

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**DETERMINACIÓN DEL FACTOR FÍSICO EFECTIVO (pef) Y peFDN  
DE LA DIETA DE VACAS EN LACTACIÓN**

**POR:**

**EDGAR PLIEGO HERNÁNDEZ**

**TESIS**

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

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN COAHUILA, MEXICO**

**DICIEMBRE 2009.**

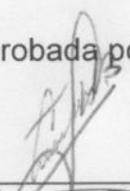
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

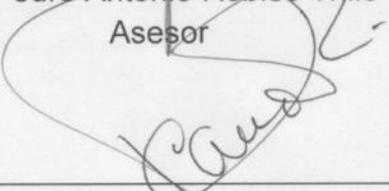


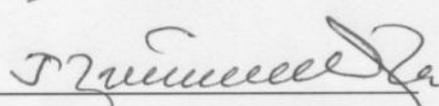
Tesis que se somete a consideración de H. Jurado examinador como  
requisito para obtener el título de

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Pedro Antonio Robles Trillo  
Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Pedro Cano Ríos.  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Rafael Rodríguez Martínez  
Coasesor.

Diciembre del 2009.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DETERMINACIÓN DEL FACTOR FÍSICO EFECTIVO (pef) Y peFDN DE LA  
DIETA DE VACAS EN LACTACIÓN

POR:

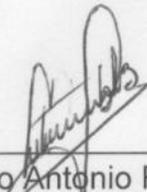
EDGAR PLIEGO HERNÁNDEZ

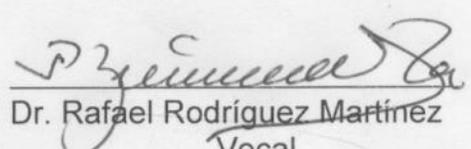
TESIS

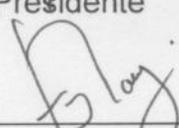
Que somete a consideración del H. Jurado examinador como  
requisito para obtener el título de

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Pedro Antonio Robles Trillo  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Rafael Rodríguez Martínez  
Vocal

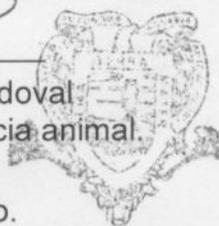
  
\_\_\_\_\_  
IZ. Jorge Horacio Borunda  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
MC. José Luis Francisco Sandoval  
Vocal suplente.

  
\_\_\_\_\_  
MC. José Luis Francisco Sandoval  
Coordinador de la división de ciencia animal.

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre del 2009.



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
REGIONAL  
CIENCIA ANIMAL

## AGRADECIMIENTOS

A dios

Por darme la dicha de vivir, la salud, la capacidad, el carácter, la paciencia y el conocimiento de seguir adelante en las buenas y en las malas aun cuando todo se tornaba difícil siempre estaba junto a mí.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la dicha de estudiar y ser mejor persona.

Al Dr. Pedro A. Robles Trillo.

Gracias por haber confiado en mí, por asesorarme, por el apoyo brindado, por su disposición y contribuciones en la revisión de la investigación y sobre todo por transmitirme los conocimientos de un buen investigador.

A la Ing. Leticia Gaytan Alemán.

Gracias por su paciencia y apoyo en la realización de los análisis bromatológicos.

Al Dr. Pedro Cano Ríos.

Gracias por el apoyo incondicional en el análisis de los datos y por su paciencia al momento de realizarlos.

Al profesor: Oscar Amado Ojeda Contreras.

Gracias por enseñarme la forma de ver la vida como una persona madura y por haberme inculcado objetivos y metas en el Tae Kwon Do que nunca pensé alcanzar.

Al MVZ. Heriberto Rodríguez Trejo, Gracias por tu valiosa amistad y por tu apoyo incondicional en la investigación de campo.

A los MVZ. Gerardo Sánchez Chávez, José Feliciano Soto Amador, Ángel Vega Anrubio, José María Sánchez Escamilla, Diego Armando Sánchez Casas, Diego Valentín Lara Cruz, José Manuel Guzmán, Jesús Eymar López Tacuba y Marcelino Sosa Trejo, gracias por su valiosa amistad, por su apoyo y los buenos momentos durante la estancia en la universidad.

**Gracias a todos.**

## **DEDICATORIAS**

### **A MIS PADRES**

#### **ELPIDIO PLIEGO MONTIEL Y GLORIA HERNÁNDEZ MÁRQUEZ**

Por la confianza que tuvieron en mí desde el inicio de mis estudios, por tenerme la paciencia que solo un padre la tiene en sus hijos, por su comprensión, gracias por formar y educar a ese niño travieso a todo un hombre profesional y sobre todo por darme lo más valioso de este mundo la vida, todo se los debo a ustedes muchas gracias padres queridos, los quiero.

A todos mis hermanos: Juana, Lorenzo, Silveria, Bulmara, Clara, Marcelo, Telesforo, Mario. Martha, Julio, Humberto Fernando Josué, Cruz Alejandro y Jesús, por compartir momentos de felicidad, por haber depositado su confianza y apoyarme siempre a lo largo de mi carrera y sobre todo por ser los pilares de motivación de seguir adelante y ser de mi una buena persona exitosa.

A todos mis sobrinos, cuñados y cuñadas por darme la motivación de seguir adelante en mis estudios y por estar siempre pendientes de mí.

A mis amigos Yurydiana, Vanessa, Maricela, Pilar, muchas gracias por su apoyo incondicional y por la motivación.

A María Guadalupe; tú que me brindaste el apoyo desde el inicio hasta el término de la tesis, por haber estado en las buenas y en las malas.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	IV
DEDICATORIAS .....	V
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS .....	VII
RESUMEN .....	VII
I.-INTRODUCCIÓN .....	1
II.-REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
Tamaño de partícula y su interacción con el contenido de peFDN sobre el consumo de materia seca.....	3
Tamaño de partícula y su interacción con el contenido de peFDN sobre las actividades de masticación.	10
Tamaño de partícula y su interacción con el contenido de peFDN sobre la digestión. ....	17
Tamaño de partícula y su interacción con el contenido de peFDN sobre el pH ruminal.....	25
Tamaño de partícula y su interacción con el contenido de peFDN sobre la producción láctea.....	34
III.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
Ubicación del experimento.....	43
Toma de muestras.....	43
Método de determinación de la distribución del tamaño de partícula .....	43
Determinación del pef y peFDN.....	44
Determinación de MS y FND.....	45
Descripción de los forrajes utilizados.....	46
Análisis estadístico.....	46
IV.- RESULTADOS.....	47
V.- DISCUSIÓN.....	50
VI.- CONCLUSIÓN.....	54
VIII.- LITERATURA CITADA .....	55
VII. - APENDICES .....	59

