

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**



DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**“DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA FÍSICA DE LA RACIÓN
COMPLETAMENTE MEZCLADA DE 14 ESTABLOS DE LA
REGIÓN LAGUNERA”**

**POR:
ELISEO VÁZQUEZ MARTÍNEZ**

TESIS:

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO 2013

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**



DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**"DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA FÍSICA DE LA RACIÓN
COMPLETAMENTE MEZCLADA DE 14 ESTABLOS DE LA REGIÓN
LAGUNERA"**

**POR:
ELISEO VÁZQUEZ MARTÍNEZ**

ASESOR PRINCIPAL:



DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO 2013

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**“DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA FÍSICA DE LA RACIÓN
COMPLETAMENTE MEZCLADA DE 14 ESTABLOS DE LA REGIÓN
LAGUNERA”**

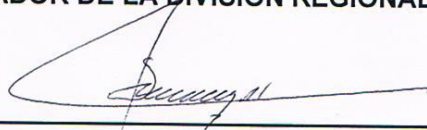
APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA

PRESIDENTE DEL JURADO



DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



MVZ. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO



Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

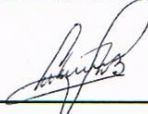
JUNIO 2013

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

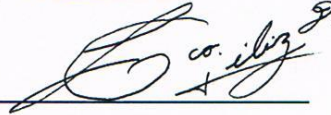
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**TESIS ELABORADA POR EL C. ELISEO VÁZQUEZ MARTÍNEZ BAJO LA
SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA



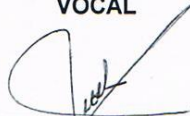
**DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO
PRESIDENTE**



**DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS
VOCAL**



**MVZ. FEDERICO ANTONIO HERNANDEZ TORRES
VOCAL**



**MC. GERARDO ARELLANO RODRÍGUEZ
VOCAL SUPLENTE**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO 2013

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**“DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA FÍSICA DE LA RACIÓN
COMPLETAMENTE MEZCLADA DE 14 ESTABLOS DE LA REGIÓN
LAGUNERA”**

POR:

ELISEO VÁZQUEZ MARTÍNEZ

**ELABORADO BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE
ASESORÍA**



**DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO
ASESOR PRINCIPAL**



**DR. PEDRO CANO RIOS
COASESOR**



**DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS
COASESOR**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO 2013

Dedicatorias

A mis abuelos: Joaquín†, Concepción† Rosalío† y Amada

Porque gracias a ustedes que me dieron unos padres buenos y trabajadores dedicados a su familia, mis hermanos y yo no hemos pasado angustias y nuestro ambiente familiar es agradable.

A mis padres: Pedro Vázquez Salas y Ambrosia Martínez Corona

Quienes con su amor y cariño sembraron en tierra fértil la semilla que me daría la vida, y mediante su trabajo; fueron los pilares que me sostuvieron a lo largo de mi formación académica. Su esfuerzo por hacer de mí un profesional llega a su fin con la culminación de este trabajo que escogí como requisito a obtener la mejor y más grande herencia que los padres pueden ofrecer a sus hijos "su carrera profesional".

A mis hermanos:

Pedro, Carlos, Verónica y Antonio que con su apoyo moral siempre lograron levantarme el espíritu en esos momentos de flaqueza, sus éxitos son un buen ejemplo para mí y me exhortan a esforzarme por alcanzar los propios.

A mis tíos Antonia y J. Remedios Gil:

Que siempre han creído en mí y me han brindado su amor y ayuda, sus consejos y acciones han influido también en mi formación como persona, en verdad aunque no lo demuestre los admiro mucho y siento un profundo respeto y admiración por ustedes.

Al médico David Villareal Reyes†

Que en vida fue una gran persona conmigo en la universidad, apoyándome siempre en lo que necesitara pero, sobre todo porque directa e indirectamente me ayudo a realizar 3 grandes anhelos, el primero: aprender el manejo del conejo, segundo el curtido de las pieles y tercero, los sub productos de la carne de conejo; hoy por hoy lo poco que se es gracias a usted, donde quiera que este mil gracias.

Agradecimientos

A dios y la virgen: Por brindarme la oportunidad de ser parte de su creación y crecer dentro de un seno familiar muy cálido, en el cual hasta el día de hoy no he tenido carencia alguna y se ha encargado de reafirmar mi fe en la religión.

A mis padres, hermanos y tíos: Por todos los bellos momentos que me han hecho pasar y el esfuerzo que a su manera cada uno de ustedes ha hecho para que llegara a la meta que marcará el inicio de mi nueva etapa como profesionista.

A mi Alma Terra Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: Que me brindó la oportunidad de realizar mis estudios de licenciatura y puso a mi disposición las herramientas necesarias para enfrentarme al mundo laboral.

Al Doctor Pedro Antonio Robles Trillo: Por la oportunidad brindada para la realización de esta investigación, su tiempo y paciencia en cada revisión así como las habilidades que me ayudo a adquirir.

Al Doctor Pedro Cano Ríos: Quien generosamente acepto brindarme su ayuda para la realización del Análisis Estadístico.

Al Doctor Francisco Gerardo Véliz Deras: Por el apoyo ofrecido en la comprensión de los resultados del Análisis Estadístico.

Al MVZ. Federico Antonio Hernández Torres y familia: Quienes me brindaron su apoyo incondicional e hicieron muy grata mi estancia en Torreón al permitirme ser un integrante más en la numerosa familia que ya se ha formado con tantos "Narros".

Al grupo GECAN: Por exhortarme a reafirmar mi fe en la religión y por los momentos de alegría que me hicieron pasar.

Al MVZ. Carlos Ramírez Fernández: Porque al ser un médico preocupado por que el alumno se lleve las herramientas necesarias para salir y resolver los problemas nos exhorta al continuo aprendizaje y no duda en compartirnos sus tips.

A mis amigos: En especial a Roberto, Brisa y Carlos por que juntos logramos crear un buen lazo familiar en donde no faltaba un consejo o un regaño para quien lo necesitara y porque juntos gracias al “gordo” aprendimos el arte del taco. A Dora, Alan, Alejandro, Leonel y Sergio por los momentos compartidos y la ayuda brindada a lo largo de la licenciatura.

Al comedor de la Narro: Porque su existencia hizo más cómoda mi estancia en la Narro al brindarme los 3 servicios de alimentación al día.

Al Ingeniero Roberto Alemán y familia: Por los momentos compartidos, la confianza y la ayuda brindada.

A la familia Becerra Romero y Luna Mancinas: Porque sin conocernos al compañero Gerardo Camacho y a mí, nos recibieron con las puertas abiertas y nos brindaron su confianza en Cd. Obregón, Sonora, cuando realizamos nuestras prácticas profesionales.

A la granja San Carlos 5 y sus trabajadores: Por la oportunidad y ayuda brindada durante las prácticas profesionales.

A todos los establos que hicieron posible la realización de esta investigación.

Por último, agradezco a toda la gente que conocí durante mi formación profesional en Torreón, Coahuila, porque de alguna manera me regalaron momentos de alegría.

A todos ustedes de corazón “míl gracias”.

Contenido

Índice de cuadros y figuras.....	X
Resumen.....	XI
Introducción	1
Revisión de la literatura.	4
Consumo de fibra.	4
Fibra Detergente Neutro físicamente efectiva (peFDN)	5
Contenido de humedad en la muestra y determinación del tamaño de partícula.....	6
El separador de partículas de Penn State.	7
Influencia de la frecuencia de tamizado sobre la determinación de tamaño de partículas.....	9
Efectos del tamaño de partícula sobre el comportamiento alimenticio y productivo.	10
Efectos del tamaño de partícula sobre la actividad de masticación y la rumia.	12
Efecto del tamaño de partícula sobre la función y fermentación del rumen.	14
Producción y Composición de la leche.....	16
III. Materiales y Métodos.	17
Localización del área de estudio.	17
Procedimiento experimental.	18
Determinación de la distribución del tamaño de partícula y pef.	18
Análisis estadístico	19
Resultados.....	20
Discusión	23
Conclusiones	26
Literatura citada	27
Apéndice.....	29

Índice de cuadros y figuras

<u>Cuadro 1. Medias en porcentaje para el tamaño de partícula y el factor de eficacia física en 14 establos lecheros de la Comarca Lagunera U.A.A.A.N – U.L 2012.</u>	21
<u>Figura 1. Distribución del Tamaño de Partícula.</u>	22
<u>Figura 2. Factor de Eficacia Física.</u>	22
<u>Cuadro 1 A: Análisis de varianza para tamaño de partícula C 19 en los establos lecheros estudiados U.A.A.A.N. – U.L. 2012.</u>	32
<u>Cuadro 2 A: Análisis de varianza para tamaño de partícula C 8 en los establos lecheros estudiados U.A.A.A.N. – U.L. 2012.</u>	32
<u>Cuadro 3 A: Análisis de varianza para tamaño de partícula C1.18 en los establos lecheros estudiados U.A.A.A.N. – U.L. 2012.</u>	33
<u>Cuadro 4 A: Análisis de varianza para tamaño de partícula Base en los establos lecheros estudiados U.A.A.A.N – U.L 2012.</u>	33
<u>Cuadro 5 A: Análisis de varianza para pef_2 en los establos lecheros estudiados U.A.A.A.N – U.L 2012.</u>	41
<u>Cuadro 6 A: Análisis de varianza para pef_3 en los establos lecheros estudiados U.A.A.A.N – U.L 2012.</u>	41

Resumen.

