

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRICOLAS



Efecto de la suplementación de sarsaponina sobre la función digestiva en bovinos de engorda alimentados con dietas altas en granos secos de destilería.

TESIS

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

PRESENTA:

I.A.Z. EDGAR VALENCIA FRANCO

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Martín Francisco Montaña Gómez

CO-DIRECTOR DE TESIS

Dr. Jaime Salinas Chavira

Asesores

Dr. Enrique Gilberto Álvarez Almora

Dr. Víctor Manuel González Vizcarra

M.C. Olga Maritza Manríquez Núñez

MEXICALI, B. C., MÉXICO

ABRIL DE 2011

Efecto de la suplementación de sarsaponina sobre la función digestiva en bovinos de engorda alimentados con dietas altas en granos secos de destilería. Tesis presentada por **Edgar Valencia Franco**. Esta Tesis fue revisada bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de: Maestro en Ciencias en Sistemas de Producción Animal. Ejido Nuevo León, Mexicali, B.C. Abril de 2011.

Dr. Martín Francisco Montaña Gómez
Director de Tesis

Dr. Jaime Salinas Chavira
Co-Director de Tesis

Dr. Enrique Gilberto Álvarez Almora
Asesor

Dr. Víctor Manuel González Vizcarra
Asesor

M.C. Olga Maritza Manríquez Núñez
Asesor

Mexicali, B.C. Abril de 2011.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento otorgado para realizar mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma de Baja California, en especial al Instituto de Ciencias Agrícolas y al Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias por la confianza otorgada durante mi formación.

A cada uno de los profesores que compartió su experiencia y conocimientos de manera desinteresada.

Al personal administrativo y a todos aquellos que me brindaron su amistad.

A mi director de tesis Dr. Martín F. Montaña Gómez por su amistad brindada permitiéndome formar parte de su equipo de trabajo.

A los miembros del jurado por sus acertados consejos y sugerencias.

Gracias a todos.

DEDICATORIAS

A Dios:

Que hace posible todo esto.

A mis padres Lucina y Arturo:

Por apoyarme a seguir adelante y estar siempre presentes en los momentos malos y menos malos, además, de ser la fuente de inspiración y motivación para superarme cada día más.

A mis hermanos Arturo y Ana Patricia:

Por su compañía y apoyo incondicional en cada decisión.

A los miembros más jóvenes de la familia mis sobrinos Ángel y Sofía los quiero mucho.

A mis amigos:

Que estuvieron, que están y continúan a mi lado, con los que he compartido tantas aventuras, experiencias y desveladas, gracias por su amistad, confianza y lealtad.

A Maricela Ruiz por ser una compañera más allá de las aulas de clase.

CONTENIDO

	Página
CARTA DEL COMITÉ	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS	iv
LISTA DE FIGURAS Y TABLAS	vii
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	1
HIPÓTESIS	4
OBJETIVO.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
Características de la sarsaponina	6
Efecto de Sarsaponina en dietas de finalización para bovinos	7
Efecto de hidratado en pruebas de comportamiento productivo	8
Efecto de hidratdo sobre la calidad de la canal	9
Escribir el título del capítulo (nivel 1).....	4
Efecto de hidratado en pruebas de metabolismo digestivo.....	10
Características de los granos secos de destilería con solubles (GSDS).....	10

Calidad y valor nutritivo de los GSDS	9
Calidad y valor nutritivo de los GSDS	13
Utilización de GSDS en Dietas de Finalización para Bovinos	15
MATERIALES Y MÉTODOS	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
CONCLUSIONES	28
LITERATURA CITADA	29

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

	Página
Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de molienda seca del maíz para la producción de etanol	13
Tabla 1. Composición nutricional de GSDS y granos utilizados en dietas de engorda	14
Tabla 2. Composición de la dieta basal experimental	21
Tabla 3. Influencia del nivel de sarsaponina sobre las características de digestión en rumen y tracto total	23
Tabla 4. Influencia del nivel de sarsaponina sobre ph ruminal y proporciones molares de AGV	26

RESUMEN

Se distribuyeron seis novillos Holstein (132 ± 3 kg) con cánulas en rumen y duodeno en un diseño Cuadrado Latino 3×3 replicado para evaluar el efecto de suplementación de sarsaponina en una dieta de finalización con 40% de granos de destilería secos con solubles (GSDS) sobre las características de digestión y función ruminal. La dieta basal contenía (BMS) maíz amarillo hojueado al vapor (39%), heno de sudán (12%), melaza (5.4%), grasa amarilla (2.8%), urea (0.4%) y minerales (0.4%). Los tratamientos consistieron en una dosis diaria de SarStart DSC® (SarTec Corporation, Anoka M.N., USA) ofrecida mediante la dieta. Los tratamientos fueron los siguientes: 1) 0 g/d de SarStart DSC; 2) 2 g/d de SarStart DSC y 3) 4 g/d de SarStart DSC. Se observó mayor digestión ruminal de almidón (79.6 vs 82.1%; $P < 0.05$), así como de su cantidad llegando a duodeno (160 vs 125 g/d: $P < 0.05$), en T2 comparado con T3. No se presentó efecto aditivo en respuesta al aumento de la dosis de sarsaponina. No se observó efecto de tratamientos sobre la digestibilidad ruminal, postruminal o total de los componentes nitrogenados de las dietas, o eficiencia microbiana ($P > 0.05$). Los tratamientos no afectaron ($P > 0.05$) los AGV totales, o en su composición, ni el pH ruminal. Se concluyó que las dosis de *Yucca Schidigera* utilizada en este experimento no altera significativamente la eficiencia digestiva de los componentes de dietas de finalizado para bovinos altas en granos secos de destilería con solubles.

Palabras clave: granos de destilería, sarsaponina, novillos, digestión.

ABSTRACT

Six Holstein steers (132 ± 3 kg) with cannulas in rumen and duodenum were distributed in a 3 x 3 replicated Latin square design to evaluate the effect of supplementation of sarsaponin on a finishing diet with 40% of dried distillery grains plus soluble (DDGS) on the characteristics of digestion and rumen function. The basal diet contained (DMB) steam flaked yellow maize (39%), Sudan hay (12%), molasses (5.4%), yellow grease (2.8%), urea (0.4%) and minerals (0.4%). Treatments were a daily dose of SarStart DSC® (SarTec Corporation, at Anoka MN, USA) offered in the diet. Treatments were as follows: 1) 0 g/d of SarStart DSC; 2) 2 g/d of SarStart DSC and 3) 4 g/d of SarStart DSC. Ruminal starch digestion was greater (79.6 vs 82.1%; $P < 0.05$), as well as its amount reaching duodenum (160 vs. 125 g/d; $P < 0.05$), in T2 compared to T3. There was no additive effect in response to the increase in the sarsaponin dose. It was not observed effect of treatment on ruminal, post-ruminal or total digestibility of the nitrogen components of diets, or microbial efficiency ($P > 0.05$). The treatments did not affect ($P > 0.05$) total AGV, or its composition, or ruminal pH. It was concluded that the doses from *Yucca Schidigera* used in this experiment did not significantly alter the digestive efficiency of the components of finishing diets with high levels of dried distillery grains plus soluble in cattle.

Keywords: Distillery grains, sarsaponin, steers, digestion.

