue cuantificada por el procedimiento de Van Soest *et al.* (1991). Purinas como marcador del N microbial en las

muestras de duodeno fue determinadas por el método de Zinn y Owens (1986) para calcular el nitrógeno bacteriano. En las muestras de alimento, duodeno y heces se estimó la concentración del marcador Oxido de Cromo mediante el procedimiento de Hill y Anderson (1958). El último día del muestreo, 4 h postalimentación, se tomó una muestra de líquido ruminal, para obtener el pH (OAKTON, Vernon Hills, IL, USA), posteriormente se conservó una alícuota de 80 mL de líquido ruminal a la cual se adicionaron 20 ml de ácido metafosfórico al 25% (peso/volumen) y se almacenó a -20 °C. Los ácidos grasos volátiles (AGV) se estimó con la técnica de cromatografía de gases de Hess *et al.* (2003), usando un cromatógrafo de gases (XL, Perkin Elmer Instruments; Shelton, CT) con detector de ionización por flama y columna capilar (Elite-FFAP, Perkin Elmer Instruments; 30 m longitud x 0.32 de diámetro interior x 0.25 µm de grosor de cobertura). Al finalizar el período de muestreo se realizó el vaciado del rumen para cuantificar el contenido total de líquidos, sólidos y FDN; con una aspiradora convencional seco líquido de 50.0 L, 4 h después de ofrecer el alimento por la mañana (Huhtanen y Khalili, 1991). Después de mezclar el contenido total extraído del rumen, se tomó un alícuota (1 kg) para determinar la proporción de fibra indigestible e inmediatamente se regresó todo el contenido al rumen. La totalidad del proceso de vaciado y reingreso del contenido al rumen se realizó en un periodo no mayor de 20 minutos para cada animal.

Mediante la estimación de purinas como marcador microbial se calculó la materia orgánica microbiana (MOM) y el N microbiano (NM) que llega a duodeno. La materia orgánica (MO) fermentada en rumen fue considerada igual a la MO consumida menos la diferencia entre la cantidad total de MO y MOM que llegan a duodeno. El N del alimento que escapa al intestino delgado fue considerado igual al N total que deja el abomaso menos el N amoniacal y NM, de tal manera que esto incluye cualquier contribución endógena. La base logarítmica de los valores de pH no enmascara su distribución normal, de tal manera que el modelo utilizado en el presente experimento explico el 95% de su variación.

Análisis estadísticos

El experimento se analizó como un diseño Cuadro Latino 4 x 4 empleando el procedimiento MIXED de SAS (SAS, 2006) donde el animal fue considerado un factor aleatorio dentro del

modelo.. Para estimar el efecto de los factores en estudio se utilizaron los contrastes: 1) Tierno vs Maduro, 2) 30 kg N/ha vs 45 kg N/ha. (Steel *et al.*, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 6 se observan las diferencias ($P < 0.05$) en el consumo de FDN y N. Debido a que el consumo de alimento fue restringido, la distinta composición de los HT ofrecidos durante el presente experimento fue quien determinó las diferencias, no un efecto real de los tratamientos. Por otro lado, antes que las posibles diferencias debido a la edad de la planta, conforme fue mayor el nivel de fertilización de N, disminuyó el total de FDN y se elevó la cantidad total de N consumido. En trabajos semejantes Miron *et al.* (2011) al utilizar 150 kg de N^{-1} ha reportaron un rango de 59 a 63% de FDN así como 7.5 a 8.5 % de PC. Estos autores emplearon 25 % menos N/ha, que el nivel de 30 kg N^{-1} ha utilizado en el presente estudio. Para todos los tratamientos el consumo de MS y FDN. Referente al contenido de PC en los tratamientos con 30 kg de N, los datos son similares a lo reportado por Phillips y Horn (2008) que al inicio y final obtuvieron contenidos de PC de 4.5 y 8.5% respectivamente y 64 % de FDN. Por su parte Belyea *et al.* (1978) reportan 46 y 58 % respectivamente de FDN en todo el ciclo de cultivo y en los estadios que concuerdan con los de este trabajo, el vegetativo tardío y lechoso-masoso estando en este intervalo todo los tratamientos. Similarmente el contenido de PC es de 8.5 y 22%, coincidiendo en estado vegetativo en el tratamiento de T45, y el lechoso-masoso con M30, mientras que Hastenpflug *et al.* (2011), en el segundo corte tuvo del 20 al 25 % de PC coincidiendo con los tratamiento de mayor dosis de fertilización del presente experimento. En respuesta a las discrepancias en las fracciones MO, FDN y N en el inicio del experimento, existen diferencias ($P < 0.01$) en MO, FDN y N en todos los tratamientos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Consumo total de forraje de trigo con niveles de nitrógeno por novillos Holstein, (g⁻¹ d)