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Patron de agitación para la separación de partículas por tamaño .....	44
<b>Cuadro 1.-</b> Relación de los forrajes y proporción de forraje-concentrado en las raciones completamente mezcladas de los establos evaluados. ....	46
<b>Cuadro 2.-</b> Media de cuadrados mínimos de materia seca retenida (MSR), factor de eficiencia física (pef), contenido de eficacia física de la fibra (peFDN) y composición química de las raciones totalmente mezcladas.....	47
<b>Cuadro 3.</b> Análisis de varianza del factor establo para la variable materia seca retenida (MRC1) en la Criba 1. UAAAN-URL. 2009. ....	59
<b>Cuadro 4.</b> Análisis de varianza del factor establo para la variable materia seca retenida (MRC2) en la Criba 2. UAAAN-URL. 2009. ....	59
<b>Cuadro 5.</b> Análisis de varianza del factor establo para la variable materia seca retenida (MRC3) en la Criba 3. UAAAN-URL. 2009. ....	60
<b>Cuadro 6.</b> Análisis de varianza del factor establo para la variable materia seca retenida (MRC4) en la Criba 4. UAAAN-URL. 2009. ....	60
<b>Cuadro 7.</b> Análisis de varianza del factor establo para la variable del factor de eficiencia física (pef <sub>1</sub> ). UAAAN-URL. 2009. ....	61
<b>Cuadro 8.</b> Análisis de varianza del factor establo para la variable del factor de eficiencia física (pef <sub>2</sub> ) UAAAN-URL. 2009. ....	61
<b>Cuadro 9.</b> Análisis de varianza del factor establo para la variable del factor de eficiencia física (pef <sub>3</sub> ) UAAAN-URL. 2009. ....	62
<b>Cuadro 10.</b> Análisis de varianza del factor establo para la variable del factor de eficacia física (peFND <sub>2</sub> ) UAAAN-URL. 2009.....	62
<b>Cuadro 11.</b> Análisis de varianza del factor establo para la variable del factor de eficacia física (peFND <sub>3</sub> ). UAAAN-URL. 2009.....	63

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la materia seca retenida, el factor de eficiencia física (pef) y el contenido de peFDN de las raciones totalmente mezcladas en vacas altas productoras de diez establos de la comarca lagunera. El estudio se realizó tomando una muestra y su repetición de las dietas por cada carro mezclador considerando el 50% del total de carros que se proporcionan durante las 24 hrs. a las vacas lecheras altas productoras utilizando como método de determinación el PSPS. El contenido de pef dietético fue determinado sumando la proporción de materia seca retenida dietética sobre dos cribas 19 y 8 mm (pef<sub>2</sub>) o sobre tres cribas 19, 8 y 1.18 mm (pef<sub>3</sub>) y el contenido de peFDN fue determinado por pef<sub>2</sub> o pef<sub>3</sub> multiplicado por el contenido de fibra neutro detergente de la MS de la ración totalmente mezclada. Los resultados, con respecto a materia seca retenida se observó (P> 0.0001). Los establos 3, 5 y 8 la cantidad fue superior al 8 % en la criba 19 mm, en la criba 8 mm la cantidad de materia seca retenida en los establos 1, 5 y 7 fue inferior al 30 %. Para la criba 1.18 mm se observó que los establos 1 y 7 la cantidad de materia seca retenida fue superior al 50 %. Por otra parte con respecto al factor de eficiencia física (pef) se observó (P> 0.0001), los establos 1 y 7 el pef<sub>2</sub> fue inferior al 40 %. Para el pef<sub>3</sub>, el porcentaje mayor fue de 86.7% para el establo 4, por otra parte el porcentaje menor es de 80.5% en el establo 10. Con respecto al peFDN<sub>2</sub> se observó (P> 0.0001), el porcentaje mayor es de 27.7 % en el establo 5, mientras el porcentaje más bajo fue para el establos 3 con una cantidad de 13.4% y para peFDN<sub>3</sub> todos los establos están sobre el 50%. Los resultados demuestran que al menos un establo difiere en la materia seca retenida, factor de eficiencia física y contenido de peFDN de las dietas, debido a que puede variar en la longitud de corte teórico al momento de la cosecha, el tipo de forraje y el contenido de FND de la materia seca de las raciones totalmente mezcladas.

**PALABRAS CLAVE:** vacas lecheras, PSPS, tamaño de partícula pef, peFDN.

## I.- INTRODUCCIÓN

Para reunir los requerimientos de energía para vacas lactantes con una producción alta, las dietas típicamente contienen relativamente proporciones altas de concentrado y forraje de calidad alta. La tendencia de estas dietas son relativamente bajas en fibra (Beauchemin *et al*, 2003).

Para mantener una función adecuada del rumen y la salud de la vaca se recomienda alimentar al ganado lechero con un mínimo de FND de 25 % y un 75 % de FND que podría ser suplida por el forraje de la dieta (Calberry, *et al.*, 2005).

Una longitud adecuada de fibra en una forma que sea eficaz físicamente es necesaria en dietas para mantener una función adecuada del rumen mejorando la masticación y secreción de saliva que elevan el pH ruminal (Yang y Beauchemin 2005).

El concepto de factor de eficiencia física (pef) de fibra fue recientemente introducido para relacionar las características físicas del alimento con el pH ruminal midiendo la longitud de partícula o actividad de masticación (Beauchemin, *et al*, 2003). Por otra parte el concepto de peFDN incorpora la información sobre el (pef) y el contenido de FND química de la dieta en una manera que predice la eficacia física de la fibra de la ración totalmente mezclada (Yang y Beauchemin 2006a).

Pero hay métodos como el Separador de Partículas del Estado de Pennsylvania (PSPS) para estimar el tamaño de partícula del forraje de la ración totalmente mezclada RTM (Kononoff y Henrichs 2003).

El PSPS consiste en cuatro cajas, la criba con los hoyos más grandes (19 mm) arriba, la de hoyos medianos (8 mm) criba media, la de hoyos más pequeños (1.18m) criba inferior, y la bandeja sólida hasta abajo (Henrichs y Kononoff, 2002).

Se han realizado varios estudios sobre el contenido de peFDN y su efecto sobre los parámetros consumo, masticación, digestión etc. pero han sido poco claros. (Yang y Beauchemin, 2006a) evaluaron el contenido de peFDN con dietas basadas en ensilaje de cebada, se observó que el tamaño de partícula está ligado sobre el incremento del consumo de peFDN pero no incrementa el consumo de materia seca y orgánica. Sin embargo la masticación no fue afectada pero si tuvo

efecto sobre la rumia. Por otra parte (Calberry, *et al.*, 2003) evaluaron los efectos de peFDN sobre la sustitución de heno de alfalfa con ensilaje de alfalfa en dietas basadas en ensilaje de maíz. (Plaizer, 2004) evaluó la sustitución de heno de alfalfa con ensilaje de alfalfa basadas en ensilaje de alfalfa el cual fue incrementado, pero no tuvo efectos sobre el consumo de MS (Beauchemin, *et al.*, (2003) evaluaron el contenido de peFDN en dietas basadas en ensilajes de alfalfa sobre la masticación y rumia y la determinación del mejor método, concluyen que el contenido de peFDN<sub>3</sub> se relaciona mas a la masticación y peFDN<sub>2</sub> a la rumia. (Beauchemin y Yang, 2005) determinaron el peFDN en RTM a base de ensilaje de maíz sobre la masticación y la rumia, concluyen que el incremento de peFDN incrementa el tiempo total de masticación y la rumia. (Yansari, *et al.*, 2004) determinaron el tamaño de partícula TdP y su interacción sobre el contenido de peFDN en dietas basadas en ensilajes de alfalfa y maíz sobre la digestión, concluyen que una disminución del TdP disminuye el contenido de peFDN incrementando la tasa de pasaje, disminuyendo la digestibilidad. (Zebeli, *et al.*, 2008) desarrollaron modelos prácticos para asegurar y predecir el contenido de peFDN sobre el pH ruminal y la producción láctea, sugieren un nivel de peFDN<sub>3</sub> de 30 a 33 % el cual reduce los riesgos a SARA (acidosis ruminal subaguda) mejorando las respuestas productivas y la salud de la vaca.