INTRODUCCIÓN

La suplementación de sustancias como antibióticos y otros productos naturales como aditivos en las dietas ofrecidas en los corrales de engorda para manipular el ecosistema ruminal a fin de disminuir la presencia de problemas digestivos, optimizando la digestibilidad y utilización de nutrientes es cada día más común (Van Nevel y Demeyer, 1988; Yang et al., 2010). Uno de los principales productos naturales que se han utilizado es el extracto de *Yucca Schidigera*, el cual se considera la principal fuente natural de sarsaponina (Cheeke, 2000). Entre otras ventajas, se ha encontrado que la sarsaponina aumenta la proporción de ácido propiónico (Grobner et al., 1982) y promueve la digestión de materia orgánica (Goetsch y Owens, 1985); sin embargo, autores como Hristov et al. (1999) y Wu et al. (1994) no reportan ningún cambio al adicionar la sarsaponina en la dieta de vaquillas. Además la sarsaponina es comúnmente utilizado por su característica surfactante para hidratar cereales (Zinn et al., 1998), su aplicación ha mejorado la respuesta animal en experimentos con dietas en base a maíz (Zinn et al., 1998) y cebada (Wang et al., 2003), aunque los resultados con sorgo no han sido significativos (Zinn et al., 2008). Otro de sus principales efectos está relacionado con el aumento (Ellenberg et al., 1985) o disminución (Goetsch et al., 1985; Wallace et al., 1994) en la degradación del N en rumen. En un estudio realizado *in vitro* por Cardozo et al. (2005), observaron que la suplementación de sarsaponina incrementó la concentración total de ácidos grasos volátiles, disminuyendo al mismo tiempo la tasa acetato:propionato y los niveles de N amoniacal, especialmente a pH de 5.5, lo cual sugiere potenciales ventajas en cuanto a la eficiencia de dietas de finalización.

Actualmente los granos secos de destilería con solubles (GSDS) tienen un repunte importante como consecuencia del crecimiento de la industria del etanol como combustible (Uwituze et al., 2010). Poseen elevada calidad alimenticia (Akeyezu, 2001; Schingoethe, 2001), por su alto aporte de proteína (>30%), de la cual el 52% es no degradable en rumen y 10% de grasa (NRC, 2000), debido a que la mayoría del almidón ha sido retirado, posee niveles altos de FND, lo que le proporciona la condición de ser una fuente de fibra no forrajera de alta digestibilidad (Ham et al., 1994). Estas ventajas han propiciado su utilización cada vez mayor en las raciones para bovinos en corral (Firkins et al., 1985). De la creciente sustitución de GSDS en lugar de los cereales o forrajes (May et al., 2010), que tradicionalmente formaban parte de la dieta, ha originado un número importante de estudios relacionados con su porcentaje de inclusión en la dieta y su impacto sobre la digestibilidad de otros componentes de la dieta (Corrigan et al., 2009; May et al., 2009). Respuestas positivas sobre el consumo de materia seca, materia orgánica, almidón y fibra detergente neutro han sido observadas al incluir GSDS en niveles de hasta 25% en dietas de finalización (May et al., 2010). Larson et al. (1993) observaron una disminución lineal del consumo de materia seca en respuesta a la inclusión de 0, 5.2, 12.6 o 40% de granos de destilería, observando también un incremento lineal en la eficiencia de la dieta, lo cual podría deberse en parte a una disminución de la acidosis subaguda (Firkins et al., 1980). Por su parte, Corrigan et al. (2009) reportaron que la inclusión de 40% de granos de destilería en dietas para bovinos en base a maíz roado en seco, provocó una disminución en los valores ruminales de pH, en comparación con los animales alimentados con dietas sin granos de destilería. Al mismo tiempo, May et al. (2010) reportaron que la

suplementación de 25% GSDS disminuyó la concentración ruminal de total de AGV, así como la de acetato y propionato.

Los estudios de producción con el uso de las sarsaponinas como aditivo en dietas altas en granos secos de destilería con solubles (GSDS) son muy escasos. En un estudio realizado *in vitro* por Cardozo et al. (2004), mediante el cual probaron el efecto de seis extractos de plantas naturales sobre la eficiencia de la dieta, observaron efectos positivos sobre la fermentación ruminal, aunque los microbios ruminales se adaptaron a los extractos en un período de seis días, por lo que se deberá ser cuidadoso en cuanto a la interpretación de los resultados. Debido a que en respuesta a la inclusión de 60% o más de GSDS en la dieta total se han observado efectos negativos, tales como una disminución del consumo de materia orgánica y en la digestión ruminal (Leupp et al. 2009), nuestro objetivo fue determinar el posible efecto de la suplementación de sarsaponina como aditivo en dietas con 40% de GSDS en una prueba de metabolismo digestivo sobre las variables que contribuyan a incrementar la eficiencia de la dieta.

HIPÓTESIS

La suplementación de sarsaponina incrementa la eficiencia de la digestión en dietas de finalización para bovinos de engorda que contienen 40% de GSDS.

OBJETIVO

Evaluar la suplementación de sarsaponina, extraída de *Yucca schidigera* en dietas de finalización altas en GSDS sobre las características de digestión de bovinos de engorda en corral.

REVISIÓN DE LITERATURA

Características de la Sarsaponina.- La sarsaponina es un surfactante natural (Zinn et al., 1998) que se encuentra en una amplia variedad de plantas (Cheeke, 2000), entre ellas, en el extracto de la planta *Yucca schidigera* (Mader and Brumm, 1987, Hristov et al., 1999), la cual es originaria de México. Esta posee un núcleo esteroide y uno o más sitios de carbohidratos hidrosolubles en su cadena, por lo que su actividad surfactante es el resultado de la capacidad tanto liposoluble como hidrosoluble de su molécula (Cheeke, 2000). Este mismo autor menciona que aunque el extracto de *Yucca schidigera* tradicionalmente ha sido utilizado como aditivo para la disminución del amoníaco y de olores fecales, y posee una importante actividad antiprotozoaria. Debido a su capacidad membranolítica, reacciona con el colesterol que se encuentra en la membrana celular de los protozoarios, causando su lisis. Además, posee propiedades antibacterianas, por lo que pudiera modificar los procesos de fermentación ruminal mediante la disminución tanto del conteo de los protozoarios como de bacterias. La saponina posee capacidad inhibitoria sobre bacterias Gram positivas, además de contar con propiedades antimicóticas. Al mismo tiempo, se ha observado capacidad contra protozoarios patógenos, especialmente del género *Giardia* (Cheeke, 2000).

Acorde con Hristov et al. (2007) los procesos a los que son sometidos los granos de cereal como absorción de agua, incremento de temperatura y alteración de la estructura de su corteza, podrían activar el metabolismo enzimático de los

tejidos embrionarios del grano, lo cual daría como resultado la conversión del almidón a azúcares solubles. La Sarsaponina podría estimular estos procesos tanto por su acción como agente humectante, reduciendo la tensión superficial e incrementando la penetración de agua, así como su papel de agente bioactivo, estimulando procesos enzimáticos en el grano. En la actualidad, la sarsaponina es el principal componente activo del surfactante usado para hidratar cereales (Zinn et al., 1998).

Efecto de Sarsaponina en dietas de finalización para bovinos.- El hidratado de los granos se refiere al ablandamiento de la corteza del grano, lo cual ocurre después de un incremento de 4 a 8% de humedad. Los agentes surfactantes o humectantes usualmente son adheridos al agua durante el proceso de hidratado con la finalidad de acelerar la captación de humedad por parte del grano. Su principal objetivo es el de disminuir los costos de energía y reducir el número de partículas finas producidas durante el procesamiento de la dieta. Al mismo tiempo, se busca incrementar el grado de digestibilidad de granos como el maíz (Zinn et al., 1998). El hidratado del grano de maíz antes del rolado podría incrementar la respuesta del animal en crecimiento y el valor de la energía neta de la dieta. La mejora en la respuesta del comportamiento productivo puede darse como resultado de una disminución del número de partículas finas producidas durante el procesamiento, dando como resultado un incremento en la tasa de crecimiento. Al incrementarse la concentración de surfactante en la dieta (0, 43, 172 o 430 mg/kg de maíz), podría incrementarse tanto la eficiencia microbial en rumen como el desarrollo corporal (Zinn et al., 1998).