Con la finalidad de determinar la distribución del tamaño de partícula (DTP) y el factor de eficacia física (pef) en las raciones totalmente mezcladas (TMR) del ganado lechero, se realizó un estudio en 14 establos de la Comarca Lagunera, México (25° N; 103° O). Los establos fueron seleccionados al azar y se visitaron una vez en verano, colectando 2 muestras de la TMR recién servidas y se les determinó mediante el separador de partícula de PennState (PSPS), la distribución de la partícula y el factor de eficacia física (pef) de la ración. La cantidad de DTP y cantidad de pef mostraron diferencia entre establos ($P < 0.05$). El porcentaje de DTP en la C_{19} estuvo en 10 establos en el rango de 4.85% hasta 8.86%, el resto osciló entre 12% hasta 23%. En la C_8 la DTP osciló entre 32 a 54% mostrando también diferencia entre los establos, aunque 7 establos tuvieron menos de 40%. En la $C_{1,18}$ la variación entre establos fue de 16 puntos porcentuales (30 a 46%). En la base de las cribas cuatro establos tuvieron menos de 10% de alimento colectado y el resto osciló entre 12 a 19%. En el caso de pef_2 demostró gran variación, con un rango de 38 a 61%, aunque 8 establos fueron superiores a 50. En cuanto al pef_3 , el rango en todos los establos fue de 81 a 93%. Concluyendo, tanto la DTP y la pef mostraron diferencias entre granjas, lo cual pudo deberse a la variación del manejo en ellos; por otra parte la DTP y la pef estuvieron acordes a algunos reportes de investigación, lo que puede provocar variaciones en el CMS, producción y composición láctea en los establos muestreados.

Palabras clave: Distribución del tamaño de partícula, factor de eficacia física, ración totalmente mezclada, ganado lechero, separador de partículas.

Introducción

Actualmente las dietas que se suministran al ganado lechero son elevadas en concentrados para cubrir los requerimientos de energía en los animales altos productores debido a que el forraje como único alimento no es capaz de satisfacer los requerimientos de energía, esto aumenta en gran medida el riesgo a problemas metabólicos debido a que la función ruminal se ve comprometida por la variación en el pH.

La fibra es la encargada del buen funcionamiento del rumen y, un déficit de fibra en la dieta puede traer consigo disminución de la digestibilidad de la materia seca, afectar la calidad de la leche al disminuir el porcentaje de grasa. Si el pH ruminal se reduce sustancialmente, hay problemas de salud graves como laminitis, ulceración ruminal a consecuencia de acidosis, desplazamiento abomasal e incluso la muerte puede resultar (NRC, 2001).

El rol que juega el tamaño de partícula en la ración es fundamental en la nutrición debido a que las vacas que consumen suficiente fibra detergente neutro (FDN) con tamaño de partícula reducido pueden mostrar los mismos desordenes metabólicos que aquellas vacas alimentadas con una dieta deficiente en fibra. Sin embargo, actualmente la NRC, (2001) no tienen en cuenta las recomendaciones del tamaño de partícula de los alimentos debido a la escasez de información.

A pesar de que hay varios métodos para medir el tamaño de partícula en las dietas, por su diseño compacto, el Separador de Partículas de la Universidad

Estatad de Pensilvania ha llegado a ser ampliamente aceptado como un método rápido y práctico para evaluar el tamaño de partícula de forraje y TMR en la granja (Lammers et al., 1996).

En la actualidad se sabe que un tamaño de partícula reducido disminuye el tiempo de masticación y provoca una tendencia hacia la disminución del pH ruminal (Woodford y Murphy, 1988), incrementa el consumo de materia seca (Allen, 2000) y la tasa de pasaje pero, disminuye la digestibilidad debido a que se reduce el tiempo de retención en el rumen aumentando la velocidad de paso (Soita et al., 2002).

Si las vacas pasan menos tiempo masticando producirán menos secreción bíferv salival (Mertens, 1997). Esto puede disminuir la relación acetato-propionato si el pH del rumen cae por debajo de 6.0 debido a que el crecimiento de los microorganismos celulolítivos se deprime aumentando el crecimiento de los microorganismos productores de propionato, lo que se asocia a bajo contenido de grasa en la leche (Grant et al., 1990).

El análisis del tamaño de partícula en la ración permite identificar la proporción de fibra efectiva, la cual es útil para estimular la masticación, rumia y la producción de saliva para un funcionamiento adecuado del rumen; forrajes demasiado largos contienen mayor eficacia física sin embargo, los animales tienden a seleccionar los alimentos (Bal et al., 2000; Methu et al., 2001; Kononoff y Heinrichs, 2003b).

Debido a que las características de los forrajes, la configuración del equipo de cosecha, el tiempo de mezclado y la composición de la dieta modifican el tamaño

de partícula y el factor de eficacia física. En el presente estudio se espera que a pesar de las diferencias en los valores para distribución del tamaño de partículas y el factor de eficacia física que puede haber entre los establos, los valores que se obtengan estén dentro del rango recomendado por las guías de la Universidad de Pensilvania.

Este estudio se realizó con la finalidad de determinar la distribución del tamaño de partícula y el factor de eficacia física en raciones totalmente mezcladas de 14 establos lecheros de la Comarca Lagunera mediante el uso del Separador de Partículas Penn State.

Revisión de la literatura.

Consumo de fibra.

Los rumiantes requieren de fibra en su dieta para maximizar la producción y para mantener la salud mediante el mantenimiento de un entorno estable en el rumen (Allen, 1997) . En la fase temprana de la lactancia, retrasos máximos de consumo de materia seca (CMS) detrás del pico de producción de leche en las vacas altas productoras, pueden resultar en un balance energético negativo (Adin et al., 2009).

Según el NRC, (2001) una vaca fresca hasta 21 en leche es capaz de consumir cerca de 18.5 kg de MS al día, por lo que es incapaz de suministrar las necesidades energéticas para la producción de leche y se ve obligado a movilizar la energía que falta de los reservorios del cuerpo, por lo tanto; la NRC, (2001) establece que las recomendaciones de las dietas alimenticias en vacas lactantes deben contener un mínimo de 25 % FDN.

No es recomendable que los requerimientos de energía sean compensados con el incremento de granos de almidón (NRC, 2001), debido a que se disminuye la población de microorganismos celulolíticos por consiguiente baja la digestibilidad de fibra en el rumen y la utilización de FDN en la dieta, repercutiendo en la producción de leche y porcentaje de grasa en la misma. Además, la suplementación con granos podría aumentar el riesgo de acidosis subaguda en el rumen y otros trastornos digestivos (Zebeli et al., 2007).

Se han llevado a cabo diferentes experimentos para evaluar la sustitución parcial del componente de fibra de los forrajes por subproductos ricos en FDN fácilmente

digerible, tales como cascarillas de granos, algunos la llaman fibra que no proviene de forrajes y aunque Van Soest, (1994) refiere que aumentar la velocidad de paso en el rumen disminuye la digestibilidad, Miron et al., (2003) encontraron que la cascarilla de soya es potencialmente más digerible que la fibra de forraje y de esta manera se puede compensar también los requerimientos de energía en el animal al aumentar el consumo de materia seca, en adición a esto, Adin et al., (2009) sugieren que un aumento en CMS suministra toda la energía requerida para mayor producción de leche, por lo tanto, las vacas no movilizan energía de los reservorios de su cuerpo y por consiguiente no afectan su peso corporal.

Es bien aceptado en la literatura que el principal factor que limita el consumo voluntario de materia seca, son los alimentos con un contenido elevado de FDN debido a que reducen la digestibilidad, afectando el consumo y por consiguiente la producción y calidad de la leche (Van Soest, 1994).

Fibra Detergente Neutro físicamente efectiva (peFDN)

Fibra físicamente efectiva es definida como la porción de alimento que estimula eficazmente la actividad de masticación y la rumia aumentando la secreción salival dando como resultado un aumento en la producción de buffer salival para neutralizar los ácidos producidos en la fermentación (Allen, 1997; Mertens, 1997).

Debido a que la saliva contiene buffers importantes para el ambiente del rumen, la capacidad de una dieta para estimular la actividad de mascar es de suma importancia en la regulación de los niveles de pH ruminal.

Hay dos sistemas diferentes para calcularla la peFDN, por un lado Mertens, (1997) sugiere la multiplicación de la proporción de alimento retenido con una longitud a 1.18 mm (una sola criba) por el total de FDN de la ración, mientras que otro sistema se basa en multiplicar el factor de eficacia física (pef) por el contenido de FDN de la ración, siendo el segundo sistema el que comúnmente se utiliza para calcular peFDN.

El factor de eficacia física de una ración es calculado por la sumatoria de la proporción de partículas retenidas en cada criba. Así pef_2 es la sumatoria entre las cribas 19.0 y 8.0 mm y la pef_3 es calculada por la suma de las cribas 9.0, 8.0 y 1.18 mm respectivamente.

Para Kononoff y Heinrichs, (2003b) la cantidad de alimento >19.0 mm es un indicador más preciso de la actividad de mascar que peFDN cuando es estimado por el Separador de partículas de Penn State. Sin embargo para Beauchemin y Yang, (2005) peFDN si es un indicador confiable de la actividad de masticación.

Contenido de humedad en la muestra y determinación del tamaño de partícula.

El Separador de partículas de Pen State(PSPS) por sus siglas en inglés, está diseñado para describir el tamaño de partícula del alimento ofrecido al animal para lo cual, se recomienda que las muestras se analicen sin alterar la forma física o química de la muestra reduciendo al mínimo la pérdida de humedad (Kononoff et al., 2003a).

Debido a que la muestra puede perder humedad durante el almacenamiento o transporte, Kononoff et al., (2003a) llevaron a cabo un estudio para determinar los efectos de la humedad del forraje en las mediciones hechas por el PSPS sobre el tamaño de partícula de las raciones, determinando que, la pérdida pequeña de humedad de las muestras tomadas puede afectar el tamaño de partícula, pero estas diferencias son pequeñas cuando se observan. A la inversa, el secado completo de una muestra da lugar a grandes diferencias en los resultados del tamaño de partícula.

La humedad en la ración, arroja valores superiores de porcentaje de material retenido en las cribas, debido a que hay adherencia de partículas pequeñas a las más grandes, evitando su cribado y disminuyendo el polvo (Arzola et al., 2010), por otra parte; el secado de la muestra provoca fragilidad y destrucción de partículas a la hora del cribado y esto hace que aumenten los finos (Kononoff et al., 2003a).