El requerimiento de pef y peFDN no están definidos en ganado bovino productor de leche por una técnica confiable, sin embargo el PSPS es una alternativa para aproximarse a ello, hay poca información disponible sobre la cantidad de pef y peFDN en raciones de establos de la comarca lagunera.

La hipótesis del presente trabajo es demostrar que diez establos de la comarca lagunera difieren en distribución del tamaño de partícula, factor de eficacia física y contenido de peFDN de las raciones totalmente mezcladas en vacas lactantes con una producción alta.

El objetivo del presente estudio fue determinar la materia seca retenida en cada criba, el factor de eficacia física (pef) y el contenido de peFDN de las raciones totalmente mezcladas en vacas lecheras con una producción alta en diez establos de la comarca lagunera utilizando como método de determinación el PSPS.

## II. - REVISIÓN DE LITERATURA

### **Tamaño de partícula y su interacción con el contenido de peFDN sobre el consumo de materia seca**

Un exceso de fibra disminuye el consumo de materia seca pero se relaciona con la disminución de SARA (acidosis ruminal subaguda), por el aumento de masticación y secreción de sustancias buffer de la saliva, pero no todas las fuentes de fibra son iguales en la capacidad de regular el rumen, ya que dependen de las características físicas y químicas FND de la fibra (peFDN) ya que afectan la digestión, producción y salud de la vaca. El consumo de peFDN varía con las características de la fibra, principalmente el tamaño de partícula y proporción de forraje. Se han realizado varios estudios sobre el contenido de peFDN en raciones totalmente mezcladas RTM con varias fuentes de forrajes como ensilajes de alfalfa, maíz y cebada y no han sido concluyentes.

Para ello Bhandari *et al.* (2008) determinaron los efectos de corte longitudinal del ensilaje de alfalfa y ensilaje de avena sobre el consumo, comportamiento alimenticio, comportamiento de masticación, fermentación ruminal, producción láctea y parámetros sanguíneos en vacas lecheras lactando alimentadas con ensilaje de alfalfa, avena y grano de cebada en RTM, utilizando dos medidas para el ensilaje; largo (19 mm) y corto (6 mm) formulando cuatro RTM que contenían 42.0 % de grano de cebada, 10 % de proteína suplementaria, 24% de MS corte largo o corto de ensilaje de alfalfa y 24 % de MS corte largo o corto de ensilaje de avena, para la dieta uno fue 24% ensilaje de alfalfa y 24 % de ensilaje de avena con una longitud larga, en la dieta dos fue 24 % de ensilaje de alfalfa longitud larga y 24 % ensilaje de avena longitud corta en la dieta tres fue 24 % de ensilaje de alfalfa longitud corta y 24 % ensilaje de avena longitud larga, en la dieta cuatro fue 24 % de ensilaje de alfalfa y 24 % ensilaje de avena con una longitud corta, con un contenido de peFDN<sub>2</sub> de 24.5, 23.4, 23.7, 21.6 % respectivamente para cada dieta el cual fue determinado por el PSPS. Ellos concluyeron que reduciendo la longitud del corte de ensilaje de alfalfa no afecta el

consumo mientras reduciendo el corte longitudinal de ensilaje de avena incrementa el consumo de materia seca.

Leonardi *et al.* (2005) investigaron la efecto de diferente media geométrica de longitud de partícula de la dieta y la distribución del tamaño de partícula diferentes de ensilaje de avena sobre el comportamiento alimenticio y rendimiento productivo de ganado lechero, utilizando cinco tratamientos que consistían en 25% de ensilaje de maíz, 25 % ensilaje de avena y 50 % de concentrado de cebada, el primer tratamiento consistió en ensilaje de avena de longitud larga, el segundo fue ensilaje de avena de longitud mediano, el tercero fue ensilaje de avena longitud largo recortado a fino, el cuarto fue ensilaje de avena longitud mediano recortado a fino y el ultimo 50% de ensilaje de avena longitud largo mas 50 % de ensilaje de avena longitud largo recortado a fino. La media geométrica en la dieta fue de 6.68, 5.19, 4.46, 4.35 y 5.39 mm respectivamente para cada dieta la cual fue determinada por el separador del tamaño de partícula de Wisconsin WPSS. Sus resultados indican que incrementando el consumo de la media geométrica de la partícula disminuye linealmente el consumo de materia seca, producción láctea y el porcentaje de proteína láctea y la producción sin afectar el porcentaje y producción de grasa y el pH ruminal, pero pasan más tiempo comiendo y masticando por día por kilogramo de materia seca consumida.

Por otra parte Bal *et al.* (2000) evaluaron los efectos de procesamiento de ensilaje de maíz de planta entera y longitud de corte de ensilaje de maíz de planta entera procesada, sobre el consumo, digestión y producción en vacas lecheras. Para ello utilizaron cuatro RTM que contenían 50 % de forraje (67% ensilaje de maíz y 33 % ensilaje de alfalfa) y 50 % concentrado de maíz y soya con una longitud de corte de (0.95 cm) para la dieta control sin procesar y las procesadas contenían (0.95 cm), (1.45 cm) y (1.90 cm) para fino, mediano, largo respectivamente para cada dieta con un rolado de 1 mm, con una media geométrica de tamaño de partícula de 4.7, 4.1, 4.4 y 4.5 mm respectivamente para cada dieta usando el separador de partículas de cribas oscilatorias OSPS como determinador de la distribución de partícula. Ellos indican que procesando el ensilaje de maíz mejora el consumo de materia seca, digestión del almidón y

rendimiento en lactación. Mientras el tamaño de partícula no tuvo efectos sobre dichos parámetros.