Zinn et al. (1998) al estar trabajando con surfactante a tres concentraciones (43, 172 y 430 mg/kg de grano de maíz) en dietas de finalización para bovinos, observaron que el contenido de humedad fue 3.5 unidades porcentuales mayor que el grano de maíz rolado. Este incremento correspondió a la cantidad de agua que se agregó al maíz durante el hidratado (3.8 g de agua/100 g de maíz). Al mismo tiempo, observaron que niveles de surfactante mayores a 43 mg/kg no incrementaron el contenido de humedad ($P > .10$). Comparado contra grano de maíz rolado en seco, el hidratado redujo en un 54% ($P < .01$) la cantidad de partículas con diámetro menor a 2 mm.

Efecto de hidratado en pruebas de comportamiento productivo.- Zinn et al. (1998) al estar trabajando con surfactante a tres concentraciones (43, 172 y 430 mg/kg de grano de maíz) no observaron efecto de los tratamientos sobre el comportamiento productivo. Comparado contra grano de maíz rolado en seco, el hidratado incrementó 9% ($P < .10$) la ganancia diaria de peso, la eficiencia de la dieta en 5% y la EN en 3%. Al mismo tiempo, Rush et al (1993) observaron que el hidratado de maíz antes del rolado incrementó 10% la ganancia diaria y la eficiencia de la dieta en un 10%. En estudios previos (Zinn, 1988), no se observó influencia del hidratado de maíz sobre la ganancia diaria de peso, observándose al mismo tiempo un incremento del 4% en la EN de la dieta. Incrementos del 5% en el valor de la ENm del grano de maíz en respuesta al hidratado fueron observados en estudios posteriores (Zinn et al., 1998).

Además Zinn et al. (2008) al usar 75% de sorgo rolado en seco contra sorgo hojueado a vapor a cuatro niveles (0, 0.275, 1.375, 2.750 mg/kg) no encontraron diferencias en la ganancia diaria de peso ENm y ENg de la dieta, la eficiencia ni la GDP en novillos añeros cruzados, el hidratado no afectó la tasa de crecimiento ($P > 0.20$).

Efecto de hidratado sobre la calidad de la canal.- Zinn et al. (1998) no observaron influencia ($P > .10$) de nivel de surfactante sobre el peso de la canal. Al mismo tiempo, observaron un incremento del 3% del peso de la canal al compararlo contra grano de maíz rolado en seco. El área del músculo *Longissimus* incrementó linealmente a medida que incrementó la concentración del surfactante. Al mismo tiempo, se observó un ligero incremento 4%, al compararlo contra grano de maíz rolado a vapor. La grasa de cobertura fue mayor (27%,) para el grano rolado en seco en comparación con el hidratado, no existiendo diferencia cuando se comparó contra grano de maíz rolado a vapor. No se observó efecto de los tratamientos sobre grasa renal, pélvica o cardíaca (KPH) o grado de marmoleo.

Zinn et al. (2008) no observaron efecto de los tratamientos sobre peso seco de la canal grasa renal, pélvica y cardíaca, área del músculo *Longissimus*, marmoleo ($P = 0.50$), o rendimiento ($P = 0.29$). De cualquier manera, el nivel de inclusión (0, 0.275, 1.375, 2.750 mg/kg) tendió a afectar la grasa de cobertura y abscesos hepáticos (componente lineal, $P < 0.10$).

Efecto de hidratado en pruebas de metabolismo digestivo.- Zinn et al. (1998) al estar comparando diferentes niveles de surfactante (43, 172 y 430 mg/kg de maíz) contra maíz rolado en seco y rolado a vapor, no observaron efecto de los tratamientos ($P > .10$) sobre la digestión ruminal y total de MO, N y almidón, lo cual es consistente con resultados reportados con anterioridad (Zinn, 1988). Al mismo tiempo, la ED no fue afectada por los tratamientos. Aunque la concentración de surfactante no afectó ($P > .10$) la digestión ruminal de N y almidón, la digestión ruminal de MO disminuyó linealmente ($P < .05$). Como resultado al incremento de la concentración de surfactante la eficiencia microbial en rumen, la cual es debida a un mayor flujo de N microbial al intestino delgado, se han observado tanto incrementos lineales Zinn et al. (1998) como cuadráticos (Zinn et al., 2008). Incrementos en la eficiencia microbial en rumen en respuesta a sarsaponina, han sido reportados en animales alimentados con dietas de finalización (Zinn et al., 1983; Zinn, 1988), lo cual pudiera deberse a la presencia de sarsaponinas como agentes hidratantes (Zinn et al., 2008). En estudios posteriores no se observaron efectos sobre la digestión ruminal de N ni sobre la digestión ruminal de FND (Zinn et al., 2008).

Características de los granos secos de destilería con solubles (GSDS).- La Association of American Feed Control Officials (AAFCO) define los GSDS como “El producto obtenido después de remover el alcohol etílico por medio de destilación de la fermentación de grano o de una mezcla de granos con levaduras, condensando y deshidratando al menos tres cuartas partes de los sólidos de todo el destilado

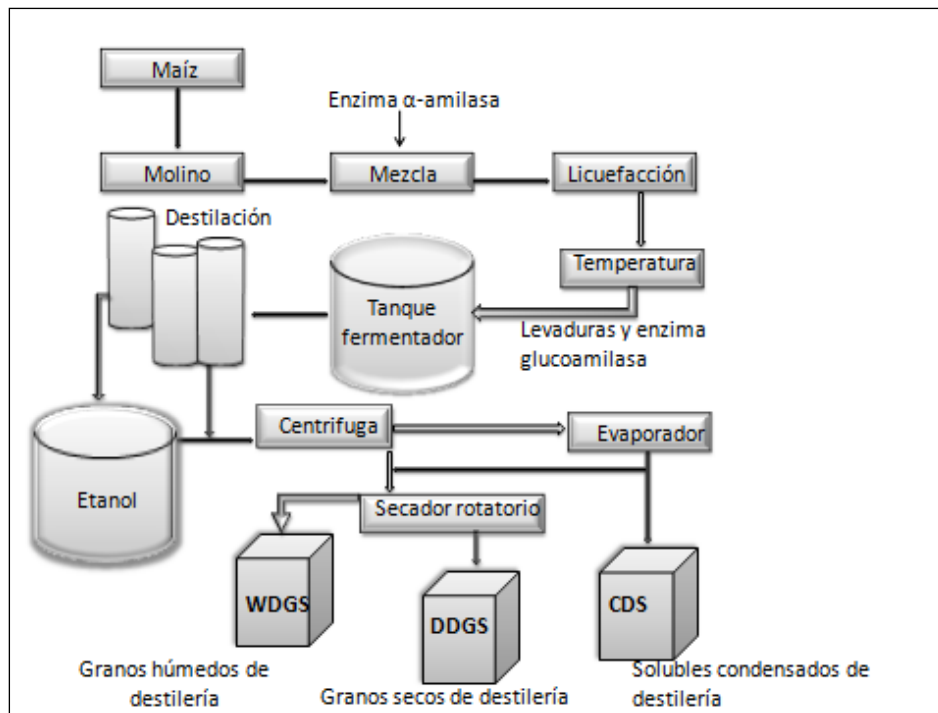
resultante a través de métodos de destilación empleados en la industria de la destilería de granos.”