Variable	Inclusión Nitrógeno, kg							
	Tierno ^ж		Maduro [§]		Contrastes [¥]			EE [†]
	30	45	30	45	T vs M	30 vs 45	T30 vs T45	
Materia seca	4426	4426	4426	4426	NS	NS	NS	0
Materia orgánica	4006 ^c	3967 ^d	4092 ^a	4072 ^b	***	***	***	0
Fibra detergente neutro	2390 ^a	1964 ^c	2387 ^b	1924 ^d	***	***	***	1.48 ⁻⁶
Nitrógeno	34.81 ^d	131.5 ^a	38.3 ^c	124.3 ^b	***	***	***	1.17 ⁻⁶

Ⓜ: T45: HT tierno con 45 kg de N, T30: HT tierno con 30 kg de N, §: M30: HT maduro con 45 kg de N, M45: HT maduro con 30 kg de N. ¥: T vs M: tierno vs maduro, 30 vs 45: 30 kg de N vs 45 kg de N, T30 vs T45: tierno con 30 kg de N vs tierno con 45 kg de N. †: error estándar., NS: No significativo ** (P <0.05), *** (P <0.01).

La madurez del forraje no tuvo influencia ($P > 0.05$) sobre el flujo total de nutrientes al duodeno, pero al consumir forraje de mas edad aumento ($P < 0.05$) el flujo hacia duodeno de la MO. Por su parte en los tratamientos con menor dosis de fertilización (30 kg N/ha) se observo un incremento ($P < 0.05$) en la salida de FDN hacia el duodeno. Por el contrario, al aumentar a 45 kg de N/ha el nivel de fertilización, se elevo ($P < 0.05$) también la cantidad de N fluyendo hacia duodeno. En los tratamientos con forraje tierno el NA registro un mayor ($P < 0.05$) flujo del abomaso hacia el tracto bajo. El nivel de fertilización ni el grado de madurez mostraron influencia ($P > 0.05$) sobre la salida de NM hacia el duodeno, pero el forraje en estado lechoso masoso con mayor nivel de fertilización nitrogenada (M45) sí registro un mayor flujo de NNA y NS hacia duodeno. En general en el flujo hacia duodeno al contrastar la edad del forraje (Tierno vs Maduro) existieron diferencias ($P < 0.05$) en FDN, N, NM, pero más significativas ($P < 0.01$) fueron las diferencias para MO, NA y NNA; en cambio para la dosis de fertilizacion no existieron diferencias en ninguna de las variable evaluadas. Al comparar ambos niveles de fertilización aplicados al forraje tierno (T30 vs T45), sólo se observaron diferencias ($P < 0.01$) en en el flujo hacia duodeno de la FDN y el N. En un estudio similar Mejía *et al.* (2011) reportó variaciones del del 69 a 76% en el flujo de MS del forraje de trigo en dos fases fenológicas, dentro de este intervalo M30 es superior a T30 y M45; para MO el forraje maduro fue también muy semejante a los tratamientos maduros de este trabajo. En cambio para FDN el trigo de 30 kg N de fertilización es comparable con el trigo de 45 días. Para el N los tratamientos que mejor se comportaron fueron los de 45 kg de N, y en que mostro mayor diferencia ($P < 0.05$) fue el tratamiento M30 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Flujo total de nutrientes en duodeno