El separador de partículas de Penn State.

El separador de partículas original, introducido por primera vez en 1996 estaba compuesto de dos cribas y un recipiente inferior. Las aberturas de los dos tamices miden 19.0 y 8.0 mm. Por su diseño simple y tamaño compacto, el PSPS puede ser implementado en la granja para utilizarlo como una herramienta en los tiempos de cosecha o bien, al momento de la alimentación (Lammers et al., 1996).

Actualmente las raciones que se alimentan al ganado lechero contienen 40 a 60% de concentrado, la mayoría de los cuales pasa a través de la criba de 8.0 mm. Un

estudio hecho por Heinrichs et al., (1999) en el cual colectaron 831 muestras de raciones totalmente mezcladas (TMR) en granjas lecheras, demostró que 57.7% del material pasa a través de las cribas 19.0 y 8.0 mm. La medición de las partículas más pequeñas es útil para comprender la relación que existe entre la función del rumen y la fermentación con el tamaño de partícula.

Poppi et al., (1985) determinaron que las partículas >1.18 mm de tamaño tardan más tiempo en salir del rumen. Mertens, (1997) sugiere que, las partículas >1.18 mm estimulan más secreción de saliva que las <1,18 mm y que al ser reducidas de tamaño por trituración, estas mismas partículas podrían atravesar más rápido el rumen.

Por lo tanto Kononoff et al., (2003b) desarrollaron una adición al separador de partículas. La tercera criba fue insertada en una caja idéntica a las cribas originales pero contenía tela metálica de acero inoxidable, que consiste en aberturas de tamaño nominal a 1.18 mm y aberturas diagonales de 1.67 mm.

Como se sabe el tamaño de partícula juega un papel importante en los factores que afectan el comportamiento alimenticio, por lo tanto, el PSPS es útil para cuantificar de una manera más precisa la proporción de partículas mayores que hay en la ración, siendo estas un indicador de la actividad de masticación y la selección.

Influencia de la frecuencia de tamizado sobre la determinación de tamaño de partículas.

El equipo, el método o la forma física de la muestra pueden variar y afectar la medida del tamaño de partícula (Murphy y Zhu, 1997). Lammers et al., (1996) fueron los primeros en describir el funcionamiento del separador de partículas.

La fuerza y frecuencia de los movimientos de agitación debe ser suficiente para que las partículas resbalen sobre la superficie de la criba permitiendo que aquellas más pequeñas que los poros caigan. Sin embargo, la velocidad de agitación, da como resultado que la eficacia de separación difiera (Kononoff et al., 2003a).

El PSPS es operado manualmente y debido a que la frecuencia en el tamizado del PSPS nunca se ha especificado, Kononoff et al., (2003a) evaluaron el efecto de la frecuencia en las mediciones de tamaño de partícula sobre el cribado de ensilaje de alfalfa, ensilaje de maíz y TMR en diferentes frecuencias para formular recomendaciones.

En sus estudios observaron que reduciendo la frecuencia de cribado por debajo de 1.1 Hz a 0.9 Hz resultó significativamente en más material retenido en la criba de 19.0 mm ($P < 0.05$) y menos en las cribas 8.0 y 1.18 mm para todos los tipos de muestras. Como consecuencia de estos resultados, la longitud media geométrica (X_{gm}) fue significativamente mayor cuando el material se cribó a 0.9 Hz en comparación con 1.1 Hz ($P < 0.05$). En contraste, aumentando la frecuencia del cribado de 1.1 a 1.6 Hz no hubo diferencias significativas.

Como resultado de su estudio Kononoff et al.,(2003a) recomiendan que las agitaciones de los PSPS deben realizarse a 1.1 Hz (66 ciclos/min) o mayor, con una longitud de carrera de 17 cm. De esta manera el número de movimientos completos dividido por el tiempo en segundos resulta en un valor de frecuencia que se puede comparar con la recomendación de 1.1 Hz.

Efectos del tamaño de partícula sobre el comportamiento alimenticio y productivo.

Johnson et al., (2002) mencionan que el tamaño de partícula del ensilaje puede estar influenciado por el tipo de configuración en el equipo de cosecha o la madurez de la planta y pueden afectar la densidad de empaque y fermentación del ensilaje.

En la actualidad se sabe que los rumiantes requieren fibra del forraje en forma físicamente tosca (NRC, 2001) y que requieren de cantidades suficientes de fibra larga para mantener una adecuada función de fermentación en el rumen (Yang et al., 2001). Gherardi et al., (1992) comentan al respecto, que alimentos con tamaño de partícula muy largo usualmente resultan en un mayor relleno debido a que el paso de estos por el rumen es más lento limitando el consumo de materia seca (CMS) a través de la distensión. Para Allen (2000) la distensión del retículo-rumen es un factor asociado con la saciedad en los rumiantes y la magnitud de este efecto depende de los requerimientos de energía del animal o del efecto de relleno de la dieta.

Los forrajes repicados reducen la proporción de material en la criba 19.0 mm, pero incrementan la proporción en las cribas 8.0 y 1.18 mm en el PSPS (Kononoff et al.,

2003b) a su vez; cuando el tamaño de partícula disminuye se reduce el tiempo de retención en el rumen aumentando la velocidad de paso (Soita et al., 2002), por lo tanto, hay un incremento en el consumo de materia seca (Allen, 2000).

Woodford y Murphy, (1988) comenzaron a evaluar la disminución del tamaño de partícula como una manera para incrementar el consumo usando diferentes tamaños de heno de alfalfa. Sin embargo en estudios posteriores Yang et al., (2001) no encontraron ningún efecto en la ingesta con la reducción del tamaño de partícula en el forraje. Bhandari et al., (2008) al reducir el ensilaje de alfalfa tampoco encontraron incrementos en consumo de materia seca pero, reduciendo la longitud de corte en la avena aumentó el consumo de materia seca de 19.4 a 21.2 kg/día.

Krause et al., (2002) observaron que el número de comidas / kg MS / día es afectado por el tamaño de partícula del forraje, en contraparte Kononoff et al., (2003b) encontraron que los episodios de comida / kg de MS no son afectados por el tamaño de partícula del ensilaje de maíz y que la reducción del tamaño de partícula resulta en una disminución del comportamiento selectivo con un mayor consumo de partículas gruesas. Pero esto no es nuevo ya que Methu et al., (2001) habían reportado resultados similares al alimentar con ensilaje de maíz de diferentes tamaños de partícula, así como Bal et al., (2000) quienes también observaron una disminución en la tendencia a seleccionar cuando alimentaron un grupo de vacas con ensilaje procesado. Leonardl et al., (2005) tan solo con adicionar agua a la dieta redujeron la selección.

Incrementar los niveles de fibra y el tamaño de partícula en el forraje ha demostrado incrementar efectivamente la actividad masticatoria resultando en el incremento del flujo de saliva, pH ruminal, la relación acetato-propionato y los niveles de grasa en la leche (Beauchemin et al., 1997).

Efectos del tamaño de partícula sobre la actividad de masticación y la rumia.

La actividad de masticación es el mecanismo primario para reducir el tamaño de partícula en la alimentación y es esencial por naturaleza tanto para la digestión y el paso a través del tracto gastrointestinal, Yang et al., (2001) sugieren que el contenido de fibra en las dietas es el factor primario que afecta la actividad masticatoria por lo tanto, la manipulación física de la alimentación puede afectar las actividades de masticación (Kononoff y Heinrichs, 2003b).

El efecto del tamaño de partícula sobre la actividad de masticación y el comportamiento alimenticio siempre ha causado gran inquietud por lo que gran número de estudios se han dirigido a determinar los efectos de disminuir el tamaño de partícula, Woodford y Murphy, (1988) lo evaluaron con alimento granulado y Bal et al., (2000) mediante un picado muy fino.

Kononoff et al., (2003b) observaron que la actividad total de masticación (TC) por kilogramo de materia seca consumida disminuye con la reducción del tamaño de partícula, esto es apoyado por Beauchemin y Yang, (2005) quienes encontraron que el peFDN de la TMR disminuye con un tamaño de partículas reducido modificando el valor de pef en la TMR.

El tiempo de rumia se incrementa cuando el tamaño de partícula es grande debido a un incremento en el número de periodos de rumia/día y tiende hacia un incremento en la duración de cada periodo de rumia (Krause et al., 2002), a la inversa, los tiempos de rumia disminuyen con la reducción del tamaño de partícula y la disminución del contenido de peFDN en la dieta (Beauchemin y Yang, 2005).

Sin embargo, Bhandari et al., (2008) reportan que los episodios de rumia no son afectados significativamente por el tamaño de partícula del forraje. Kononoff et al., (2003b) comentan que la cantidad total de movimientos de rumia por kg de materia seca (MS) y fibra detergente neutro (FDN) consumidas así como la actividad total de masticación (TC) disminuyen significativamente con tamaño de partícula reducida.

En un estudio Soita et al., (2000) elaboraron dietas que diferían 14.07 mm de tamaño (4.68 vs 18.75 mm) con diferente proporción de concentrado, disminuyendo 73 minutos de rumia entre los tratamientos con tamaño de partícula larga vs corta y alta proporción de concentrado y, 47 minutos en los tratamientos tamaño de partícula larga vs corta y baja proporción de concentrado. Kammes y Allen, (2012) con una diferencia de 9 mm en el tamaño de partícula de la ración de ensilaje como único alimento (19 vs 10 mm) disminuyeron 20 minutos al día los tiempos de rumia. Los resultados anteriores demuestran como los forrajes toscos influyen en el tiempo de rumia/día.

Efecto del tamaño de partícula sobre la función y fermentación del rumen.

La función y fermentación del rumen puede ser afectada cuando el ganado se alimenta de raciones carentes de estructura física, cantidades excesivas de fibra largas y gruesas que pueden limitar el consumo y la digestibilidad, afectando en última instancia el balance energético del animal (Allen, 2000).