Este proceso implica remover el almidón del maíz que constituye alrededor de dos tercios del grano, los nutrientes restantes sin fermentar fibra, proteína y grasa se concentran en los GSDS hasta tres veces, con respecto a su valor inicial. Klopfenstein et al., (2008) señalan que esta característica en los GSDS han hecho que se hayan incorporado con éxito en la alimentación de ganado, en especial en dietas de finalización para bovinos. Las ventajas que presentan estos subproductos para su uso son su facilidad de manejo, transporte y calidad (Akeyezu et al., 1998; Schingoethe, 2001).

Los granos secos de destilería con solubles (GSDS), han sido tradicionalmente el principal subproducto de la fabricación de cervezas, teniendo actualmente un repunte importante como consecuencia del crecimiento de la industria del etanol como combustible (Uwituze et al., 2010). Como resultado de la búsqueda de promover la utilización de energías renovables, la industria del etanol se ha extendido rápidamente, (Klopfenstein et al., 2008). Esta industria utiliza principalmente maíz como materia prima, de la cual del cual extrae el almidón que posteriormente se convierte en azúcar y luego se fermenta para producir etanol y CO₂, obteniéndose de este proceso diversos subproductos (Erickson et al., 2008). Estados Unidos de Norteamérica se ubica como el principal productor a nivel mundial, en 2008 la Renewable Fuels Association (2009), reportó la producción de 23 millones de toneladas métricas de granos de destilería

La producción del etanol se basa en dos procesos principales: molienda seca y molienda húmeda, obteniéndose de cada uno de ellos diferentes subproductos (Erickson, 2005; Vander Pol et al., 2005). El grano seco de destilería GSDS (DDGS, por sus siglas en ingles), el grano húmedo de destilería, GHD (WDG) y los solubles condensados de destilería SCD (CDS), son los subproductos que se obtiene del proceso de molienda seca. Klopfenstein (2008), Stock et al. (2000), y Erickson (2005) describen su obtención el cual inicia (Figura 1) cuando el grano de maíz entero es cernido y luego molido a harina de tamaño de partícula de media a gruesa en un molino de martillo. La harina resultante se combina con agua para formar una pasta, la que es cocida y esterilizada para matar las bacterias no deseables. Una vez enfriada, se agregan levaduras que convierten la glucosa a etanol y dióxido de carbono. El etanol entonces se extrae en el proceso de destilación y el agua remanente y los sólidos se recogen como “vinaza”. Este último puede ser prensado, pero que por lo general se lo centrifuga para separar los sólidos del líquido. Al líquido se le llama soluble de destilería, o vinaza fino. A menudo se le concentra en un evaporador y se lo convierte en SCD, a los que también se les llama jarabe. Los sólidos más gruesos, son recogidos de la centrifuga y se conocen como GHD. Los granos húmedos de destilería y los SCD se combinan para formar los granos húmedos de destilería con solubles (GHDS) que se pueden secar para formar los GSDS.

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de molienda seca del maíz para la producción de etanol.



Calidad y valor nutritivo de los GSDS.- Los GSDS se caracterizan por ser donde se concentran los nutrientes restantes al ser removido solo el almidón del grano. Esto origina que nutrientes tales como proteína, grasa, fibra y fosforo eleven su concentración en comparación a los principales granos utilizados en la alimentación de bovinos en corral (Tabla 1).

Acorde con el National Research Council (Nutrient Requirements of Beef Cattle, 2000), los GSDS aportan los siguientes nutrimentos: materia seca 90.2%, NDT 79.5%, Extracto etéreo 10%, FDN 38.8%, FDA 19.7%, Proteína Cruda 29.7%, Cenizas 5.2%, Calcio 0.22%, Fósforo 0.83 y Azufre 0.44%, en cuanto a los

aminoácidos esenciales: Arginina 4.06%, Histidina 2.5%, Isoleucina 3.71%, Leucina 9.59%, Lisina 2.24%, Metionina 1.82%, Cistina 1.86%, Fenilalanina 4.87%, Treonina 3.44% Ttriptófano 0.87%, Valina 4.7% todos los aminoácidos están expresados como porcentaje de la PNDR. Los valores de energía son los siguientes: Energía Metabolizable (EM, Mcal/kg) 3.72, Energía Neta de mantenimiento (ENm, Mcal/kg) 2.07, y la Energía Neta de ganancia (ENg, Mcal/kg) 1.41.

Tabla 1. Composición nutricional de GSDS y granos utilizados en dietas de engorda.

Fracción	Producto				
	GSDS	Trigo	Maíz	Sorgo	Cebada
Materia seca%	90.30	90.20	90.00	90.00	88.10
Nutrientes digestibles totales %	90.00	88.00	90.00	82.00	88.00
Proteína cruda%	30.40	14.20	9.80	12.60	13.20
Proteína no degradable en rumen% PC	52.00	23.00	55.00	57.00	27.00
Extracto etéreo%	10.70	2.34	4.06	3.03	2.20
Fibra detergente acida%	21.30	4.17	3.30	6.38	5.77
Fibra detergente neutra%	46.00	11.8	10.80	16.10	18.10
Cenizas %	4.60	2.01	1.46	1.87	2.40
Calcio %	0.26	0.05	0.03	0.04	0.05
Fosforo%	0.83	0.44	0.32	0.34	0.35

*NRC Nutrient Requirements of Beef Cattle 7thed. (2000).

Si bien el NRC es una buena fuente de consulta, investigaciones realizadas por la Universidad Estatal de Dakota del Sur (Schingoethe et al., 2002) han demostrado que existe un alto grado de variación en los nutrientes de los GSDS tanto dentro como a través de las plantas de producción. Estos investigadores reportaron que el valor de la proteína bruta puede variar de 28 a 36%, grasa de 8.2 a 11.7 %, FDN 38 a 44%, FDA 19 a 24%, Calcio 0.10 a 0.15% y fosforo de 0.43 a 0.83%.

De acuerdo a Akayezu (1998), la variación en la composición nutricional de granos de destilería puede ser afectada por el tipo de grano fermentado, calidad del grano, procedimiento de molienda, condiciones de secado, cantidad de solubles mezclados al final del proceso así como el tamaño de partícula.

Utilización de GSDS en Dietas de Finalización para Bovinos.- Durante los últimos años se han realizado investigaciones para confirmar la eficiencia nutricional de los GSDS, y el uso de los mismos en las dietas de bovinos, combinándose además con otros granos (Schingoethe et al., 2001). Usualmente son utilizados mayormente como una fuente de energía en la dieta de finalización para bovinos (Erickson et al, 2008; May et al., 2009). Al comparar los GSDS con otros granos utilizados en dietas, se encontró de un 120 a 150% superior el nivel de energía en comparación con el maíz roado y de un 100 a 110% más que el gluten de maíz, dependiendo de la calidad de este último (Erickson et al., 2008).

Por otra parte, se considera una buena fuente de proteína no degradable en rumen (PNDR). Al respecto, Schingoethe et al. (2001) reportan un valor 55%, mientras que Erickson et al. (2008) reportan un valor del 50%, mismos que se consideran aceptables, aunque es importante observar que se considera una deficiente fuente de lisina en comparación con otras fuentes de PNDR (Widmer et al., 2007; Emiola et al., 2009).

La fibra de los GSDS del maíz es altamente digestible, sin embargo, esta fibra no se considera “fibra efectiva” ya que no puede usarse para reemplazar fibra del

forraje por que tiene poca capacidad para estimular la masticación. Los granos de destilería pueden ser una buena fuente de minerales pero al igual que otros nutrientes su contenido se triplica por lo que altas concentraciones en azufre y fosforo pueden repercutir en el manejo de las excretas (Klopfenstein et al. 2008).