Variable	kg de Nitrógeno				Contrastes [¥]			EE [†]
	Tierno [Ⓜ]		Maduro [§]		T vs M	30 vs 45	T30 vs T45	
	30	45	30	45				
Flujo a duodeno, % de ingestión								
Materia seca	2420	2459	2902	3129	***	0.776	0.483	132.1
Materia orgánica	1700 ^{ba}	1683 ^b	2253 ^a	2392 ^a	***	0.53	0.921	91.9
Fibra detergente neutro	911 ^a	382 ^b	1125 ^a	474 ^b	**	0.315	***	49.0
Nitrógeno	59 ^c	106 ^{ab}	71 ^{bc}	134 ^a	**	0.376	***	6.3
Nitrógeno amoniacal	13.1 ^a	14.4 ^a	3.9 ^b	4.4 ^b	***	0.623	0.250	0.7
Nitrógeno microbial	68.2	60.1	46.4	51.8	**	0.204	0.275	3.8
Nitrógeno no amoniacal	46 ^c	92 ^b	68 ^{bc}	130 ^a	***	0.323	0.852	5.8

Ⓜ: T45: HT tierno con 45 kg de N, T30: HT tierno con 30 kg de N, §: M30: HT maduro con 45 kg de N, M45: HT maduro con 30 kg de N. ¥: T vs M: tierno vs maduro, 30 vs 45: 30 kg de N vs 45 kg de N, T30 vs T45: tierno con 30 kg de N vs tierno con 45 kg de N. †: error estándar., NS: No significativo ** (P <0.05), *** (P <0.01).

En la digestión postruminal (Cuadro 4) no existieron cambios significativos en la MS, pero para MO la mayor digestión se observó en los tratamientos de forraje tierno ($P < 0.05$), mientras que para FDN, se observó mayor digestión en los tratamientos con 45 kg de N.

Sin embargo, para N el tratamiento T30 fue el que mayor digestión se observó. Para la síntesis microbiana no se observaron diferencias ($P > 0.05$) en MOM y EfM, sin embargo, únicamente cambio pero para la EfN fue para M30. En los contrastes ortogonales, T vs M se observaron diferencias ($P < 0.01$) en MO y N, mientras que para MS, FDN, MOM y EfN se observaron diferencias ($P < 0.05$), para 30 vs 45 en la única variable que fue diferente ($P < 0.05$) fue para N, en cambio para T30 vs T45 la diferencia ($P < 0.01$) fue para FDN y N, mientras que para EfN ($P < 0.05$).

Todos los tratamientos fueron iguales en la digestión de la MS. Sin embargo, para MO donde los forrajes tiernos tuvieron una digestión superior en 18 % en comparación con los maduros ($P < 0.01$), siendo estos resultados similares a los reportados por Mejía *et al.* (2011) con trigo de 45 d. Para el caso de FDN se encontró una diferencia ($P < 0.05$) en los tratamientos con diferentes dosis de fertilización por más de 20 % obteniendo resultados similares Mejía *et al.* (2011) en trigo de 45 d.

En el caso de N los forrajes tiernos son los que mayor digestión presentaron, siendo el T30 mejor comportamiento ($P < 0.01$), con el resto de los tratamientos, coincidiendo con este resultado Mejía *et al.* (2011) con trigo de 90 d; observó que un comportamiento similar en MOM. En la EfM no mostró diferencia alguna entre tratamientos. Sin embargo, la EfN se observó mejor respuesta en M30, seguido de T30 y por último los forrajes con 45 kg de N. La disponibilidad de N, no precisamente favorece la utilización del mismo, a cantidades menores de N la microbiota ruminal hace mejor uso de sus recursos disponibles como se muestra en el Cuadro 8.

En la digestión postruminal de MO en los forrajes tiernos tuvo una digestión 20 % más que los maduros los tratamientos tiernos y diferencia ($P < 0.01$), y para N, el T30 fue superior al resto de los tratamientos, ($P < 0.05$).

Cuadro 8. Digestión ruminal, síntesis microbiana y uso del nitrógeno

Variable	Inclusión Nitrógeno, kg				T vs M	Contrastes [¥]		EE [†]
	Tierno [Ⓜ]		Maduro [§]			30 vs 45	T30 vs T45	
	30	45	30	45				
Digestión postruminal y total %								
Materia seca	45.3	44.4	34.4	29.3	**	0.627	0.882	3.0
Materia orgánica	74.6 ^a	72.7 ^a	56.3 ^b	54.0 ^b	***	0.929	0.908	1.9
Fibra detergente neutro	61.9 ^b	80.5 ^a	52.9 ^b	75.4 ^a	**	0.483	***	2.2
Nitrógeno	164 ^a	75.9 ^b	43.8 ^b	37.2 ^b	***	**	***	11.4
Síntesis microbiana								
Materia orgánica microbiana	682	601	464	519	**	0.202	0.273	2.4
Eficiencia microbiana	22.9	20.9	20.3	23.7	0.952	0.259	0.535	1.7
Eficiencia nitrógeno	1.32 ^{ab}	0.7 ^b	1.77 ^a	1.045 ^b	**	0.686	**	0.2