De la misma manera Krause y Combs (2003) investigaron los efectos e interacciones entre el tamaño de partícula de forraje, nivel de carbohidratos fermentable ruminales y nivel de almidón en la dieta sobre consumo de materia seca, digestibilidad, producción microbiana, actividad de masticación y pH ruminal de vacas lecheras alimentadas con un nivel de FND dietético. Utilizando como forrajes ensilaje de alfalfa y ensilaje de maíz con dos tamaños de partículas: de corte largo (1.9 cm) y corte fino que se obtuvo por el recorte del ensilaje largo a través de una criba de (1.9 cm) que fueron combinados con concentrados basados en maíz seco (DC; 89.7 % materia seca) ó maíz con alta humedad (HMC; 73.1 % materia seca) las dietas fueron combinadas con una sola fuente de forraje que fue ensilaje de alfalfa o una mezcla de ambos 50:50, conteniendo un almidón degradable de 68 y 86 % para DC y HMC respectivamente, las seis RTM fueron formuladas de la siguiente manera: maíz seco y ensilaje de alfalfa de corte largo, maíz seco y ensilaje de alfalfa/maíz de corte largo, maíz seco y ensilaje de alfalfa fino, maíz seco y ensilaje de alfalfa/maíz fino, maíz con alta humedad y ensilaje alfalfa/maíz de corte largo y maíz con alta humedad y ensilaje de alfalfa/ maíz, con una proporción de F:C (40:60) para todas las dietas. Con una media geométrica de 3.5, 3.6, 2.5, 2.6, 4.2 y 2.8 mm respectivamente para cada dieta, utilizando como método de distribución el WPSS. Ellos concluyen que reduciendo el tamaño de partícula de forraje en dietas basadas en ensilaje de alfalfa o una mezcla de ensilaje de alfalfa y de maíz disminuye el consumo de materia seca y materia orgánica, debido al incremento del nivel de carbohidratos fermentables ruminales (RFC) por la sustitución de maíz seco con maíz con alta humedad en dietas que contenían una mezcla de ensilajes de alfalfa y maíz.

Por otra parte Kononoff y Heinrichs (2003) determinaron el efecto de tamaño de partícula de forraje sobre el consumo de materia seca, actividades de masticación y fermentación ruminal. Utilizando como forrajes henilaje de alfalfa cosechado a una longitud de corte teórico de (22.3 mm) el cual fue longitud larga y para la obtención del tamaño corto, el heno de longitud larga fue recortado a

través de una criba de (4.8 mm). Formulando cuatro RTM que dos de ellas contenían 50:50 F: C las cuales fueron dieta corta y dieta larga, para las otras dos fueron, la tercera que contenía 2/3 partes de forraje largo y 1/3 de tamaño corto y la última contenía 2/3 partes de tamaño corto y 1/3 parte de tamaño largo y con un contenido de  $\text{peFDN}_3$  de 25.7, 26.2, 26.4 y 26.7 % para cada RTM respectivamente, el cual fue determinado con el método de cribado del PSPS. Sus resultados indican que reduciendo el tamaño de partícula del henilaje aumenta el consumo de materia seca de la RTM de forma lineal de corta a larga.

Mientras en ese mismo año Onetti *et al.* (2003) examinaron el impacto de longitud de partícula del ensilaje de maíz sobre la función ruminal, producción de grasa láctea y rendimiento de vacas lecheras lactando alimentadas con suplemento de cebo en dietas con grano procesado y ensilaje de maíz de alto rendimiento como la única fuente de forraje. Para ello utilizaron dos tamaños de partícula de ensilaje de maíz (19 mm) corto y (32 mm) largo y dos concentraciones de suplemento 0 y 2 % así realizando cuatro RTM que contenían 50:50 forraje-concentrado, la primera no contenía suplemento y con una longitud corta, la segunda sin suplemento y con una longitud larga, la tercera con 2 % de suplemento y con una longitud corta y la cuarta con 2 % de suplemento y con una longitud larga, con una media geométrica del tamaño de partícula de 9.3 mm, 9.7 mm, 9.3 mm y 9.7 mm respectivamente para cada dieta el cual fue determinado por el método de cribado separador de partícula de cribas oscilatorias. Su conclusión es que incluyendo suplemento al 2 % de cebo en dietas con ensilaje de maíz disminuye el consumo de materia seca y la producción de grasa láctea, a pesar del corte de longitud del ensilaje de maíz.

Por otra parte Einarson *et al.* (2004) investigaron el efecto de variar la longitud de corte de ensilaje de cebada sobre el  $\text{peFDN}$  dietético, consumo de materia seca, fermentación ruminal y producción láctea en vacas lecheras alimentadas con RTM con baja y alta inclusión de concentrado, para ello utilizaron dos longitudes de ensilaje de cebada corte corto (10 mm) y corte largo (19 mm) realizando cuatro raciones; dos con inclusión de concentrado alto y dos con inclusión de concentrado bajo, para las dos primeras utilizaron 43.3 % grano de

cebada en base a materia seca y 14.7 % de suplemento proteico en base a materia seca y 42 % de ensilaje de cebada, corte corto y corte largo respectivamente para cada dieta, y para las dos últimas utilizaron 32.1 % de grano de cebada en base a materia seca y 9.3 % de suplemento proteico en base a materia seca y 58.6 % de ensilaje de cebada, corte corto y corte largo respectivamente para cada dieta, con un contenido de  $peFDN_2$  que fue 18.9, 21.2, 24.6, 29.5 % y del  $peFDN_{FND}$  que fue 25.2, 29.2, 30.6 y 34.9 % respectivamente para cada dieta, el cual fue determinado por el método PSPS. En los resultados indican que reduciendo la longitud del corte del ensilaje de cebada reduce la proporción de RTM retenida por las cribas 19 y 8 mm del PSPS. Pero incrementa el consumo de materia seca en raciones con baja y alta inclusión de concentrado.

En cuanto Kononoff *et al.* (2003) determinaron el efecto de alimentar con ensilaje de maíz de diferente tamaño de partícula sobre el comportamiento alimenticio, actividades de masticación y fermentación ruminal. Para ello utilizaron dos tamaños de ensilaje de maíz de (23.3 mm) de longitud de corte teórico el cual fue forraje largo y el ensilaje largo fue recortado a (4.8 mm) para obtener el ensilaje de tamaño corto. Formularon cuatro dietas las primeras dos fueron ensilaje de maíz largo y ensilaje de maíz corto que contenían 57.4% de ensilaje de maíz, 11.2% maíz, 6.1% soya tostada, 6.9 % de granos de destilería, 6.9 % afrecho de trigo, 6.9% harina de soya y 1.8 % de harina de sangre, pluma y pescado, las otras dos compuestas de dos partes de ensilaje corto y una parte de ensilaje largo y la ultima compuesta de dos partes de ensilaje largo y una parte de ensilaje corto, con una media geométrica de longitud de partícula de 7.4, 8.8, 7.8 y 8.3 mm respectivamente para cada dieta y con un contenido de  $peFDN_3$  de 31.7, 32.1, 31.9 y 32 % respectivamente para cada dieta, el cual fue determinado por el método de cribado de PSPS. Ellos observaron que reduciendo el tamaño de partícula del ensilaje de maíz, se reduce el contenido de  $peFDN$  pero incrementan el consumo de materia seca linealmente según disminuyen la partícula y el  $peFDN$ .