Considerando las respuestas observadas en bovinos alimentados con dietas de finalización en corral, Firkins et al. (1985) sostienen que la suplementación con GSDS es comparable con las respuestas observadas con la suplementación de harina de soya. En este caso, es importante considerar que a medida que incrementa el nivel de inclusión de GSDS en la dieta, el pH ruminal tiende a disminuir, lo cual podría provocar cambios en la población microbiana (Callaway et al., 2010).

Uwituze, (2010), al estar trabajando con dietas conteniendo 25% GSDS, observaron una menor digestión de MS y MO al comparar con animales que no recibieron GSDS. Esta disminución es atribuida principalmente a una menor digestibilidad de la FDN, pero tanto la disminución de la PC ($P = 0.03$) como del almidón ($P = 0.02$) podrían haber contribuido a esta respuesta cuando los GSDS reemplazaron una porción del maíz rolado a vapor y urea en la dieta. Adicionalmente, la concentración de amoniaco fue menor en los animales alimentados con 25% GSDS.

May et al. (2010), al estar comparando dos niveles de suplementación de GSDS (0 vs 25%), observaron que la incorporación de GSDS mejoró ($P \leq 0.05$) el peso final (PF), la ganancia diaria de peso (GDP) y la eficiencia de la dieta (G:A) en

vaquillas en engorda. Además, estos mismos autores reportaron que el nivel de forraje en dietas de finalización puede ser disminuido de 15 a 5% con la incorporación de 25% de GSDS sin afectar adversamente GDP, eficiencia alimenticia (ganancia/alimento), ni características de la canal.

El uso de los GSDS toma dos funciones diferentes según la inclusión en la dieta Leupp et al. (2009), reportan que en niveles de 6 a 15% de materia seca, su objetivo es servir como fuente de proteínas, por lo cual, cuando son incluidas en niveles más altos los GSDS se convierten en una fuente de energía en sustitución del maíz (Klopfstein et al., 2001).

Cuando se utilizan los GSDS como fuente de energía, Schingoethe et al. (2001), recomienda niveles del 10 al 40% como máximo en la ración a nivel de materia seca, estos resultados son comparables con investigaciones realizadas por Gunn et al. (2009), Klopfstein et al. (2008), y May et al. (2005), en las que demuestran que la inclusión de hasta 35% de GSDS no es perjudicial para el rendimiento de los animales, sin embargo, observaron que la eficiencia alimenticia se maximiza entre el 20% y 25% de GSDS. Estos mismos autores reportaron una buena digestión de la materia seca, al tiempo que el aumento de estos niveles puede incrementar la deposición de grasa subcutánea.

Igualmente se ha evaluado la calidad de la carne en animales alimentados con GSDS la cual no parece verse afectado en las características de ternura y color comparadas con dietas hechas a base de otros granos (Gunn et al., 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevo a cabo en la Unidad de Metabolismo Digestivo del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, localizada a un kilometro del fraccionamiento Campestre en la ciudad de Mexicali, Baja California. El clima se considera como cálido muy seco, con una temperatura media anual de 22°C, con oscilaciones de la media mensual mayores a 14 ° C, con lluvias en invierno (SARH, 2007).

Se utilizaron seis novillos raza Holstein (132 ± 3 kg) habilitados con cánulas tipo “T” rumen y en duodeno (a 6 cm del esfínter pilórico) con comedero individual y bebedero automático. En un diseño de cuadrado Latino Replicado 3 x 3 con el fin de evaluar el efecto del nivel de suplementación de sarsaponina (*Yucca Schidigera*) sobre las características de digestión y función ruminal en dietas conteniendo granos de destilería con solubles (GSDS). Las dieta basal (DB) formulada (BMS) en base a maíz amarillo hojueleado y GSDS se muestra en el Tabla 2. Se añadió 0.40% de óxido crómico como marcador inerte para cálculo del flujo a duodeno y de excreción fecal de materia seca (MS). Los tratamientos fueron los siguientes: T1) 0 g/d de SarStart DSC[®] (SarTec Corporation, Anoka, MN,USA), T2) 2 g/d de SarStart DSC[®] (SarTec Corporation, Anoka, MN,USA), T3) 4 g/d de SarStart DSC[®]. Con la finalidad de eliminar el efecto residual, se ofreció un período de descanso de 7 días entre cada uno de los períodos del experimento. Cada uno de los períodos de descanso consistió en ofrecer a los animales solo la dieta basal. El consumo (BMS) se ajustó al

2.2% del peso vivo, ofreciéndose durante la prueba alimento fresco en forma diaria en dos porciones iguales a las 08:00 y 20:00 h. El experimento consistió en tres periodos experimentales de 14 días (10 para adaptación a la dieta y 4 para colección de muestras). Durante el periodo de colección de muestras, las muestras duodenales (700 ml/d) y fecales (200 g base fresca) se tomaron a cada novillo dos veces al día en los siguientes horarios: día 1, 10:30 y 16:30 h; día 2, 09:00 y 15:00 h; día 3, 07:30 y 13:30 h y día 4, 06:00 y 12:00 h. Las muestras de cada novillo, en cada periodo de colección, se mezclaron con el propósito de formar una muestra compuesta misma que se congeló a -20° C para análisis posteriores. El último día, del último periodo experimental se tomó una alícuota de líquido ruminal para aislamiento de bacterias ruminales por centrifugación diferencial. Las muestras de cada novillo, en cada periodo de colección, se mezclaron con el propósito de formar una muestra compuesta misma que se congeló a -20° C para análisis posteriores. A las 4 h posconsumo (12:00 h), en el último día de cada periodo, se determinó el pH (Orion 261S, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA) del contenido ruminal de una muestra obtenida (\pm 500 mL) de cada novillo mediante el uso de una bomba de vacío (Cole Parmer Instrument, Vernon Hill, IL). El último día, del último periodo experimental, muestras del fluido ruminal se obtuvieron de todos los novillos, éstas se mezclaron y del resultante se tomó una alícuota para aislamiento de bacterias ruminales por centrifugación diferencial (Bergen et al., 1968). Las muestras generadas se sujetaron a todos, o parte de los siguientes análisis: Materia seca (MS; estufa desecando a 105° C, hasta peso constante), cenizas, N kjeldhal y nitrógeno amoniacal de acuerdo con lo estipulado por la AOAC (1984), energía bruta (EB) (utilizando una bomba calorimétrica adiabática modelo 1271; Parr Instrument Co., Moline, IL), purinas (Zinn

y Owens, 1986), óxido crómico (Hill y Anderson, 1958), almidón (Zinn, 1990) y fibra detergente neutra (FDN) (Goering y Van Soest, 1970; corregida para cenizas insolubles). La cantidad de materia orgánica microbiana (MOM), así como el nitrógeno microbiano (NM) que fluye a duodeno se calculó con base en los análisis de las bacterias aisladas en el fluido ruminal así como en las muestras obtenidas de duodeno, usando purinas como marcadores microbianos (Zinn y Owens, 1986). La materia orgánica fermentada (MOF) en rumen fue calculada de acuerdo a la cantidad de MO consumida y las proporciones de MO microbiano y MO total determinadas en duodeno (Zinn et al., 1996). El N consumido que escapa de la digestión ruminal (proteína de escape) se consideró como el equivalente al total de N que ingresa al duodeno menos la suma de las cantidades de N amoniacal y N microbiano que fluyen al duodeno. Los datos fueron analizados en un diseño de cuadrado Latino Replicado 3 x 3 de acuerdo al siguiente modelo: $Y_{ijkl} = \mu + B_i + A_j + P_k + \zeta_{i,k} + E_{ijkl}$ en el cual, μ es la media general, B_i es el tratamiento, A_j es el periodo, P_k repetición, $\zeta_{i,k}$ el efecto del animal en la repetición y E_{ijkl} es el error residual. Los efectos de los tratamientos se contrastaron de la siguiente manera: 1) TMT1 vs. TMT2) TMT1 vs. TMT3) TMT2 vs. TMT3. Se consideró diferencia significativa cuando $P \leq 0.05$.