Ⓜ: T45: HT tierno con 45 kg de N, T30: HT tierno con 30 kg de N, §: M30: HT maduro con 45 kg de N, M45: HT maduro con 30 kg de N. ¥: T vs M: tierno vs maduro, 30 vs 45: 30 kg de N vs 45 kg de N, T30 vs T45: tierno con 30 kg de N vs tierno con 45 kg de N. †: error estándar., NS: No significativo ** (P <0.05), *** (P <0.01).

Para la digestión total de MS y MO se encontraron diferencias ($P < 0.01$) entre los tratamientos tiernos y maduros, con mayor digestibilidad el T45, en trabajos similares, Miron *et al.* (2011) obtuvo resultados semejantes a los tratamientos de forraje tierno de MS variando la digestibilidad aparente del 65 al 70% en todos sus tratamientos. Para MO Andersen y Horn (1987); Choat *et al.* (2003) reportaron entre 77 - 82% similares a los forrajes tiernos, mientras que Givens *et al.* (2011) observan digestibilidades de MS y MO 65% siendo estas entre los tratamientos tiernos y maduros. Sin embargo, Adesogan *et al.* (1998) y Chabot *et al.* (2008) con forraje de trigo entero ensilado reporto digestibilidades *in vitro* inferiores en los tratamientos testigo promediando 56.8%, coincidiendo estos con los forrajes de trigo maduro. Para FDN los resultados siguen siendo consistentes con MS y MO, para N también coinciden con los de T45. Hastenpflug *et al.* (2011) reportaron la digestibilidad *in vitro* de la MO similar a T45. Choat *et al.* (2003) tuvo una digestibilidad de forraje de trigo irrigado en las fracciones MO, FDN y N semejantes a T45.

Cuadro 9. Digestión postruminal y total de nutrientes.

Variable	Inclusión Nitrógeno, kg							EE [†]
	Tierno [Ⓜ]		Maduro [§]					
	30	45	30	45	T vs M	30 vs 45	T30 vs T45	
Digestión postruminal %								
Materia orgánica	43.7 ^{ab}	49.2 ^a	20.7 ^c	28.8 ^{bc}	***	0.729	0.338	5.3
Nitrógeno	77.3 ^a	70.1 ^{ab}	65.1 ^{ab}	59.6 ^b	**	0.793	0.161	2.9
Digestión total %								
Materia seca	74.1 ^a	76.5 ^a	54.6 ^b	55.7 ^b	***	0.778	0.483	2.6
Materia orgánica	76.1 ^a	78.5 ^a	56.5 ^b	58.2 ^b	***	0.883	0.487	2.6
Fibra detergente neutro	70.5 ^{ab}	81.7 ^a	45.0 ^c	60.4 ^b	***	0.412	0.017	3.1
Nitrógeno	61.8 ^b	76.0 ^a	37.9 ^c	56.4 ^b	***	0.430	***	2.3

Ⓜ: T45: HT tierno con 45 kg de N, T30: HT tierno con 30 kg de N, §: M30: HT maduro con 45 kg de N, M45: HT maduro con 30 kg de N. ¥: T vs M: tierno vs maduro, 30 vs 45: 30 kg de N vs 45 kg de N, T30 vs T45: tierno con 30 kg de N vs tierno con 45 kg de N. †: error estándar., NS: No significativo ** (P < 0.05), *** (P < 0.01).