Mientras años más adelante Rustomo *et al.* (2006) evaluaron los efectos de nivel de concentración del valor ácido génico (AV) y tamaño de partícula sobre el

pH ruminal y consumo de materia seca en vacas lecheras, en los diferentes tratamientos se utilizó ensilaje de alfalfa y ensilaje de maíz que fueron cosechados de (1.3) y (1.9 cm) de longitud de corte teórico, respectivamente, previendo la fracción gruesa de ensilaje de maíz a las dietas. El picado fino de ensilaje y heno fue obtenido por recortar el tamaño largo. Los dos niveles de tamaño de partícula corto y largo fueron combinados con niveles de concentrado VA (ácido alto AA 10.0 mg de Ca/g de, ácido bajo AB 8.7 mg de Ca/g) para preparar cuatro RTM con una proporción de F: C 50:50, que fueron ensilaje grueso y concentrado de ácido alto, la segunda ensilaje fino y concentrado de ácido alto, la tercera consistía en ensilaje grueso y concentrado de ácido bajo y la última ensilaje fino y concentrado de ácido bajo, con un contenido de  $\text{peFDN}_2$  25.2, 21.3, 26.6 y 22.1 % y  $\text{peFDN}_3$  39.5, 37.8, 41.2 y 39.2 % respectivamente para cada dieta, utilizando como método de determinación del factor de eficacia física el PSPS. Ellos concluyen que incrementando el concentrado de ácido génico no afecta el consumo de materia seca, materia orgánica aun cuando el tamaño de partícula fue diferente, en las dietas con bajo concentrado el mayor consumo de materia seca fue para la RTM que contenía ensilaje de corte fino y concentrado bajo y por lo tanto el consumo de FND aumentó. El  $\text{peFDN}$  no fue correlacionado con el efecto del consumo de materia seca.

Por otra parte Plaizer (2004) investigó la sustitución del corte de heno de alfalfa con ensilaje de alfalfa en raciones totalmente mezcladas basadas a grano de cebada y alfalfa en vacas lecheras, para ello utilizaron ensilaje de alfalfa y maíz con un corte de (10 mm) formulando tres dietas en base a materia seca que contenían 53 % de suplemento de energía comercial basado a grano de cebada, 10.3 % suplemento proteico comercial y 9.7 % de ensilaje de maíz, en la primera dieta contenía 7 % de ensilaje de alfalfa y 20 % de heno, la segunda contenía 17 % ensilaje de alfalfa y 10 % de heno de alfalfa y en la tercera contenía 27 % de ensilaje de alfalfa, con un contenido de  $\text{peFDN}_2$  de 9.2, 11.2, 12.5% y  $\text{peFDN}_{\text{FND}}$  13.3, 15.1, 15.6 % respectivamente para cada dieta el cual fue determinado por el método de PSPS. Los resultados observados en las dietas indican que sustituyendo el 20 % de materia seca del corte de heno de alfalfa con ensilaje de

alfalfa en una RTM basada en grano de cebada y alfalfa incrementa el peFDN, pero no tiene efecto sobre el consumo de materia seca.

En recientes estudios Yang y Beauchemin (2006b) determinaron los efectos de incrementar la concentración de peFDN para dietas que contenían ensilaje de cebada y una fuente de concentrado de fermentación rápida sobre el consumo de alimento, sitio y grado de digestión, síntesis de proteína microbiana, producción y composición láctea de vacas lecheras lactando. Utilizando dos tamaños de partícula con una longitud de corte teórico de (4.8) y (9.5 mm) para corto y largo, formulando tres TRM que contenían 53 % de concentrado y 47 % de ensilaje de cebada y los niveles de peFDN fueron obtenidos usando el ensilaje de cebada con diferente longitud de partícula peFDN bajo (100 % ensilaje corto), mediano (proporciones iguales de ensilajes corto y largo) y alto (100 % ensilaje largo), resultando un contenido de peFDN<sub>2</sub> de 10.5, 11.8 y 13.8 % para bajo, mediano y alto el cual fue determinado con el método de PSPS. En el presente trabajo se observaron que incrementando la longitud de partícula de forraje linealmente incrementa el consumo de peFDN<sub>2</sub> pero los consumos de materia seca, materia orgánica y almidón fueron altos para las vacas alimentadas con el peFDN mediano de la dieta.

Una investigación realizada por Calberry *et al.* (2003) determinaron los efectos de incrementar el contenido de peFDN dietético por la sustitución de heno de alfalfa cortado con ensilaje de alfalfa sobre el pH ruminal, composición de fluido ruminal, consumo de materia seca, producción y composición láctea de vacas lecheras lactando alimentadas con RTM basadas con grano de cebada y ensilaje de maíz. Formulando tres RTM que consistían en heno de alfalfa cortado, ensilaje de alfalfa. Cada dieta contenía 38.5 % grano de cebada, 30.5 % ensilaje de maíz, 17 % de suplemento proteico y 4.2% de semilla de girasol y con un contenido diferente de ensilaje y heno de alfalfa la primera contenía 9.8 % de heno de alfalfa cortado sin ensilaje de alfalfa, la segunda 4.9 % de heno y 4.9 % de ensilaje y la última contenía 9.8 % de ensilaje de alfalfa sin heno de alfalfa, con un contenido de peFDN<sub>2</sub> de 20.1, 21.0 y 23.3 % respectivamente para cada dieta, el cual fue determinado por el método de PSPS. Los resultados indican que sustituyendo el

heno de alfalfa cortado con ensilaje de alfalfa disminuye la proporción de materia seca retenida que pasa a través de la criba 8 mm del PSPS y significativamente aumenta el contenido del peFDN dietético sin afectar el consumo de materia seca.

### **Tamaño de partícula y su interacción con el contenido de peFDN sobre las actividades de masticación.**

El Tamaño de partícula se relaciona con la presencia de SARA, por la falta de masticación que puede reducir el pH ruminal y el aumento de AGVs. Más de un centímetro de longitud de la fibra provee masticación que se le conoce como factor de eficacia física que produce la secreción de saliva que neutraliza los ácidos que se producen durante la digestión ruminal, un aumento de peFDN sobre el consumo aumenta la actividad de masticación y mantiene el pH ruminal sin alterar aun cuando las dietas contienen fuentes de carbohidratos altamente fermentables. Existe un sistema que mide la fibra PSPS el cual mide dicho parámetro pero no está del todo claro cuál de estas dos variables peFDN<sub>2</sub> o el peFDN<sub>3</sub> provea una estimación más exacta de actividad de masticación.

Para ello Beauchemin *et al.* (2003) evaluaron los efectos del contenido de peFDN de dietas basadas en alfalfa sobre el consumo de materia seca, actividad de masticación, parámetro de fermentación ruminal, producción y composición de la leche de vacas lecheras, para ello utilizaron tres métodos de determinación del peFDN como el PSPS, mertens (2000) y el de la proporción de materia seca retenida sobre la criba (1.18 mm), utilizando ensilaje de alfalfa con una longitud de corte de (10 mm) y dos tipos de heno de alfalfa cortado y picado, el heno cortado fue cortado grueso y el heno picado fue a través de una criba de (4 mm), formulando cuatro RTM que consistían en 60 % de concentrado de cebada y 40 % de forraje, la primera contenía 50:50 % de ensilaje de alfalfa con heno cortado grueso, la segunda fue igual solo le agrego heno picado, contra 25:75 % de ensilaje con heno cortado grueso y ensilaje con heno picado con un contenido de peFDN<sub>ps</sub> de 15, 10.1, 13.3 y 7.2 %, peFDN mertens de 24.5, 19.6, 23.6 y 18.3 % y peFDN<sub>3</sub> de 26.7, 20.9, 24.3 y 19.7% respectivamente para cada dieta, utilizando como métodos el PSPS, Mertens y la proporción de materia seca retenida sobre la

criba 1.18 mm. Los resultados observados indican que el contenido del peFDN no afecto el tiempo de masticación, pero si el tamaño de partícula ya que pasan más tiempo masticando en dietas con tamaño de partícula larga, mientras tanto el tiempo de rumia se incremento cuando se incremento el contenido de peFDN de las dietas. La actividad de masticación se relaciona mas a peFDN<sub>M</sub> y peFDN<sub>3</sub> que para peFDN<sub>ps</sub>.