Tabla 2. Composición de la dieta basal experimental

Concepto	
Ingrediente BMS, %	
Grano de destilería seco (DDG)	40.00
Maíz amarillo hojuelado	38.00
Sudán heno	11.00
Grasa amarilla	3.00
Melaza	5.50
Urea	0.36
Piedra caliza	1.20
Sal mineralizada ^a	0.36
Oxido de magnesio	0.18
Oxido crómico	0.40

^a Sal micromineralizada conteniendo: CoSO₄, 0.068%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄, 3.57%; ZnO, 1.24%; MnSO₄, 1.07%; KI, 0.052%; and NaCl, 92.96%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los efectos de los tratamientos sobre las variables de respuesta se muestran en la Tabla 3. Los únicos efectos significativos observados fueron el de una mayor digestión ruminal de almidón (79.6 vs 82.1%; $P \leq 0.05$), así como de su cantidad llegando a duodeno (160 vs 125 g/d: $P \leq 0.05$), en respuesta al tratamiento 2, al compararlo con el tratamiento 3. Es importante observar que no se presentó un efecto aditivo en respuesta al aumento de la dosis de sarsaponina. De hecho, no existió diferencia entre el tratamiento 3 y el grupo control. Aunque no fue estadísticamente significativo, se observó en respuesta al tratamiento 3 un incremento en la digestión ruminal de FDN. Hristov et al. (2007), al estar trabajando en experimentos *in situ* en los cuales utilizaron vacas lecheras en producción, observaron un incremento en la solubilidad de la MS y almidón de grano de maíz hojueado en respuesta a la suplementación de sarsaponina, lo cual acorde con Zinn et al. (2002) puede darse en respuesta principalmente a un incremento en el grado de gelatinización del almidón. Por su parte Williams and Coleman (1992), observaron que la suplementación de sarsaponina incrementó la degradabilidad del almidón en rumen. Estos autores sostienen que los procesos mecánicos a los cuales son sometidos los granos antes de su inclusión a las dietas podrían activar los tejidos embrionarios de los granos, dando como resultado la conversión de almidón en azúcares solubles; las saponinas podrían potencializar estos procesos principalmente mediante dos mecanismos: 1) como agente humectante, reduciendo la tensión superficial e incrementando la penetración de agua, y 2) como agente bioactivo, estimulando los procesos enzimáticos en el grano.

Tabla 3. Influencia del nivel de sarsaponina sobre características de digestión en rumen y tracto digestivo total.

	Tratamientos SarStart DSC			CME
	0 g/d	2 g/d	4 g/d	
Consumo, g/d				
MS	2,576	2,576	2,576	-
MO	2,392	2,392	2,392	-
FDN	591	591	591	-
N	69	69	69	-
Almidón	703	703	703	-
Llegando a duodeno, g/d				
MO	1,529	1,554	1,498	45
FDN	384	402	366	30
Almidón ^a	143	160	125	16
N Microbial ^b	37.9	38.4	36.5	1.3
N No amoniacal ^c	70.7	72.1	68.2	2.2
N del alimento	32.7	33.7	31.7	2.0
Excreción fecal, g/d				
MO	661	693	676	18
FDN	350	361	351	11
Almidón	10.9	11.7	10.5	2.6
N	18.3	18.7	18.5	0.6
Digestión ruminal, %				
MO	52.0	51.1	52.6	1.1
FDN	34.9	31.9	38.1	5.2
Almidón ^a	79.6	77.2	82.1	2.3
N del alimento	52.4	50.9	53.8	2.9
Eficiencia microbiana ^b	30.6	31.5	29.1	1.3
Eficiencia del N ^c				
Digestión postruminal, % del flujo duodenal				
MO	56.7	55.1	54.7	1.8
FDN	0.08	0.06	0.02	8.8
Almidón	92.5	92.1	91.3	1.5
N	75.1	74.9	73.9	1.1
Digestión en tracto total, %				
MO	72.3	70.9	71.7	0.7
FDN	40.6	38.7	40.5	1.8
Almidón	98.4	98.3	98.5	0.3
N	73.3	72.7	73.1	0.9

^a TMT2 vs TMT3 ($P \leq 0.05$), ^b N Microbial, g/kg de MO fermentada, ^c N no amoniacal como porcentaje del N consumido. CME= cuadrado medio del error MS=materia seca, MO=materia orgánica, FDN=fibra detergente neutro, N=Nitrogeno

Mientras que Hristov et al. (1999), quienes utilizaron niveles de 0 (control), 20, o 60 g/d de sarsaponina, no observaron efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad de los componentes proteicos de las dietas, Wu et al. (1994), tampoco observaron efecto sobre NH_3 , ni N, en respuesta a la suplementación de 0, 2, 4, 6 y 8 g/d de *Yucca Schidigera* en vacas lactantes. Estos resultados concuerdan con los encontrados en el presente trabajo. Aunque acorde con Wu et al. (1994), no observamos efecto de los tratamientos sobre eficiencia microbial, Zinn et al. (1998) reportaron incrementos en la eficiencia microbial a nivel ruminal en respuesta a la suplementación de sarsaponina, lo cual puede ser ocasionado principalmente por su actividad antiprotozoaria (Valdez et al., 1986; Lu and Jorgensen, 1987; Klita et al., 1996), lo cual provoca una disminución en la lisis bacteriana, así como por una disminución tanto en la desaminación como en la fijación de amoníaco a nivel ruminal. Acorde con Hristov et al. (1999), la sarsaponina reacciona con el colesterol que se encuentra en la membrana celular de los protozoarios, causando su lisis. Debido a que las bacterias no contienen colesterol en sus membranas celulares, no son afectadas directamente por la sarsaponina (Zinn et al., 1998).

Una disminución en la concentración ruminal de amoníaco ha sido reportada con anterioridad en respuesta a la suplementación de sarsaponina (Hussain and Cheeke, 1995), esta disminución se da en respuesta al efecto supresor que la sarsaponina ejerce sobre la población de protozoarios a nivel ruminal (Cheeke, 2000). En un estudio realizado por Hristov et al. (1999), observaron que el conteo total de protozoarios fue en promedio 42% menor en el fluido ruminal de los animales

suplementados con 20 y 60 g/d de *Yucca Schidigera*, en comparación con los animales no suplementados. No se observó un efecto adicional al suplementar la dosis mayor. Acorde con nuestros resultados, Cardozo et al. (2004), no observaron efecto de la suplementación de *Yucca Schidigera* durante el periodo de adaptación.

No se observó efecto de los tratamientos ($P \geq .05$) sobre producción de ácidos grasos volátiles (AGV), pH ni tasa acetato/propionato (Ver Tabla 4). Aunque Lourenco et al. (2008), observaron en respuesta a la suplementación de sarsaponina un incremento en la producción total de AGV en experimentos realizados *in vitro*, Wu et al. (1984), reportaron resultados similares a los nuestros en respuesta a la suplementación de sarsaponina a niveles de 0, 2, 4, 6 and 8 g/d en vacas lecheras en producción. De igual manera, Cardozo et al. (2004), no observaron efecto de la suplementación de sarsaponina sobre la concentración total de AGV, ni sobre las proporciones de isobutirato, isovalerato, o valerato. Estos mismos autores sugieren que este tipo de aditivos que comprenden extractos de plantas con actividad antimicrobial a dosis bajas no afectan el grado de fermentación de las dietas, por lo que su uso a grandes dosis podría disminuir la actividad microbial en rumen y por lo tanto afectar el grado de fermentación de los componentes de la dieta.