En cuanto a los ácidos grasos volátiles (Cuadro 10) no se mostraron diferencias ($P > 0.05$). Sin embargo, en la concentración de ácido acético fue superior 5.85 % que lo reportado por Mejía *et al.* (2011) y 16 % en lo reportado por (Andersen y Horn, 1987; Redmon., *et al.* 2003 Chabot *et al.*, 2008). Para el ácido propiónico coincide con Choat *et al.* (2003); Redmon., *et al.* (2003); Chabot *et al.* (2008); Mejía *et al.* (2011) con un 5% más que este trabajo. Derivado del aumento del ácido acético se observó una disminución en el ácido butírico, siendo este inferior en 4% con lo reportado por Mejía *et al.* (2011); y entre 6 – 8 % inferior a lo reportado por Andersen y Horn, 1987; Choat *et al.* (2003); Chabot *et al.*, (2008). Para el pH existieron diferencias ($P < 0.05$) y coincide con lo reportado por Chabot *et al.* (2008) y siendo similar a lo reportado Choat *et al.* (2003); Redmon *et al.* (2003); Mejía *et al.* (2011) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Características de la fermentación ruminal

Variable	kg de Nitrógeno				Contrastes			EE [†]
	Tierno [✱]		Maduro [§]					
	30	45	30	45	T vs M	30 vs 45	T30 vs T45	
Ácidos grasos volátiles								
Acético	77.6	78.7	78.6	79.6	0.127	0.916	0.183	0.7
Propiónico	16.0	15.7	15.2	14.2	0.041	0.498	0.576	0.6
Butírico	6.3	5.6	6.2	6.2	0.219	0.058	0.017	0.3
pH	6.1	6.3	6.4	6.4	0.304	0.512	0.285	0.1

✱: T45: HT tierno con 45 kg de N, T30: HT tierno con 30 kg de N, §: M30: HT maduro con 45 kg de N, M45: HT maduro con 30 kg de N. ¥: T vs M: tierno vs maduro, 30 vs 45: 30 kg de N vs 45 kg de N, T30 vs T45: tierno con 30 kg de N vs tierno con 45 kg de N. †: error estándar., NS: No significativo ** ($P < 0.05$), *** ($P < 0.01$).

CONCLUSIONES

La mayor fertilización con N elevó la digestibilidad del N y la FDN; sin embargo la influencia de la etapa de corte sobre la digestibilidad de las fracciones nitrogenada y fibrosa fue más consistente que los cambios provocados por el incremento en la fertilización nitrogenada. El incremento en la fertilización nitrogenada aunque presentó un mayor impacto en las fracciones N y FDN, finalmente estas diferencias desaparecieron al observar los valores de digestión total de la MS y la MO, esta misma tendencia se observó en la eficiencia microbiana.

BIBLIOGRAFIA

- Adesogan, A. T., E. Owens and D. I. Givens. 1998. The chemical composition, digestibility and energy value of fermented and urea-treated whole crop wheat harvested three stages of maturity. *Grass and Forage Sci.* 53: 66-75
- Andersen M. A. and G. W. Horn 1987. Effect of lasalocid on weight gains, ruminal fermentation and forage intake of stoker cattle grazing Winter wheat pasture. *J. Anim. Sci.* 65: 865-871.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis (17th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA. 2200 p.
- AMSDA, 2006. Plan rector del sistema producto del trigo. www.amsda.com.mx/PREstatales/Estatales/BC/PREtrigo.pdf / (consultado: octubre, 2011).
- Belyea R. L., F. A. Martz, R. E. Ricketts, R. R. Ruehlw and R. C. Bennett 1978. *In vitro* dry matter digestibility, detergent fiber, protein and mineral content of wheat forage as a dairy cattle feed. *J. Anim. Sci.* 46 (4): 873-877.
- Borghi, B. 1999. Nitrogen As Determinant of Wheat growth and yield. Wheat ecology and physiology of yield determination. Satorre E.H. y Slarre G A. editors. 503 p.
- CCBRES, 2007; www.ccbres.sdsu.edu/publications/bulletins/pdf/2007_bulletins/8.1-2.pdf . / (Consultado: Septiembre, 2011).