En ese mismo año Kononoff y Heinrichs (2003) determinaron el efecto de tamaño de partícula de forraje sobre el consumo de materia seca, actividades de masticación, fermentación ruminal. Utilizando henilaje de alfalfa cosechado a una longitud de corte teórico de (22.3 mm) el cual fue longitud larga y para obtener el tamaño corto fue recortado el heno de longitud largo a (4.8 mm). Formulando cuatro RTM con una proporción de 50:50 F: C, la primera fue henilaje de alfalfa corto y la segunda henilaje de alfalfa largo, para la tercera contenía 2/3 partes de forraje largo y 1/3 de tamaño corto y la ultima contenía 2/3 partes de tamaño corto y 1/3 parte de tamaño largo, con un contenido de peFDN<sub>3</sub> de 25.7, 26.2, 26.4 y 26.7 % respectivamente para cada dieta, el cual fue determinado con el método de cribado del PSPS. Los resultados indican que el tiempo de rumia incrementa en las dietas con un tamaño de partícula combinado por los dos tamaños mientras el tiempo de masticación disminuye cuando el tamaño de partícula es corto.

Mientras en recientes estudios de Zebeli *et al* (2007) investigaron los efectos de variar el tamaño de partícula de forraje de la dieta sobre actividad de masticación, características de la estera ruminal, pasaje y digestión del tracto total en vacas lecheras con una inclusión de concentrado baja y alta. Para ello utilizaron cuatro dietas 1) nivel de concentrado bajo y heno fino, 2) nivel de concentrado bajo y heno de corte largo, 3) nivel de concentrado alto y heno fino, 4) nivel de concentrado alto y heno de corte largo, que fueron formuladas por combinación de dos factores diferentes, tamaño de partícula heno largo (30 mm) y fino (6 mm) y diferentes inclusiones de concentrado basado a grano de cebada para bajo contenía aproximadamente 20% y para alto 60 % aproximadamente de las dietas, con una media de distribución del tamaño de partícula de 2.10, 3.63, 1.28, y 1,76 mm respectivamente para cada dieta, utilizando como método de

determinación de partícula el criba oscilatoria de movimiento vertical VOSS. Se observó que alterando el tamaño de partícula de forraje de 6 a 30 mm en dietas con concentrado bajo significativamente incrementa el tiempo de rumia, pero en dietas con alto concentrado y tamaño largo aumenta el tiempo de rumia por más tiempo.

En años anteriores Krause *et al.* (2002) investigaron los efectos e interacciones entre el nivel de carbohidratos fermentables ruminales RFC dietéticos y tamaño de partícula de forraje sobre el pH ruminal y actividad de masticación con nivel constante de FND de la dieta. En los diferentes tratamientos utilizaron ensilaje de alfalfa que fue cosechado de (1.9 cm) de longitud de corte teórico para ensilaje grueso, el ensilaje de corte fino fue obtenido por un recorte del ensilaje grueso. Los dos niveles de tamaño de partícula de forraje fueron combinados con concentrados basados en dos factores; maíz roado seco 89.9% de materia seca, bajo carbohidrato fermentable ruminal y molido maíz con alta humedad 74.2 % de materia seca, con alto carbohidrato fermentable ruminal. Formulando cuatro RTM con una proporción F: C de 60:40. Que fueron, ensilaje fino con maíz con humedad alta, ensilaje grueso con maíz con humedad alta, ensilaje fino con maíz seco y la última ensilaje grueso con maíz seco. La media geométrica del tamaño de partícula fue de 6.3, 2.8, 6.0 y 3.0 mm respectivamente para cada dieta el cual fue determinado con el método de PSPS. Los resultados indican que disminuyendo el TdP las vacas pasan más tiempo comiendo, pero disminuye cuando se incrementa el nivel de RFC, el tiempo y la duración de rumia fue afectada por la disminución del tamaño de partícula, pero incrementando el nivel de RFC incrementa el tiempo de rumia por kilogramo de FND consumida.

Investigaciones anteriores por Soita *et al* (2000) determinaron la influencia del tamaño de partícula de forraje de acuerdo a la sociedad americana de ingenieros agrónomos ASAE (2) sobre la eficiencia de la fibra de ensilaje de cebada como medición de producción y composición láctea y actividad de masticación. Utilizando dos tamaños de partícula de corte de longitud teórico de (4.68 mm) corto y (18.75 mm) largo y dos niveles de concentrado 45 % bajo y 55 % alto en base a materia seca, formulando cuatro RTM que fueron ensilaje largo y

concentrado bajo, la segunda consistía en ensilaje largo y concentrado alto, la tercera consistía en ensilaje corto con concentrado bajo y la última consistía en ensilaje corto con concentrado alto con un contenido de FND de 34.7, 32.2, 34 y 32.1% respectivamente para cada dieta. Se observó que el corte fino puede alterar la eficiencia de la fibra de forraje para mantener una adecuada actividad de masticación y consecuentemente proveer función ruminal. Cuando se incorpora en RTM, disminuye la longitud de corte de ensilaje de cebada reduciendo la actividad de masticación.

Para ello Clark y Armentano (2002) determinaron el efecto de tamaño de partícula de ensilaje de alfalfa sobre la producción y composición láctea y actividad de masticación. Para ello utilizaron ensilaje de maíz y ensilaje de alfalfa con un corte de (9.4 mm) corte de longitud teórico y un corte fino para el ensilaje de alfalfa el cual fue obtenido por el recorte del ensilaje grueso que fue de (3.3 mm). Formulando cuatro RTM en cada experimento, que contenían 10.7 % de FND de ensilaje de maíz y 2.3 % FND de heno de alfalfa para la dieta control basal con forraje bajo con un nivel de concentrado de 73 %, y para las tres últimas 8.6 % de FND adicional de ensilaje grueso o ensilaje de alfalfa recortado fino o la mezcla igual de ambos que fueron ensilaje de alfalfa grueso con forraje alto, ensilaje de alfalfa mediano (50:50 fino y largo) con forraje alto y ensilaje de alfalfa fino con forraje alto con un nivel de concentrado de 52 % para estas tres últimas dietas. Ellos observaron que un incremento en el contenido de forraje por arriba de la cantidad fundamental usando ensilaje de alfalfa incrementa el total de tiempo de masticación, mientras la rumia y el total de masticación fueron incrementados cuando el tamaño de partícula de la alfalfa fue de fino a grueso.