Comúnmente se considera que la alimentación con forraje de tamaño de partícula corto disminuye la secreción búfer salival, en última instancia reduce el pH ruminal y el porcentaje de grasa en la leche (Mertens, 1997), e inversamente; el incremento del tamaño de partícula aumentará la actividad de masticación con la consiguiente producción de buffer salival y el aumento del pH del rumen. Kononoff et al.,(2003b) reportan que el incremento de la actividad masticatoria por el aumento de tamaño de partícula en el alimento no incrementa substancialmente la producción diaria de saliva para afectar el pH ruminal.

Algunos trabajos reportaron no haber encontrado efecto del tamaño de partícula reducido sobre el pH del rumen (Yang et al., 2001; Kononoff y Heinrichs, 2003a), mientras que Krause et al., (2002) redujeron en un 3.4 % (6.02 vs 5.81) el pH del rumen al disminuir el tamaño de partícula.

Para Yang et al., (2002) la reducción del pH ruminal asociado a la reducción de la longitud del tamaño de partícula es probablemente el resultado de la reducción de la digestibilidad de la fibra. Kononoff y Heinrichs, (2003b) mencionan que las características físicas del alimento pueden tener una influencia menor sobre el pH

ruminal sugiriendo que aparte del tamaño de partícula hay otros factores críticos que regulan el pH cuando hay niveles recomendados de NDF en la ración.

Un pH ruminal bajo puede disminuir CMS, digestibilidad de la fibra y el rendimiento microbiano y por lo tanto disminuir la producción y calidad de la leche aumentando los costos de alimentación (Allen, 1997).

La concentración de ácidos grasos volátiles (VFA) incrementa cuando se reduce el tamaño de partícula. Con ensilaje de cebada Soita et al., (2002) y con ensilaje de alfalfa Kononoff et al., (2003b) encontraron un incremento en la concentración de VFA cuando se redujo el tamaño de partícula.

Kononoff et al., (2003b) encontraron la más alta proporción molar de acetato y la más baja proporción molar de propionato en dietas de tamaño de partícula intermedia y ellos comentan que esto puede ser resultado de 2 efectos competitivos a saber, digestibilidad del almidón y consumo de fibra. Por lo que ellos especulan que una producción menor de acetato y mayor proporción de propionato en las dietas de tamaños de partícula más cortos pueden deberse al aumento de la digestión del almidón que puede estar asociado con la reducción del tamaño de partícula del ensilaje de maíz.

Kononoff y Heinrichs, (2003b) reportan que cambios en las características físicas de la ración resultan en efectos sobre los patrones de AGV en el rumen, de esta manera raciones con tamaño de partícula reducida aumentan la digestibilidad y concentración de AGV, disminuyendo el pH debido a que la reducción del tamaño de partícula incrementa la superficie disponible para el ataque microbiano.

Beaucheminy Yang(2005) encontraron resultados similares al incrementar 8.1 % (122 vs 132 mM) la concentración de AGV con la reducción en la dieta de peFDN incrementado la proporción molar de propionato 13.42% (32.1 vs 28.3 mol/100 mol) disminuyendo la relación acetato-propionato en un 17.15 % (2.04 vs 1.69).

Bhandari et al., (2008) con la reducción de tamaños de partículas de ensilaje de alfalfa y ensilaje de avena no encontraron modificaciones en las concentraciones de AGV, la relación acetato-propionato y amoniaco en el rumen.

Producción y Composición de la leche.

El rendimiento y porcentaje de grasa en la leche tiene relación directa con el tamaño de partícula. Kononoff et al., (2003b) observaron valores más altos en raciones que contienen mayor proporción de partículas grandes pero, estos mismos efectos no fueron encontrados en ese estudio para producción y porcentaje de proteína en la leche.

Hay mucha discrepancia entre el efecto del tamaño de partícula sobre el porcentaje de grasa en la leche, inclusive hay quienes no han encontrado tal efecto, sin embargo; una reducción en el tamaño de partícula y peFDN se espera que reduzca el porcentaje de grasa de leche. Kononoff y Heinrichs, (2003b) mencionan que la falta de respuesta de grasa de la leche para tamaño de partícula reducido también puede ser debido al hecho de que las raciones reúnen los requerimientos del NRC. Por otra parte Beauchemin et al., (1997) han sugerido que las depresiones en la grasa de la leche son más probables cuando FDN está por debajo de los requisitos mínimos.

Adin et al., (2009) al cambiar el contenido de FDN en la dieta incluyendo FDN de fácil digestión como lo es la cascarilla de soya han demostrado un incremento de 7.2% en consumo de materia seca (26.9 contra 25.1) y mayor digestibilidad de FDN 22.7% (49.7 contra 40.5), incrementando 7.4 % (52.1 VS 48.5) la producción de leche y 7.2 % la producción de grasa (1.77 contra 1.65). En contraparte Kononoff y Heinrichs., (2003a) al sustituir con 8% de cascarilla de algodón encontraron mayor consumo de materia seca y FDN pero no hubo modificaciones en la producción y composición de la leche.

Leonardl et al., (2005) mediante la adición de agua a la dieta aumento el consumo de peFDN logrando con ello aumentar el porcentaje de grasa y rendimiento en la leche.

III. Materiales y Métodos.

Localización del área de estudio.

El estudio se realizó en la Comarca Lagunera localizada en la parte suroeste del estado de Coahuila y Noroeste del estado de Durango, colinda al norte con el estado de Chihuahua y al sur con el estado de Zacatecas, esta zona presenta un clima semidesértico, con una precipitación pluvial anual de 230 mm, teniendo una altura de 1129 m sobre el nivel del mar, y una temperatura anual promedio de 27°C, alcanzando una temperatura máxima de 43°C en verano y una temperatura mínima de -5°C en invierno. Se presenta una humedad relativa promedio de 58, con una máxima de 83 y una mínima de 29 con una precipitación anual de 230 mm, se presentan vientos de 5 Km/h y la evaporación es de 2500 mm anual, el periodo del estudio comprendió los meses Junio, Julio y Agosto de 2012.

Procedimiento experimental.

Catorce establos lecheros de la Comarca Lagunera, todos ellos con ordeña automatizada, alimentación con dietas completamente mezcladas y con dos o tres ordeñas por día, se utilizaron en un diseño experimental completamente al azar con dos repeticiones. Las variables analizadas fueron el material retenido por el Separador de Partículas de Penn State en las cribas 19.0, 8.0, 1.18 mm y la base; con lo cual se determinó la distribución del tamaño de partícula y el factor de eficacia física.

Durante cada una de las visitas a los catorce establos se recolectaron dos muestras de las dietas en los comederos, el muestreo se realizó una vez que el carro mezclador paso sirviendo la TMR. La toma de muestra se realizó al azar en dos puntos del comedero, para que la muestra fuera homogénea y representativa se seleccionaba aproximadamente un metro lineal de la ración, se seccionaba en cuatro partes para posteriormente eliminar dos cuartas partes y volver a mezclar, se continuaba el mismo procedimiento de dividir en cuatro partes el sobrante y seccionar dos cuartas partes hasta obtener una muestra equivalente a aproximadamente 1 kg de TMR.

Determinación de la distribución del tamaño de partícula y pef.

Una vez tomada la muestra del alimento ofrecido en base húmeda, se procedió a la cuantificación de los tamaños de partícula de la TMR, para ello se utilizó el Separador de Partículas de Forraje de Penn State, el cual; es una herramienta que nos permite medir la distribución de partículas ofrecidas en la ración del animal

(Kononoff et al., 2003a), así como la cantidad de ración que realmente consume la vaca.

Siguiendo las recomendaciones de Kononoff et al., (2003a) para el uso del Separador de Partículas, las cribas se colocaron una encima de la otra en el siguiente orden descendente: criba superior (poros a 19 mm), criba mediana (poros a 8 mm), criba inferior (poros a 1.67 mm) y la base (partículas menores a 1.67 mm o finos) y la longitud de carrera fue de aproximadamente 17 cm.

Sobre una superficie plana, las cribas fueron agitadas en una dirección 8 veces (1 ciclo), girando la caja separadora $\frac{1}{4}$ de vuelta después de cada ciclo y repitiendo dicho proceso 8 veces para un total de 64 agitaciones. La fuerza y frecuencia de la agitación favoreció a que aquellas partículas más pequeñas que los poros cayeran obteniendo con ello la distribución del tamaño de partícula en las raciones, de esta manera se describe el tamaño de partícula que se ofrece al animal.

Por último, con la ayuda de una báscula precisa se procedió a pesar el contenido retenido en cada criba para su registro y así poder determinar el factor de eficacia física a dos o tres cribas de cada TMR.

Análisis estadístico

Se utilizó el sistema SAS versión 9.2 para llevar a cabo el análisis de varianza sobre la distribución del tamaño de partícula y el factor de eficacia física. La significancia fue $P < 0.05$.

Resultados.

Este estudio se realizó con la finalidad de determinar la distribución del tamaño de partícula (DTP) y el factor de eficacia física (pef) en raciones totalmente mezcladas de 14 establos lecheros de la Comarca Lagunera mediante el uso del Separador de Partículas Penn State.. Los resultados de esta prueba se muestran en el cuadro 1 y se ilustran en las figuras 1 y 2.

El material retenido en la criba 19.0 mm mostró una gran diferencia entre establos ($P < 0.05$) destacando que 10 establos estuvieron en el rango de 4.85% hasta 8.86%, el resto osciló entre 12% hasta 23%. La DTP en la criba 8.0 mm mostró un amplio rango de 22.17 puntos porcentuales entre el establo con menor cantidad de partículas retenidas y el de mayor, el cual osciló entre 31.96 a 54.13% mostrando también diferencia entre los establos ($P < 0.05$), aunque en este caso 7 establos tuvieron menos de 40% y el resto fue superior a esa cantidad. Cabe destacar que en 11 establos la cantidad de alimento retenido en esta criba varía muy poco entre ellos.