Tabla 4. Influencia del nivel de sarsaponina sobre pH ruminal y proporciones molares de AGV.

	Tratamientos SarStart DSC			CME
	0 g/d	2 g/d	4 g/d	
pH Ruminal	5.82	5.91	5.84	0.06
Acetato, mol/100 mol	52.8	51.3	52.6	1.7
Propionato, mol,/100 mol	31.9	32.0	33.7	1.3
Butirato, mol/100 mol	9.4	9.3	8.8	0.6
Tasa Acetato/Propionato	1.66	1.62	1.57	8.8
Metano ^a	0.44	0.43	0.43	0.01

^a Producción de Metano (mol/mol de equivalente de glucosa fermentada) fue estimada en base al balance teórico de fermentación observado para la distribución molar de AGV (ácidos grasos volátiles) (Wolin, 1960). CME=Cuadrado medio del error

Hristov et al. (1999), observaron que las concentraciones totales de AGV incrementaron ($P < .001$) después de la alimentación; es importante señalar que este incremento no fue afectado por los tratamientos (0, 20, o 60 g/d; $P > .05$), lo que podría deberse al proceso natural de la actividad fermentativa que a nivel ruminal se desarrolla después del consumo de alimento. Debemos mencionar que estos autores observaron diferencias en cuanto a los patrones de fermentación ruminal, reportaron que mientras la concentración de acetato no fue afectada ($P \geq .05$) por la suplementación de sarsaponina, la concentración promedio de propionato fue de 2.8 y 3.0 mM mayor ($P < .05$) en animales que recibieron dosis de 20 o 60 g/d, respectivamente, en comparación con el control. Resultados similares fueron reportados por Grobner et al. (1982), quienes observaron un incremento en la concentración de propionato al adicionar sarsaponina en cultivos continuos de líquido ruminal. Resultados similares fueron reportados por (Kil et al., 1994). Acorde con Hristov et al. (1999), este tipo de respuesta pudiera deberse a una inhibición selectiva de la *Yucca Schidigera* sobre algunas especies de microbios ruminales.

Aunque Valdez et al. (1986) observaron efecto de la suplementación de sarsaponina sobre la digestibilidad de MO, acorde con lo reportado por Zinn et al. (1988) y Wu et al. (1994) no se observaron efectos de la suplementación de sarsaponina sobre la digestión postruminal y total de MO, FDN, N, PC ni almidón.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, se concluye que las dosis de *Yucca Schidigera* utilizada en este experimento no alteraron significativamente la eficiencia digestiva de los componentes de dietas de finalizado para bovinos altas en granos secos de destilería con solubles.

LITERATURA CITADA

- Akayezu J.M., Linn J. Harty S. and Cassady J. Use Of Distillers Grains And Co-Products In Ruminant Diets. 1998. Cargill Animal Nutrition Center, Elk River, MN. Department of Animal Science, University of Minnesota, St. Paul.
- Association of American Feed Control Officials (AAFCO). Disponible en: <http://aaafco.org>. Consultado el 8 de febrero del 2011.
- Callaway, T. R., Dowd, S. E., Edrington, T. S., Anderson, R. C., Krueger, N., Bauer N., Kononoff, P. J and Nisbet, D. J. 2010. Evaluation of the bacterial diversity in the rumen and feces of cattle fed diets containing levels of dried distiller's grains plus solubles using bacterial tag-encoded FLX amplicon pyrosequencing (bTEFAP). *J. Anim. Sci.* Published online Aug 20, 2010.
- Cardozo, P. W., Calsamiglia, S., Ferret, A. and Kamel., C. 2004. Effects of natural plant extract on ruminal protein degradation and fermentation profiles in continuous culture. *J. Anim. Sci.* 82:3230:3236.
- Cardozo, P. W., Calsamiglia, S., Ferret A. and Kamel, C. 2005. Screening for the effects of natural plant extracts at different pH on in vitro rumen microbial fermentation of a high-concentrate diet for beef cattle. *J. Ani. Sci.* 83:2572-2579.
- Cheeke. P. R. 2000. Actual and potential applications of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* saponins in human and animal nutrition. *J Anim Sci* 2000. 77:1-10.
- Colina, J. J., Lewis, A. J. Miller P. S and. Fischer R. L. 2001. Dietary manipulation to reduce aerial ammonia concentrations in nursery pig facilities. *J. Anim. Sci* 2001. 79:3096-3103.
- Corrigan, M. E., Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., Luebke, M. K., Vander Pol, K. J., Meyer, N. F., Buckner, C. D., Vanness, S. J., and Hanford, K. J. 2009. Effect of corn processing method and corn wet distillers grains plus solubles inclusion level in finishing steers. *J. Anim. Sci.* 87:3351–3362.
- Depenbusch, B. E., Loe, E. R., Sindt, J. J., Cole, N. A., Higgins, J. J. and Drouillard, J. S. 2009. Optimizing use of distillers grains in finishing diets containing steam-flaked corn. *J. Anim. Sci.* 87:2644–2652.
- Ellenberg, M. A., Rumpler, W. V., Johnson, D. E and Goodall, S. R. 1985. Evaluation of the extent of ruminal urease inhibition by sarsaponin and sarsaponin fractions. *J. Anim. Sci.* 61(Suppl.1):491-492
- Emiola, I. A., F. O. Opapeju, B. A. Slominski and C. M. Nyachoti. 2009. Growth performance and nutrient digestibility in pigs fed wheat distillers dried grains

- with solubles-based diets supplemented with a multicarbohydase enzyme. J. Anim Sci.87:2315-2322.
- Erickson,G. E.,Klopfenstein,T.J.,Adams, D.C. and Rasby,R.J.. 2008. Corn processing co-products manual. Ed. University of Nebraska-Lincoln, pp. 3-18.
- Firkins, J. L., Berger, L. L., and Fahey, G. C.Jr.1985. Evaluation of wet and dry distillers grains and wet and dry corn gluten feeds for ruminants. J. Anim Sci. 60:847- 860.
- Goetesch,A.L and Owens F.N.1985.Effects of sarsaponin on digestion and passage rates in cattle fed medium to low concentrate..J Anim. Sci. 68:2377-2384.
- Grobner, M. A.,Johnson, D. E., Goodall, S. R and Benz,D. A.1982. Sarsaponin effects on *in vitro* continuous flow fermentation of a high grain diet. In: Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci. 33:64–65.
- Gunn ,P. J., Weaver, A. D., Lemenager, R. P Gerrard, D. E., Claeys, M. C. and S. L. Lake. 2009. Distillers grains with soluble characteristics, and meat quality in finishing steers fed differing levels of dried Effects of dietary fat and crude protein on feedlot performance, carcass. J. Anim. Sci. 87:2882-2890.
- Ham, G. A., R. A. Stock, T. J. Klopfenstein, E. M. Larson, D. H. Shain, and R. P. Huffman. 1994. Wet corn distillers byproducts compared with dried corn distillers grains with soluble as a source of protein and energy for ruminants. J. Anim. Sci. 72:3246-3257.
- Hicks, C. R. 1973. Fundamental Concepts in the Design of Experiments. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Hill, F. N and Anderson,D. L.1958.Comparison of metabolizable energy and productive determinations with growing chicks. J. Nutr. 64:587-603.
- Hristov, A. N., T. A. McAllister, F. H. Van Herk, K. J. Cheng, C. J. Newbold and P. R. Cheeke. 1999. Effect of *Yucca schidigera* on ruminal fermentation and nutrient digestion in heifers. J. Anim Sci. 77:2554-2563.
- Hristov,A. N., S. Zaman, M. VanderPol, P. Szasz, K. Huber, and D. Greer. 2007. Effect of a saponin-based surfactant and aging time on ruminal degradability of flaked corn grain dry matter and starch. J. Anim. Sci. 2007. 85:1459–1466.
- Hussain, I., and P. R. Cheeke. 1995. Effect of dietary *Yucca schidigera* extract on rumen and blood profiles of steers fed concentrate- or roughage-based diets. Anim. Feed Sci. Technol. 51:231–242.