- Choat, W.T., C.R. Krehbiel, G.C. Duff, R.E. Kirksey, L.M. Lauriault, J.D. Rivera, B.M. Capitan, D.A. Walker, G.B. Donart, and C.L. Goad 2003. Influence of grazing dormant native range or winter wheat pasture on subsequent finishing cattle performance, carcass characteristics, and ruminal metabolism. J. Anim. Sci. 81:3191-3201.
- Epplin F. M., E. G. jr. Krenzer and Horn G. 2001. Net return from dual-purpose wheat and grain-only wheat. J of ASFMRA. Pg 8-14. www.asfmra.org / (Consultado, Agosto, 2011).
- Ferraris, G. 2008. Fertilización Nitrogenada de Trigo y Otros Cereales de Invierno. Criterios de Manejo para Incrementar su Eficiencia. <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Nitrogenada%20Trigo%20Cereales%20Invierno.asp/> (Consultado: Mayo, 2011).
- Halvorson A. D., M.M. Alley y L.S. Murphy 1987. Nutrient requirements and fertilizer use. Wheat and wheat improvement. Heyne E. G. editor. second edition. 765p.
- Hastenpflug M., J.A. Braidá, T.N. Martín, M.F. Ziech, C.C. Simionatto y D. S. Castagnino. 2011. Cultivares de trigo duplo proposito submetidos ao manejo nitrogenado e a regimes de corte. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 63 (1): 196-202.
- Hess, H. D., L. M. Monsalve, C.E. Lascano, J. E. Carulla, T. E. Díaz and M. Kreuzer 2003. Supplementation of a tropical grass diet with forage legumes and *Sapindus saponaria* fruits: effect on in vitro ruminal nitrogen turnover and methanogenesis. Aust. J. Agric. Res. 54:703-717.
- Hill, F. N., and D. L. Anderson. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. J. Nutr. 64: 587-603.
- Huhtanen, P., and H. Khalili. 1991. Sucrose supplements in cattle given grass silage-based diet. Animal Feed Sci. Technol. 33: 275-287.
- INEGI, 1993. Cuaderno estadístico del municipio de Mexicali, Baja California. Pág. 121.

- Mader T. L. y G. W. Horn 1986. Low-quality roughages for steers grazing wheat pasture. II effect of wheat forage intake and utilization. J. Anim. Sci. 62:1113-1119.
- Mejía D. M. A., A. E. Álvarez G., J. M. Pinos R., M. J. Ponce F., A. Plascencia J., L. F. Escoboza G., J. Rodríguez G. 2011. Digestión del heno de trigo en comparación con la de la alfalfa y ballico en novillos Holstein. Agrociencia 45(1):13 -21.
- Miron J., E. Yosef, M. Nikbachat, A. Zenou, E. Zuckerman, R. Solomon and A. Nadler 2011. Fresh dairy manure as a substitute for chemical fertilization in growing wheat forage; effects on soil properties, forage yield and composition, weed contamination, and hay intake and digestibility by sheep. Anim. Feed Sci. Technol. 168:179-187
- OEIDRUS, 2010. Estudio estadístico-documental sobre variedades, grupos y calidad del trigo en el valle de Mexicali. www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Produccion/Primaria/Variiedad.pdf / (consultado: Agosto, 2011).
- Pinchak, W. E., S. P. Worrall, L. J. Caldwell, N. J. Hunt, Worrall, and M. Conopy. 1996. interrelationships of forage and steer growth dynamics on wheat pasture. J. Range Manage. 49: 126-130.
- Rayburn E. B. 1995. Small grains as forage crops. West Virginia, extension service, forage management.
- SAGARPA, SIAP. 2010. Secretaria de agricultura, ganaderia, desarrollo rural, pesca y alimentación; servicio de información agroalimentaria y pesquera <http://www.siap.gob.mx/> (consultado: Mayo, 2011)
- SAS, 2006. for mixed models, second edition Institute.SAS Inst., Cary, NC. USA.
- Shroyer, R. j., 1993. Wheat pasture in Kansas. Coopertative extension Service Kansas State University Manhattan.
- Steel, R.G.D., J. H. Torrie and D.A. Dickey 1997. Principles and Procedures in Statistics a biometrical approach. McGraw-Hill Companies Inc. 672 p.
- van Keulen and N.G. Seligman.1987. Simulation of water use, nitrogen nutrition and growth of a spring wheat crop. Ed. Pudoc Wageningen. 310 p

- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Zinn, R. A., C.P. Bull, R. W. Hemken, F. S. Button, C. Enlow, and R. W. Tucker. 1980. Apparatus for measuring and subsampling digesta in ruminants equipped with reentrant intestinal cannulas. *J. Anim. Sci.* 51: 193-201.
- Zinn, R. A., and F. N. Owens. 1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. *Can. J. Anim. Sci.* 66: 157-166.