En la criba 1.18 mm la variación entre establos fue de 16 puntos porcentuales, oscilando entre 30 a 46%, destacando que esta criba mostró más diferencias entre los establos muestreados que la criba anterior. Por último los resultados del alimento colectado en la bandeja de fondo muestran como 4 establos tuvieron menos de 10% de alimento colectado y el resto osciló entre 12 a 19% con menor diferencia porcentual entre establos comparado con las cribas anteriores.

Estimar el factor de eficacia física (pef) es un buen indicador de la eficacia de una ración para estimular la masticación; en la actualidad se sabe que el alimento

>19,0 mm es un indicador más preciso de la actividad de mascar y se ve influenciado por la disminución del tamaño de partícula el cual a su vez ejerce efecto directo sobre el factor de eficacia física, dando como resultado una disminución en el pef a dos y tres cribas.

Las medias del alimento acumulado en dos cribas conocido como pef₂ fueron diferentes entre establos (P < 0.05), esta variable demostró gran variación con 23 puntos porcentuales y un rango de 38.5 a 61.5 % en el cual, 8 establos arrojaron resultados superiores a 50 %. Para Beauchemin y Yang, (2005) el pef₂ es afectado por la proporción forraje-concentrado que exista en la dieta. El valor de pef₃, también fue diferente entre los establos muestreados, aunque a diferencia de la pef₂, la variación fue menor con tan solo 11.7 puntos porcentuales ya que el rango estuvo entre 80.81 a 92.51%.

Cuadro 1. Medias en porcentaje para el tamaño de partícula y el factor de eficacia física en 14 establos lecheros de la Comarca Lagunera U.A.A.N – U.L 2012.

Establo	C 19.0 mm	C 8.0 mm	C1.18 mm	Base	pef ₂	pef ₃
8	23.03 ^A	35.79 ^{CDEF}	31.60 ^{DE}	9.58 ^{CDE}	58.82 ^{AB}	90.42 ^{ABC}
6	15.57 ^{AB}	36.93 ^{CDEF}	35.47 ^{BCDE}	12.03 ^{BCDE}	52.50 ^{ABCD}	87.97 ^{ABCD}
7	13.32 ^{BC}	31.96 ^F	38.91 ^{ABCD}	15.81 ^{AB}	45.29 ^{CDE}	84.20 ^{DE}
10	12.25 ^{BCD}	41.70 ^{BCD}	37.06 ^{BCDE}	8.99 ^{DE}	53.95 ^{ABCD}	91.00 ^{AB}
9	8.86 ^{BCD}	46.28 ^{AB}	31.62 ^{DE}	13.24 ^{ABCDE}	55.14 ^{ABC}	86.76 ^{ABCDE}
4	7.37 ^{BCD}	54.13 ^A	29.87 ^E	8.63 ^{DE}	61.50 ^A	91.37 ^{AB}
2	7.20 ^{BCD}	37.61 ^{CDEF}	41.8 ^{ABC}	13.39 ^{ABCDE}	44.81 ^{DE}	86.61 ^{ABCDE}
3	6.75 ^{CD}	43.37 ^{BC}	34.5 ^{CDE}	15.38 ^{ABC}	50.11 ^{BCD}	84.62 ^{CDE}
1	6.40 ^{CD}	32.1 ^{EF}	46.34 ^A	15.16 ^{ABC}	38.50 ^E	84.85 ^{CDE}
14	6.35 ^{CD}	40.53 ^{BCDE}	38.7 ^{ABCD}	14.42 ^{ABCD}	46.88 ^{CDE}	85.58 ^{BCDE}
5	5.7 ^{CD}	51.93 ^A	34.88 ^{CDE}	7.49 ^E	57.63 ^{AB}	92.51 ^A
12	5.37 ^{CD}	39.07 ^{BCDEF}	43.22 ^{AB}	12.34 ^{BCDE}	44.43 ^{DE}	87.66 ^{ABCD}
13	4.92 ^{CD}	34.82 ^{DEF}	41.07 ^{ABC}	19.19 ^A	39.75 ^E	80.81 ^E
11	4.85 ^D	47.16 ^{AB}	32.2 ^{DE}	15.79 ^{AB}	52.00 ^{ABCD}	84.21 ^{DE}
Media	9.13	40.95	36.94	12.95	50.09	87.04

pef₂ y pef₃: Factor de eficacia física determinado como la proporción de partículas retenidas a 2 y 3 cribas.

Medias de cada columna con la misma literal son estadísticamente similares (P < 0.05 significativo)

Figura 1. Distribución del Tamaño de Partícula.

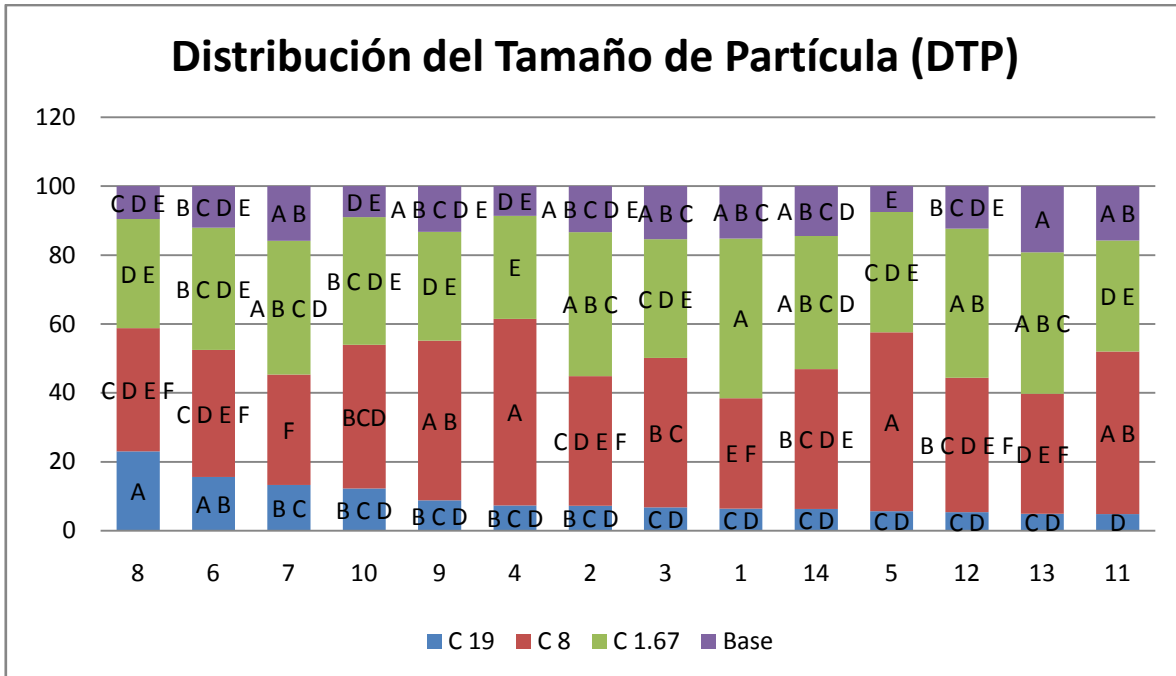
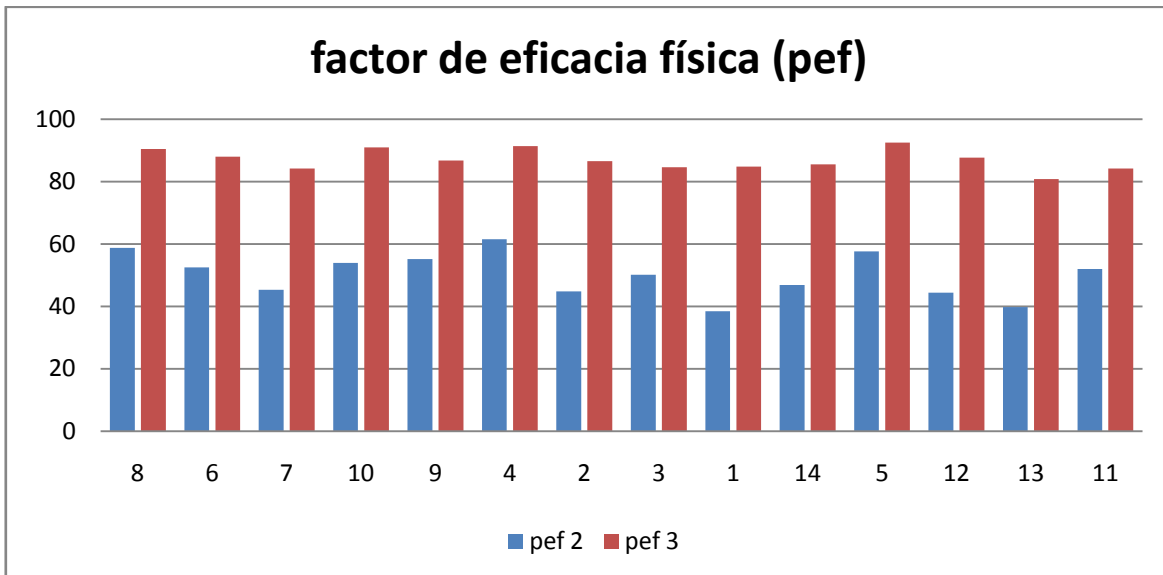


Figura 2. Factor de Eficacia Física.



Discusión

La retención de partículas en la criba 19.0 mm fue estadísticamente similar entre los establos 11, 13, 12, 5, 14, 1, 3, 2, 4 (4.85 a 7.37 %) estos valores se mantuvieron dentro del rango sugerido en las guías para TMR, donde idealmente del 2-8 % debe ser retenido en la criba 19.0 mm; el establo 9 se mantuvo ligeramente arriba con 0.86 puntos porcentuales, mientras que los establos 10, 7, 6, 8 (12.25 a 23.03 %) se mantuvieron alejados de los valores recomendados. Posiblemente estos establos contenían mayor cantidad de forraje verde.