- Kil, J. Y., N. K. Cho, B. S. Kim, S. R. Lee, and W. J. Maeng. 1994. Effects of Yucca extract addition on the *in vitro* fermentation characteristics of feed and feces, and on the milk yields in lactating cows. Korean J. Anim. Sci. 36:698–709.
- Klita, P. T., G. W. Mathison, T. W. Fenton, and R. T. Hardin. 1996. Effects of alfalfa root saponins on digestive function in sheep. J. Anim. Sci. 74:1144-1156.
- Klopfenstein T. J., G. E. Erickson, and Bremer V. R. 2008. BOARD-INVITED REVIEW: Use of distillers by-products in the cattle feeding industry. J. Anim. Sci. 86:1223-1231.
- Larson, E. M., R. A. Stock, T. J. Klopfenstein, M. H. Sindt, and R. P. Huffman. 1993. Feeding value of wet distillers byproducts for finishing ruminants. J. Anim. Sci. 71:2228–2236.
- Leupp, J. L., Lardy, G. P., Karges, K. K., Gibson, M. L. and J. S. Caton. 2009. Digestion, and ruminal fermentation in steers fed seventy percent concentrate diets, effects of increasing level of corn distillers dried grains with solubles on intake. J. Anim. Sci. 87:2906-2912.
- Lourenço, M., P. W. Cardozo, S. Calsamiglia, and V. Fievez. 2008. Effects of saponins, quercetin, eugenol, and cinnamaldehyde on fatty acid biohydrogenation of forage polyunsaturated fatty acids in dual-flow continuous culture fermenters. J. Anim. Sci. 2008. 86:3045–3053.
- Lu, C. D., and N. A. Jorgensen. 1987. Alfalfa saponins effect site and extent digestion in ruminants. J. Nutr. 117:919-927.
- Mader, T. L., and M. C. Brumm. 1987. Effect of feeding sarsaponin in cattle and swine diets. J. Anim. Sci. 65:9-15.
- May, M. L., M. J. Quinn, B. E. Depenbusch, C. D. Reinhardt, M. L. Gibson, K. K. Karges, N. A. Cole and J. S. Drouillard. 2010. Dried distillers grains with soluble with reduced corn silage levels in beef finishing diets. J. Anim. Sci. 88:2456-2463.
- May, M. L., M. J. Quinn, C. D. Reinhardt, L. Murray, M. L. Gibson, K. K. Karges, and J. S. 2009. Effects of dry-rolled or steam-flaked corn finishing diets with or without twenty-five percent dried distillers grains on ruminal fermentation and apparent total tract digestion¹. J. Anim. Sci. 87:3630-3638.
- N.R.C. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. National Academy of Press. Washington D.C.
- Ramirez, J. E., E. G. Alvarez, W. Chai, M. F. Montano, and R. A. Zinn. 1998. Influence of saponins on fatty acid digestion in steers fed a high-fat finishing diet. Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci. 49:297-300.

- Rush, I.G., B. A. Weichental, and B. G. Van Pelt. 1993. Grain tempering agent (SarTemp®) for corn fed to finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 71(Suppl. 1):81.
- SARH. 2007. INIA-CIANO. Guía para la asistencia técnica agrícola: Área de influencia del CAEMEXI. ED. CAEMEXI, 2da. Edición.
- Schingoethe D. J. 2001. Feeding Wet Distillers Grains to Dairy Cattle. Dairy Science Department. South Dakota State University.
- Uwituze,S.,G. L. Parsons, M. K. Shelor,B. E. Depenbusch, K. K. Karges, M. L. Gibson,C. D. Reinhardt,J. J. Higgins, and J. S. Drouillard. 2010. Evaluation of dried distillers grains and roughage source in steam-flaked corn finishing diets. *J. Anim. Sci.* 88:258-274.
- Valdez, F. R., L. J. Bush, A. L. Goetsch, and F. N. Owens. 1986. Effect of steroidal saponin on ruminal fermentation and on production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69:1568-1575.
- Van nevel,C.J. y DE Meyer,D.I.(1988).In *The rumen Microbial Ecosystem*.P.N Hobson.Elsevier Applied Science.London,UK.p. 387-443.
- Vander Pol K. J., Erickson G. E. Klopfenstein T.J. 2005. Degradable intake protein in finishing diets containing dried distillers grains. *Nebraska Beef Cattle Reports*.
- Wallace R. J., Arthaud I. and Newbold C. J. 1994. Influence of *Yucca shidigera* extract on ruminal ammonia concentrations and ruminal microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology*. p. 1762-1767.
- Wang, Y., D. Greer, and T. A. McAllister. 2003. Effects of moisture, roller setting, and saponin-based surfactant on barley processing, ruminal degradation of barley, and growth performance by feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 81:2145–2154.
- Widmer M.R., L.M. McGinnis and H.H. Stein. 2007. Energy, phosphorus, and amino acid digestibility of high-protein distillers dried grains and corn germ fed to grow pigs. *J. Anim Sci.* 85:2994-3003.
- Williams, A. G., and G. S. Coleman. 1992. *The Rumen Protozoa*. Springer-verlag, New York.
- Wu, Z., M. Sadik, F. T. Sleiman, J. M. Simas, M. Pessarakli, and J. T. Huber. 1994. Influence of *Yucca* extract on ruminal metabolism in cows. *J. Anim. Sci.* 72:1038–1042.
- Yang, W. Z., B. N. Ametaj, C. Benchaarn and K. A. Beauchemin. 2010. Dose response to cinnamaldehyde supplementation in growing beef heifers:Ruminal and intestinal digestion. *J. Anim. Sci.* 88:680-688.

- Zinn, R. A. 1988. Influence of tempering on the comparative feeding value of rolled and steam-flaked corn for feedlot steers. *Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci.* 39:386-391.
- Zinn, R. A. 1990a. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 68:767-775.
- Zinn, R. A. 1990b. Influence of steaming time on site digestion of flaked corn in steers. *J. Anim. Sci.* 68:776-781.
- 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.
- Zinn, R. A., D. Axe, J. Dunbar, and B. Norman. 1983. Sasaponin influence on performance and metabolism of light weight calves. *Calif. Feeders Day Rep.* pp 87-92. Univ. California, Davis.
- Zinn, R. A., E. D. Alvarez, M. F. Montaña, A. Plascencia and J. E. Ramírez. 1998. Influence of tempering on the feeding value of rolled corn in finishing diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 76:2239-2246.
- Zinn, R. A., E. G. Alvarez, M. F. Montaña, A. Plascencia, and J. E. Ramírez. 1998. Influence of tempering on the feeding value of rolled corn in finishing diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 76:2239-2246.
- Zinn, R. A., E. G. Alvarez, M. Montano, and J. Salinas-Chavira. 2008. Influence of dry-rolling and tempering agent addition during the steam-flaking of sorghum grain on its feeding value for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 86:916-922.
- Zinn, R. A., F. N. Owens and R. A. Ware. 2002. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80:1145-1156.