En esta investigación Kononoff, *et al.* (2003) determinaron el efecto de alimentar con ensilaje de maíz de diferente tamaño de partícula sobre el comportamiento alimenticio, actividades de masticación y fermentación ruminal. Para ello utilizaron dos tamaños de ensilaje de maíz de (23.3 mm) de longitud de corte teórico el cual fue forraje largo y el ensilaje largo fue recortado a (4.8 mm) para obtener el ensilaje de tamaño corto. Formularon cuatro dietas las primeras dos fueron ensilaje de maíz de longitud larga y ensilaje de maíz de longitud corta

que contenían 57.4% de ensilaje de maíz, 11.2% maíz, 6.1% soya tostada, 6.9 % de granos de destilería, 6.9 % afrecho de trigo, 6.9% harina de soya y 1.8 % de harina de sangre, pluma y pescado, las otras dos compuestas de dos partes de ensilaje corto y una parte de ensilaje largo y la ultima compuesta de dos partes de ensilaje largo y una parte de ensilaje corto, con una media geométrica de longitud de partícula de 7.4, 8.8, 7.8 y 8.3 mm respectivamente para cada dieta y con un contenido de  $peFDN_3$  de 31.7, 32.1, 31.9 y 32 % respectivamente para cada dieta, el cual fue determinado por el método de cribado de PSPS. En los resultados que se obtuvieron se observaron que el tiempo que pasan comiendo o la rumia no fue afectada por los diferentes tratamientos sin embargo la actividad total de masticación que es la suma de las dos anteriores tuvieron una respuesta cuadrática en las actividades de masticación altas, para las dietas con tamaño de partículas cortas y largas, mientras que por kilogramo de materia seca y FND consumida disminuyen linealmente cuando se disminuye el tamaño de partícula.

No obstante Yansari *et al.* (2004) determinaron los efectos de tamaño de partícula de forraje sobre las características físicas del alimento, evaluación del tamaño de partícula y gravedad específica funcional del forraje sobre digestibilidad, actividad total de masticación, características ruminales y producción de vacas lecheras lactando alimentadas con raciones basadas a ensilaje de alfalfa y de maíz. Utilizando dos experimentos; en el experimento uno midió las características físicas que contenía tres tipos de tamaño partícula de alfalfa alto (19 mm), mediano (10 mm) y fino, se determino la capacidad de retención de agua (WHC g/g IDM) que fueron 2.12, 2.05 y 1.98 respectivamente para cada RTM , materia seca insoluble (IDM % de materia seca) que fue 00,00,00 respectivamente para cada RTM , densidad de volumen que fue de 0.65, .074 y 0.84 respectivamente para cada longitud de las RTM, tasa de hidratación y gravedad específica funcional que fue de 1.39, 1.47 y 1.56 respectivamente para largo, mediano y fino de las RTM y los cambios fueron determinados en ensilaje de alfalfa (variando en tamaño de partícula) y ensilaje de maíz. La reducción del tamaño de partícula incrementa densidad del volumen, FSG, y la tasa de hidratación y disminuye la WHC de alfalfa. En el experimento dos se utilizaron tres

tamaños de partícula de ensilaje de alfalfa de (19 mm), (10 mm) para alto, mediano y fino que se obtuvo por medio de la molienda de (10 mm) usando un molino de 2 mm de la criba, preparando tres RTM con una proporción de F: C de 40:60 que consistían en tres tamaños de partícula de alfalfa de longitud larga, mediana y fina que contenían una media geométrica de 3.34, 2.47 y 1.66 mm para largo, mediano y fino con un contenido de  $pef_{>1.18}$  71, 62, 42%,  $pef_{pspsnew}$  76, 69, 52 % y  $pef_{pspsoriginal}$  de 34, 17 y 6 % respectivamente para largo, media y fino de la RTM. Ellos concluyen en que disminuyendo el tamaño de partícula reduce el tiempo de rumia y la actividad total de masticación, que provee una consistencia de medición mayor de  $pef$  que la tasa de actividad total de masticación de ms o FND. Por otra parte la actividad total de masticación para el  $pef_3$  y  $pef_{pspsnew}$  proveen una medición coherente de  $pef$  que el  $pef_{pspsoriginal}$ .

Para ello Yang y Beauchemin (2006a) investigaron los efectos del contenido de  $peFND$  dietético de vacas lecheras en dietas que contenían ensilaje de cebada como la única fuente de forraje sobre el consumo de materia seca, actividad de masticación y pH ruminal, para ello utilizaron tres dietas con tamaños diferentes de partícula que fueron alto (100 % longitud de corte teórico 9.5 mm), mediano (proporciones iguales de ensilaje largo y corto) y corto (100 % longitud de corte teórico 4.8 mm) que contenían 53% de concentrado y 47 % de ensilaje de cebada y un contenido de  $peFDN_2$  que fue de 13.8, 11.8 y 10.5 % respectivamente para las dietas alta, mediana, y corta el cual fue determinado por el método PSPS. Sus resultados indican que incrementando la longitud de corte de ensilaje de cebada incrementa el contenido de  $peFDN$  y se incrementa la actividad de masticación debido al incremento tiempo de rumia sin afectar el tiempo que pasan comiendo de vacas lecheras. Sin embargo incrementando el tiempo de masticación no siempre mejora el estado de pH ruminal. El contenido de  $peFDN_2$  es un buen indicador del potencial de rumia del alimento.

En investigaciones anteriores realizadas por Beauchemin y Yang (2005) determinaron el efecto de incrementar la concentración de  $peFDN$  de una dieta que contenían ensilaje de maíz sobre el consumo, actividad de masticación, pH ruminal, fermentación y acidosis ruminal de vacas lecheras, utilizando tres dietas

que contenían 58 % de concentrado y 42 % de ensilaje de maíz, con tres niveles de peFDN los cuales fueron obtenidos usando una longitud diferente de partícula de ensilaje de maíz alto (100 % ensilaje largo 19.1 mm), mediano (25 % ensilaje largo y 75 % ensilaje mediano 11 mm) y bajo (100 % ensilaje fino) que fue obtenido por el recorte del ensilaje mediano, con un contenido de peFDN de 11.5, 10.3 y 8.9 % para alto, mediano y bajo respectivamente el cual fue determinado por el PSPS. Se observó que incrementando el contenido del peFDN de las dietas incrementa el tiempo de masticación, pero incrementando el tiempo de masticación no necesariamente reduce la acidosis ruminal. El tamaño de partícula de la dieta, expresada como peFDN fue indicador confiable en la actividad de masticación.