En el presente estudio cuando disminuyó la proporción de partículas mayores a 19.0 mm aumentaron las proporciones en las cribas consecutivas. En 12 establos los valores se mantuvieron dentro de los parámetros de DTP para TMR donde idealmente del 30 al 50 % del material debe ser retenido en la criba 8.0 mm. Sin embargo, el establo 7 fue el establo que menos incrementó sus proporciones en las cribas consecutivas tras la disminución de partículas retenidas en la criba 19.0 mm, situándose tan solo 1.96 puntos porcentuales por arriba del mínimo recomendado para la C 8.0 mm (31.96 VS 30.0 % como mínimo), en contraparte, el establo 5 se situó ligeramente arriba con 1.93 puntos porcentuales del valor máximo. El establo 4 aunque estadísticamente tiene similitud con 3 establos se salió del rango por 4.13 puntos porcentuales.

Los porcentajes de material retenido en la criba 1.18 mm estadísticamente tuvieron mucha similitud entre los establos del mismo estudio y en general los valores se mantuvieron en el rango sugerido que es de 30 a 50 % de material retenido en la criba 1.18 mm (29.87 a 46.34 %). El establo 4 estuvo ligeramente por debajo del rango mínimo con 29.87 % esto podría atribuirse a que posiblemente la ración del establo 4 contenía mayor cantidad de forraje como lo hacen suponer los resultados obtenidos en la criba C8.0 mm.

Con lo que respecta al material colectado en la base, los 14 establos estuvieron en el valor recomendado que es < 20 % de partículas retenidas y en general se

puede observar que los valores obtenidos fueron los ideales con un rango de 7.49 % (en el establo 5) a 19.19 % (en el establo 13).

Es comprensible que en el establo 13 el material de la base sea elevado ya que se sabe que la disminución del tamaño de partícula puede incrementar las proporciones en las cribas, especialmente en la criba 1.18 mm y la base, dicho de otra manera el establo 13 al retener tan solo un 4.92% en C 19.0 mm, aumenta considerablemente sus proporciones en la Base superando 11.7% al establo 5 quien retuvo 5.7% de material en la criba C19.0 mm y aunque la diferencia de material retenido en la criba C19.0 mm entre estos dos establos no parece ser gran cosa, si lo es cuando se compara con la criba C 8.0 mm favoreciendo al establo 5 con 17.11% más partículas retenidas , invirtiendo los resultados en la criba 1.18 mm beneficiando al establo 13 con 6.19% más de partículas retenidas, posiblemente el tamaño de partícula en la ración del establo 13 era más pequeño que la del establo 5.

El factor de eficacia física también es diferente para cada establo. En los establos 14, 7, 2, 12, 13 y 1 el pef_2 fue inferior a 50 % colocando a los establos 3, 11, 6, 10, 9, 5, 8 y 4 con pef_2 de 50 a 61.5%. Por otra parte para el pef_3 se observó que los establos 5, 4, 10 y 8 fueron los más altos con pef_3 de 92, 91, 91 y 90% respectivamente, dejando a 10 establos en el rango de 80 a 88%.

De manera general, las medias obtenidas en este estudio son 9.13, 40.95, 36.94 y 12.96% para las cribas 19.0, 8.0, 1.18 mm y la bandeja de fondo respectivamente con pef_2 y pef_3 de 50 y 87%.

En algunas investigaciones realizadas en EUA Beauchemin y Yang, (2005) utilizando ensilaje de maíz largo (19.1 mm) como único tipo de forraje en la TMR y una proporción de 42:58% forraje-concentrado, determinaron el tamaño de partículas con el PSPS a dos cribas reportando resultados de 20.6, 63.5, 15.9 y 84% para C 19.0 mm, C 8.0 mm, la base y pef_2 .

Bhandari et al., (2008) utilizando ensilaje de alfalfa y ensilaje de avena largo (19.0 mm) a una relación de 48:52 forraje-concentrado (24% de ensilaje de alfalfa y 24%

de ensilaje de avena) obtuvieron los siguientes resultados: 18.5, 52.9, 25.7 y 2.9% para las cribas 19.0 mm, 8 mm, 1.18 mm y la base, de los resultados anteriores se puede obtener un valor de 71 y 97% para pef_2 y pef_3 . En el mismo estudio en otra ración con la misma relación forraje-concentrado y corte chico de ensilajes (6mm) los valores obtenidos fueron 7.9, 56.7, 31.8, 3.8% para las cribas 19.0, 8.0, 1.18 mm y la base con valores de 64.6 y 96.4% para pef_2 y pef_3 .

Heinrichs et al.,(1999) en su estudio de 831 muestras para caracterizar mejor el tamaño de partícula de las TMR utilizadas por los agricultores en la región del Atlántico Medio de los Estados Unidos reportaron 7.1, 35.2 y 57.7% de material retenido en las cribas 19.0 mm, 8.0 mm y 1.18 mm respectivamente con una pef_2 igual a 42.3 %.

Kononoff y Heinrichs, (2003a) utilizando ensilaje de maíz largo (22.3mm) encontraron los siguientes resultados 10.9, 52.3, 30.4 y 6.4% para las cribas 19.0, 8.0, 1.18 mm y la base, de los cuales se obtiene 63.2 y 93.6% para pef_2 y pef_3 . En el mismo estudio utilizaron otra TMR con ensilaje de maíz corto (4.8mm) reportando 3.3, 53.0, 36.5 y 7.2% en las cribas 19.0, 8.0, 1.18 mm y la bandeja de fondo, los valores para pef_2 y pef_3 fueron 56.3 y 92.8%.

En el estudio de Arzola et al., (2010) realizado en la región de Delicias, Chihuahua, México se reporta una distribución de partículas de 16.3, 35.2, 35.4 y 13 % para las cribas C 19.0 mm, C 8.0 mm, C 1.18 mm y la base, según estos resultados se pueden obtener valores de 51.5 y 86.9% para pef_2 y pef_3 .

A pesar de que hay diferencia de nuestros resultados con los valores encontrados en establos lecheros comerciales de algunas regiones de los EUA, nuestros resultados coinciden para los valores en la criba 1.18mm, la bandeja de fondo y pef_2 y pef_3 del estudio realizado por Arzola en la región de Chihuahua en 2010. Es comprensible que existan dichas variaciones debido a que la composición de las dietas es completamente diferente tanto en estructura física como en la relación forraje-concentrado.

Nuestros resultados dan solución a la hipótesis planteada demostrando que si existen diferencias en la distribución del tamaño de partículas y pef_{2y3} entre los establos muestreados pero, los establos 8, 6, 7 y 10 estuvieron más lejanos a las recomendaciones por las guías de Penn State con respecto al valor en el tamaño de partícula $>19.0\text{mm}$ lo que hace suponer que habrá mayor selección en la dieta.

En el presente trabajo de investigación no se consideró el análisis químico previo de los forrajes y la forma física antes de su mezclado así como la relación forraje-concentrado debido a que los datos de la composición de la ración no fueron proporcionados por los propietarios. Para estudios posteriores se sugiere conseguir esos datos e investigar tanto el efecto del tamaño de partícula como el efecto de $peFDN$ sobre la función del rumen, producción y calidad de la leche en establos lecheros aquí en la Comarca Lagunera debido a que la información que existe es limitada.

Conclusiones

Este estudio demostró que el establo 5 fue el que tuvo mejor distribución del tamaño de partícula a lo largo del cribado y los establos 8, 6, 7 y 10 estuvieron más lejanos a las recomendaciones en el tamaño de partícula $>19.0\text{mm}$ con mayor tendencia a la selección en la ración por parte del ganado disminuyendo el consumo de materia seca. Por último, el PSPS si es un método rápido, útil y confiable para la estimación de forraje y tamaño de partícula en la TMR.

Literatura citada

- Adin, G., R. Solomon, M. Nikbachat, A. Zenoun, E. Yosef, A. Brosh, A. Shabtay, S. Mabjeesh, I. Halachmi, y J. Miron. 2009. Effect of feeding cows in early lactation with diets differing in roughage-neutral detergent fiber content on intake behavior, rumination, and milk production. *J. Dairy Sci.* 92: 3364 - 3373.
- Allen, M. 1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *J. Dairy Sci.* 80: 1447 - 1462.
- Allen, M. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci* 83: 1598-1624.
- Arzola, A., V. Bocanegra, M. Murphy, C. Salinas, L. Corral, A. Romanos, B. Ruiz, y M. Rodríguez. 2010. Particle size distribution and chemical composition of total mixed rations for dairy cattle: Water addition and feed sampling effects. *J. Dairy Sci.* 93: 4180 - 4188.
- Bal, M., R. Shaver, A. Jirovec, K. Shinnery, y J. Coors. 2000. Crop processing and chop length of corn silage: Effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci* 83: 1264-1273.
- Beauchemin, K., L. Rode, y M. Eliason. 1997. Chewing activities and milk production of dairy cows fed alfalfa as hay, silage, or dried cubes of hay or silage. *J. Dairy Sci* 80: 324-333.
- Beauchemin, K., y W. Yang. 2005. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage*. *J. Dairy Sci.* 88: 2117-2129.
- Bhandari, S., S. Li, K. Ominski, K. Wittenberg, y J. Platzler. 2008. Effects of the chop lengths of alfalfa silage and oat silage on feed intake, milk production, feeding behavior, and rumen fermentation of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91: 1942 - 1958.
- Gherardi, S., R. Kellaway, y J. Black. 1992. Effect of forage particle length on rumen digesta load, packing density and voluntary feed intake by sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 43: 1321-1336.
- Grant, R., V. Colenbrander, y D. Mertens. 1990. Milk fat depression in dairy cows: Role of particle size of alfalfa hay. *J Anim Sci* 73: 1823-1833.
- Heinrichs, A., D. Buckmaster, y B. Lammers. 1999. Processing, mixing, and particle size reduction of forages for dairy cattle. *J. Animal Sci* 77: 180-186.
- Johnson, L., J. Harrison, D. Davidson, J. Robutti, y M. Swift. 2002. Corn silage management i: Effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on chemical and physical characteristics. *J. Dairy Sci* 85: 833-853.
- Kammes, K., y M. Allen. 2012. Nutrient demand interacts with grass particle length to affect digestion responses and chewing activity in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95: 807-823.
- Kononoff, P., y A. Heinrichs. 2003a. The effect of corn silage particle size and cottonseed hulls on cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 86: 2438 - 2451.
- Kononoff, P., y A. Heinrichs. 2003b. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *J. Dairy Sci* 86: 1445-1457.
- Kononoff, P., A. Heinrichs, y D. Buckmaster. 2003a. Modification of the penn state forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. *J. Dairy Sci* 86: 1858-1863.
- Kononoff, P., A. Heinrichs, y H. Lehman. 2003b. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci* 86: 3343-3353.

- Krause, K., D. Combs, y K. Beauchemin. 2002. Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. II. Ruminal pH and chewing activity. *J. Dairy Sci.* 85: 1947 - 1957.
- Lammers, B., D. Buckmaster, y A. J. Heinrichs. 1996. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *J. Dairy Sci* 79: 922-928.
- Leonardi, C., F. Glanico, y L. Armentano. 2005. Effect of water addition on selective consumption (sorting) of dry diets by dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 88: 1043-1049.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci* 80: 1463-1481.
- Methu, J. N., E. Owen, A. L. Abate, y J. C. Tanner. 2001. Botanical and nutritional composition of maize stover, intakes and feed selection by dairy cattle. *Livestock Production Science* 71: 87-96.
- Miron, J., E. Yosef, E. Maltz, y I. Halachmi. 2003. Soybean hulls as a replacement of forage neutral detergent fiber in total mixed rations of lactating cows. *Animal Feed Science and Technology* 106: 20-28.
- Murphy, M., y J. Zhu. 1997. A comparison of methods to analyze particle size as applied to alfalfa haylage, corn silage, and concentrate mix. *J. Dairy Sci* 80: 2932-2938.
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle: Seventh revised edition, 2001. The National Academies Press.
- Poppi, D. P., R. E. Hendricksen, y D. J. Minson. 1985. The relative resistance to escape of leaf and stem particles from the rumen of cattle and sheep. *The Journal of Agricultural Science* 105: 9-14.
- Soita, H., D. Christensen, y J. McKinnon. 2000. Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in barley silage. *J. Dairy Sci.* 83: 2295 - 2300.
- Soita, H., D. Christensen, J. McKinnon, y A. Mustafa. 2002. Effects of barley silage of different theoretical cut length on digestion kinetics in ruminants. *Can. J. Anim. Sci* 82: 207-213.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Comstock Publishing Associates.
- Woodford, S., y M. Murphy. 1988. Effect of forage physical form on chewing activity, dry matter intake, and rumen function of dairy cows in early lactation 1. *J. Dairy Sci* 71: 674-686.
- Yang, W., K. Beauchemin, y L. Rode. 2001. Effects of grain processing, forage to concentrate ratio, and forage particle size on rumen pH and digestion by dairy cows1. *J. Dairy Sci* 84: 2203-2216.
- Yang, W., K. Beauchemin, y L. Rode. 2002. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on site and extent of digestion1. *J. Dairy Sci.* 85: 1958 - 1968.
- Zebeli, Q., M. Tafaj, I. Weber, J. Dijkstra, H. Steingass, y W. Drochner. 2007. Effects of varying dietary forage particle size in two concentrate levels on chewing activity, ruminal mat characteristics, and passage in dairy cows1. *J Anim Sci* 90: 1929 - 1942.

Apéndice

```

Sistema SAS      00:00 Monday, September 1, 2008    2

ObsEstabloRepets  C18      C8      C118     Base
1                1        1        1        5.26   32.05   46.92   15.77
2                1        1        2        7.55   32.13   45.77   14.54
3                2        2        1        7.62   35.94   42.09   14.36
4                2        2        2        6.79   39.28   41.51   12.42
5                3        3        1        6.61   43.61   33.92   15.86
6                3        3        2        6.88   43.13   35.09   14.91
7                4        4        1        8.76   62.04   21.90    7.30
8                4        4        2        5.98   46.22   37.85    9.96
9                5        5        1        7.77   50.78   33.16    8.29
10               5        5        2        3.61   53.09   36.60    6.70
11               6        6        1       11.60   39.18   37.62   11.60
12               6        6        2       19.53   34.68   33.33   12.46
13               7        7        1       17.89   30.18   37.19   14.74
14               7        7        2        8.75   33.75   40.63   16.88
15               8        8        1       19.23   38.89   32.48    9.40
16               8        8        2       26.83   32.68   30.73    9.76
17               9        9        1        3.17   47.96   28.96   19.91
18               9        9        2       14.55   44.60   34.27    6.57
19              10       10       1        9.70   45.15   37.13    8.02
20              10       10       2       14.79   38.26   36.98    9.97
21              11       11       1        3.36   47.90   33.61   15.13
22              11       11       2        6.33   46.41   30.80   16.46
23              12       12       1        3.04   36.82   46.28   13.85
24              12       12       2        7.69   41.31   40.17   10.83
25              13       13       1        5.49   35.53   40.66   18.32
26              13       13       2        4.35   34.11   41.47   20.07
27              14       14       1        5.00   38.75   41.25   15.00
28              14       14       2        7.69   42.31   36.15   13.85

Sistema SAS      00:00 Monday, September 1, 2008    3

```

Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

```

Clase      Niveles      Valores
Establo      14      1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Repets      2      1 2

```

```

Número de observaciones leídas      28
Número de observaciones usadas      28
Sistema SAS      00:00 Monday,

```

September 1, 2008 4

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: C18

Pr > F	Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
0.0130	Modelo	13	703.4366429	54.1105110	3.53
	Error	14	214.8080000	15.3434286	
	Total corregido	27	918.2446429		
	R-cuadrado		Coef Var	Raíz MSE	C18 Media
			0.766067	42.87309	3.917069
					9.136429

Pr > F	Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor
0.0130	Establo	13	703.4366429	54.1105110	3.53
			Sistema SAS	00:00 Monday,	
			September 1, 2008	5	

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: C8

Pr > F	Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
0.0009	Modelo	13	1244.498400	95.730646	6.17
	Error	14	217.195900	15.513993	
	Total corregido	27	1461.694300		
	R-cuadrado		Coef Var	Raíz MSE	C8 Media
			0.851408	9.617338	3.938781
					40.95500

Pr > F	Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor
0.0009	Establo	13	1244.498400	95.730646	6.17
			Sistema SAS	00:00 Monday,	
			September 1, 2008	6	

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: C118

Pr > F	Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
0.0154	Modelo	13	634.1056714	48.7773593	3.39
	Error	14	201.3385000	14.3813214	
	Total corregido	27	835.4441714		

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	C118 Media
0.759004	10.26404	3.792271	36.94714

Pr > F	Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor
0.0154	Establo	13	634.1056714	48.7773593	3.39

September 1, 2008 7

Sistema SAS 00:00 Monday,

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Base

Pr > F	Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
0.0304	Modelo	13	290.3062607	22.3312508	2.86
	Error	14	109.1319500	7.7951393	
	Total corregido	27	399.4382107		

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Base Media
0.726786	21.54007	2.791978	12.96179

Pr > F	Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor
0.0304	Establo	13	290.3062607	22.3312508	2.86

September 1, 2008 8

Sistema SAS 00:00 Monday,

Cuadro 1 A: Análisis de varianza para tamaño de partícula C 19 en los establos lecheros estudiados U.A.A.A.N. – U.L. 2012.

Fuentes de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de medias	F-Valor	Pr \square F	Significativo
Establos	13	703.4366429	54.110511	3.53	0.013	*1
Error	14	214.808	15.3434286			
Total	27	918.2446429				
Coeficiente de Variación	42.87309					
¹ Significativo	(P < 0.05)					

Cuadro 2 A: Análisis de varianza para tamaño de partícula C 8 en los establos lecheros estudiados U.A.A.A.N. – U.L. 2012.

Fuentes de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de medias	F – Valor	Pr \square F	Significativo
Establos	13	1244.4984	95.730646	6.17	0.0009	*1
Error	14	217.1959	15.513993			
Total	27	1461.6943				
Coeficiente de Variación	9.617338					
¹ Significativo	(P < 0.05)					

Cuadro 3 A: Análisis de varianza para tamaño de partícula C1.18 en los establos lecheros estudiados U.A.A.A.N. – U.L. 2012.

Fuentes de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de medias	F - Valor	Pr \square F	Significativo
Establos	13	634.1056714	48.7773593	3.39	0.0154	*1
Error	14	201.3385	14.3813214			
Total	27	835.4441714				
Coeficiente de Variación	10.26404					
¹ Significativo	(P <0.05)					

Cuadro 4 A: Análisis de varianza para tamaño de partícula Base en los establos lecheros estudiados U.A.A.A.N – U.L 2012.

Fuentes de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de medias	F - Valor	Pr \square F	Significativo
Establos	13	290.3062607	22.3312508	2.86	0.0304	*1
Error	14	109.13195	7.7951393			
Total	27	399.4382107				
Coeficiente de Variación	21.54007					
¹ Significativo	(P <0.05)					

Procedimiento ANOVA

t Tests (LSD) para C18

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

	Alpha	0.05
	Error Degrees of Freedom	14
Error de cuadrado medio	15.34343	
	Valor crítico de t	2.14479
	Diferencia menos significativa	8.4013

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	N	Establo		
A	23.030	2	8		
A		B	A	15.565	2 6
		B			
		B	C	13.320	2 7
		B	C		
		B	C D	12.245	2 10
		B	C D		
		B	C D	8.860	2 9
		B	C D		
		B	C D	7.370	2 4
		B	C D		
		B	C D	7.205	2 2
			C D		
			C D	6.745	2 3
			C D		
			C D	6.405	2 1
			C D		
			C D	6.345	2 14
			C D		
			C D	5.690	2 5
			C D		
			C D	5.365	2 12
			C D		
			C D	4.920	2 13
			D		
			D	4.845	2 11

Sistema SAS 00:00 Monday, September 1, 2008 9

Procedimiento ANOVA

t Tests (LSD) para C8

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

	Alpha	0.05
	Error Degrees of Freedom	14
Error de cuadrado medio	15.51399	
	Valor crítico de t	2.14479
	Diferencia menos significativa	8.4478

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	N	Establo				
A	54.130	2	4				
A				A	51.935	2	5
				A			
		B		A	47.155	2	11
		B		A			
		B		A	46.280	2	9
		B					
		B		C	43.370	2	3
		B		C			
		B		C	41.705	2	10
B							
B		E					
		C					
		D					
	40.530						
		B		E			
		F		E	39.065	2	12
		F		E			
		F		E	37.610	2	2
		F		E			
		F		E	36.930	2	6
		F		E			
		F		E	35.785	2	8
		F		E			
		F		E	34.820	2	13
		F		E			
		F		E	32.090	2	1
F							
		F			31.965	2	7

Sistema SAS 00:00 Monday,

September 1, 2008 10

Procedimiento ANOVA

t Tests (LSD) para C118

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

	Alpha	0.05
	Error Degrees of Freedom	14
Error de cuadrado medio	14.38132	
	Valor crítico de t	2.14479
	Diferencia menos significativa	8.1336

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	N	Establo			
		A		46.345	2	1
A		A		43.225	2	12
	B	A		41.800	2	2
	B	A	C	41.065	2	13
	B	A	C	38.910	2	7
B D A C	B D	A C		38.700	2	14
	B D	A C		37.055	2	10
B D E C	B D	E C		35.475	2	6
	D	E C		34.880	2	5
	D	E C		34.505	2	3
	D	E		32.205	2	11
	D	E		31.615	2	9
	D	E		31.605	2	8
	D	E		29.875	2	4

Sistema SAS 00:00 Monday, September 1, 2008 11

Procedimiento ANOVA

t Tests (LSD) para Base

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

	Alpha	0.05
	Error Degrees of Freedom	14
Error de cuadrado medio	7.795139	
	Valor crítico de t	2.14479
	Diferencia menos significativa	5.9882

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	N	Establo			
A	19.195	2	13			
A				B	A	15.810 2 7
				B	A	
				B	A	15.795 2 11
				B	A	
				B	A C	15.385 2 3
				B	A C	
				B	A C	15.155 2 1
				B	A C	
B D A C	14.425	2	14			
B D A C				E B D	A C	13.390 2 2
				E B D	A C	
				E B D	A C	13.240 2 9
				E B D	C	
				E B D	C	12.340 2 12
				E B D	C	
				E B D	C	12.030 2 6
				E D	C	
				E D	C	9.580 2 8
				E D		
				E D		8.995 2 10
				E D		
				E D		8.630 2 4
				E		
				E		7.495 2 5

September 1, 2008 1 Sistema SAS 00:00 Monday,

Obs	ESTABLO	Repes	Ef1	Ef2	Ef3			
1	1	1	5.26	37.31	84.23			
			2	1	2	7.55	39.68	85.46
			3	2	1	7.62	43.55	85.64
			4	2	2	6.79	46.07	87.58
			5	3	1	6.61	50.22	84.14
			6	3	2	6.88	50.00	85.09
			7	4	1	8.76	70.80	92.70
			8	4	2	5.98	52.19	90.04
			9	5	1	7.77	58.55	91.71
			10	5	2	3.61	56.70	93.30
			11	6	1	11.60	50.78	88.40
			12	6	2	19.53	54.21	87.54
			13	7	1	17.89	48.07	85.26
			14	7	2	8.75	42.50	83.13
			15	8	1	19.23	58.12	90.60
			16	8	2	26.83	59.51	90.24
			17	9	1	3.17	51.13	80.09
			18	9	2	14.55	59.15	93.43
			19	10	1	9.70	54.85	91.98
			20	10	2	14.79	53.05	90.03
			21	11	1	3.36	51.26	84.87
			22	11	2	6.33	52.74	83.54
			23	12	1	3.04	39.86	86.15
			24	12	2	7.69	49.00	89.17
			25	13	1	5.49	41.03	81.68
			26	13	2	4.35	38.46	79.93
			27	14	1	5.00	43.75	85.00
			28	14	2	7.69	50.00	86.15

Sistema SAS 00:00 Monday,

September 1, 2008 2

Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
ESTABLO	14	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
Repes	2	1 2

Número de observaciones leídas 28

Número de observaciones usadas 28

Sistema SAS 00:00 Monday,

September 1, 2008 3

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ef1

Pr > F	Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
0.0130	Modelo	13	703.4366429	54.1105110	3.53
	Error	14	214.8080000	15.3434286	
	Total corregido	27	918.2446429		

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Ef1 Media
0.766067	42.87309	3.917069	9.136429

Pr > F	Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor
0.0130	ESTABLO	13	703.4366429	54.1105110	3.53

September 1, 2008 4 Sistema SAS 00:00 Monday,

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ef2

Pr > F	Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
0.0038	Modelo	13	1295.223586	99.632584	4.61
	Error	14	302.725000	21.623214	
	Total corregido	27	1597.948586		

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Ef2 Media
0.810554	9.283311	4.650077	50.09071

Pr > F	Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor
0.0038	ESTABLO	13	1295.223586	99.632584	4.61

September 1, 2008 5 Sistema SAS 00:00 Monday,

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ef3

Pr > F	Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
0.0304	Modelo	13	290.2493429	22.3268725	2.86
	Error	14	109.1106000	7.7936143	
	Total corregido	27	399.3599429		

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Ef3 Media
0.726786	3.207434	2.791705	87.03857

Pr > F	Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor
0.0304	ESTABLO	13	290.2493429	22.3268725	2.86

September 1, 2008 6

Sistema SAS 00:00 Monday,

Cuadro 5 A: Análisis de varianza para pef_2 en los establos lecheros estudiados U.A.A.A.N – U.L 2012.

Fuentes de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de medias	F- Valor	Pr >F	Significativo
Establos	13	1295.223586	99.632584	4.61	0.0038	*1
Error	14	302.725	21.623214			
Total	27	1597.948586				
Coeficiente de variación	9.283311					
¹ Significativo	(P<0.05)					

Cuadro 6 A: Análisis de varianza para pef_3 en los establos lecheros estudiados U.A.A.A.N – U.L 2012.

Fuentes de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de medias	F-Valor	Pr>F	Significativo
Establos	13	290.2493429	22.3268725	2.86	0.0304	*1
Error	14	109.1106	7.7936143			
Total	27	399.3599429				
Coeficiente de variación	3.207434					
¹ Significativo	(P<0.05)					

Procedimiento ANOVA

tTests (LSD) para Ef1

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

	Alpha	0.05
	Error Degrees of Freedom	14
Error de cuadrado medio	15.34343	
	Valor crítico de t	2.14479
	Diferencia menos significativa	8.4013

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	N	ESTABLO
A	23.030	2	8
A		B	A
		B	15.565
		B	2
		B	6
		B	C
		B	13.320
		B	2
		B	7
		B	C
		B	C
		B	D
		B	12.245
		B	2
		B	10
		B	C
		B	D
		B	8.860
		B	2
		B	9
		B	C
		B	D
		B	7.370
		B	2
		B	4
		B	C
		B	D
		B	7.205
		B	2
		B	2
		B	C
		B	D
		B	6.745
		B	2
		B	3
		B	C
		B	D
		B	6.405
		B	2
		B	1
		B	C
		B	D
		B	6.345
		B	2
		B	14
		B	C
		B	D
		B	5.690
		B	2
		B	5
		B	C
		B	D
		B	5.365
		B	2
		B	12
		B	C
		B	D
		B	4.920
		B	2
		B	13
		B	C
		B	D
		B	4.845
		B	2
		B	11
D	4.845	2	11
Sistema SAS		00:00	Monday, September 1, 2008
			7

Procedimiento ANOVA

t Tests (LSD) para Ef2

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

	Alpha	0.05
	Error Degrees of Freedom	14
Error de cuadrado medio	21.62321	
	Valor crítico de t	2.14479
	Diferencia menos significativa	9.9734

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	N	ESTABLO					
A	61.495	2	4					
A		B	A	58.815	2	8		
		B	A					
		B	A	57.625	2	5		
		B	A					
		B	A	C	55.140	2	9	
		B	A	C				
		B	D	A	C	53.950	2	10
B	D	A	C					
		B	D	A	C	52.495	2	6
		B	D	A	C			
		B	D	A	C	52.000	2	11
B	D		C					
		B	D		C	50.110	2	3
D			C					
			D	E	C	46.875	2	14
			D	E	C			
			D	E	C	45.285	2	7
			D	E				
			D	E		44.810	2	2
			D	E				
			D	E		44.430	2	12
				E				
				E		39.745	2	13
				E				
E	38.495	2	1					

September 1, 2008 8

Sistema SAS

00:00 Monday,

Procedimiento ANOVA

t Tests (LSD) para Ef3

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

	Alpha	0.05
	Error Degrees of Freedom	14
Error de cuadrado medio	7.793614	
	Valor crítico de t	2.14479
	Diferencia menos significativa	5.9876

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento				Media	N	ESTABLO
A				92.505	2	5
A						
				B	A	91.370 2 4
				B	A	
				B	A	91.005 2 10
				B	A	
				B	A C	90.420 2 8
				B	A C	
				B D	A C	87.970 2 6
B	D	A	C			
B	D	A	C	87.660	2	12
				B D	A C	
E	B	D	A C	86.760	2	9
				E B D	A C	
				E B D	A C	86.610 2 2
				E B D	C	
				E B D	C	85.575 2 14
				E D	C	
				E D	C	84.845 2 1
				E D	C	
				E D	C	84.615 2 3
				E D		
				E D		84.205 2 11
				E D		
				E D		84.195 2 7
				E		
				E		80.805 2 13