Por otra parte los mismos autores Yang y Beauchemin (2006c) determinaron los efectos de incrementar el contenido de peFDN de una dieta que contenía ensilaje de maíz sobre el consumo, actividad de masticación, pH ruminal y fermentación, síntesis de proteína microbiana, digestibilidad, producción láctea en vacas lecheras y determinar el método más apropiado para determinar el peFDN para dar el enfoque más adecuado para su uso en formulación de raciones. Utilizaron tres dietas que contenían 54 % de concentrado y 46 de ensilaje de maíz, con una longitud de corte teórico de partícula de 28.6, 15.9, 4.8 mm para largo, mediano y corto, con un nivel de  $peFDN_2$  35.2, 31.5, 17.4%,  $peFDN_{2FND}$  de 38.2, 34.6 y 19.8 %,  $peFDN_3$  47, 44.3, y 44.4 %,  $peFDN_{3FND}$  50.1, 48.2 y 47.3 % y  $peFDN_3$  45, 41.8 y 39 % respectivamente para alto, mediano y corto para ello utilizaron el PSPS con dos cribas y con tres cribas para la determinación del peFDN y el VOSS a la criba >1.18. Estos resultados indicaron que el tiempo total de masticación y rumia incrementan cuando el contenido de peFDN fue incrementado en las dietas, el PSPS a dos cribas fue un buen método para medir el peFDN y el potencial de la dieta para promover la masticación y la prevención de acidosis ruminal.

Yang y Beauchemin (2007a) determinaron los efectos de incrementar el contenido de peFDN de dietas de vacas lecheras sobre la disminución de riesgo a acidosis en vacas lecheras el cual fue variado por el ajuste de la proporción de

forraje y tamaño de partícula en la dieta, formulando cuatro dietas combinadas con dos factores, dos tamaños de partícula de ensilaje de alfalfa con una longitud de corte teórico para corto (7.9mm) y largo (19.1 mm) y con una proporción de F: C para baja (35:65) y alta (60:40) la primera quedo; ensilaje corto con forraje bajo, ensilaje largo con forraje bajo, ensilaje corto con forraje alto y ensilaje largo con forraje alto, con un contenido de peFDN<sub>2</sub> 9.6, 12.7, 13.9 y 19.8 % y peFDN<sub>3</sub> 28.6, 28.8, 32.2 y 34.4 % respectivamente para cada dieta, el cual fue determinado por el PSPS sobre dos cribas y a tres cribas. Estos autores concluyen que la proporción de F: C y el tamaño de partícula afectan diferentemente la actividad de masticación, incrementando la proporción de F: C incrementa el tiempo de masticación pero incrementando la longitud de tamaño de partícula de forraje solo incrementa la masticación cuando fue alimentada con dieta alta en forraje. El contenido de peFND medido a dos cribas fue correlacionado positivamente a tiempo de masticación.

### **Tamaño de partícula y su interacción con el contenido de peFDN sobre la digestión.**

Las características físicas y químicas del alimento como la longitud de la partícula y el contenido de fibra pueden afectar el rumen, pH ruminal, tiempo de retención, digestibilidad de tracto total, proporción de la tasa de pasaje y síntesis de proteína microbiana, una baja digestibilidad afecta a estos parámetros, sin en cambio una reducción del tamaño de la partícula se relaciona con el aumento de la digestión, sin embargo un nivel óptimo de peFDN mantiene una adecuada función ruminal, debido a la masticación y secreción de saliva por consecuente elevando el pH ruminal. Pero hay limitada información sobre el uso de ensilajes y henos sobre el contenido de peFDN dietético en vacas lecheras altas productoras.

Para ello Allen y Grant (2000) evaluaron el efecto de alterar el tamaño de partícula de forraje sobre la consistencia estera ruminal, actividad de rumia, tasa de pasaje de gluten de maíz húmedo y producción láctea para determinar el contenido de FND efectiva del gluten de maíz húmedo basado a una dieta control alta en fibra sobre la repuesta de concentración de grasa en leche, actividad de

rumia y distribución del tamaño de partícula. Utilizando ensilaje de alfalfa, heno de alfalfa y gluten de maíz húmedo, formulando cuatro dietas las cuales fueron; dieta basal: ensilaje de alfalfa baja en fibra que contenía 23.3 % de FND, ensilaje de alfalfa alto en fibra que contenía 31.9 % de FND, Gluten de maíz húmedo con ensilaje de alfalfa que contenía 31.6 % de FND y Gluten de maíz húmedo más heno de alfalfa de corte largo que contenía 32.0 % de FND, con un contenido de  $\text{pef}_3$  de 72.3, 66.4, 60.1 y 60.3 % respectivamente, el cual fue determinado por cribas vibratorias de movimiento vertical. Ellos concluyen que la inclusión de heno de alfalfa de corte grueso para dietas que contenía gluten de maíz húmedo incrementa la consistencia estera ruminal y disminuye la tasa de pasaje resultando en mayor digestión ruminal de FND del gluten de maíz húmedo.

Bal *et al.* (2000) evaluaron los efectos de procesamiento de ensilaje de maíz de planta entera y longitud de corte de ensilaje de maíz de planta entera procesada, sobre el consumo, digestión y producción en vacas lecheras. Para ello utilizaron cuatro RTM que contenían 50 % de forraje (67% ensilaje de maíz y 33 % ensilaje de alfalfa) y 50 % concentrado de maíz y soya con una longitud de corte de (0.95 cm) para la dieta control sin procesar y las procesadas contenían (0.95 cm), (1.45 cm) y (1.90 cm). Para fino, mediano, largo respectivamente para cada dieta, con una media geométrica del tamaño de partícula de 4.7, 4.1, 4.4 y 4.5 mm respectivamente para cada dieta usando el OSPS. Los resultados demuestran que procesando el ensilaje de maíz mejora la digestión del almidón mientras la digestión de FND fue reducida para ensilaje de maíz procesado fino comparado con la dieta control y dietas de ensilaje grueso.

Por otra parte Krause y Combs (2003) investigaron los efectos e interacciones entre tamaño de partícula de forraje, nivel de carbohidratos fermentables ruminales en la dieta y nivel de almidón sobre consumo de materia seca, digestibilidad, producción microbiana, actividad de masticación y pH ruminal de vacas lecheras alimentadas con un nivel de de FND dietético. Utilizando como forrajes ensilaje de alfalfa y ensilaje de maíz con dos tamaños de partículas de corte largo (1.9 mm) y fino que se obtuvo por el recorte del ensilaje largo a través de una criba de (1.9 mm) que fueron combinados con concentrados basados en

maíz seco (DC; 89.7 % materia seca) o maíz con alta humedad (HMC; 73.1 % materia seca) y el forraje fue solo ensilaje de alfalfa o una mezcla de ambos 50:50 para los dos forrajes, contenían un almidón degradable de 68 y 86 % para DC y HMC respectivamente, las seis RTM fueron maíz seco y ensilaje de alfalfa de corte largo, maíz seco y ensilaje de alfalfa/maíz de corte largo, maíz seco y ensilaje de alfalfa fino, maíz seco y ensilaje de alfalfa/maíz fino, maíz con alta humedad y ensilaje alfalfa/maíz de corte largo y maíz con alta humedad y ensilaje de alfalfa/maíz, con una proporción de F:C 40:60 % para todas las dietas. Con una media geométrica de 3.5, 3.6, 2.5, 2.6, 4.2 y 2.8 mm respectivamente para cada dieta, utilizando como método de distribución de partícula el ASAE estándar S424. Se observó que la digestión tracto total de materia seca, materia orgánica y almidón fueron incrementados cuando el nivel de RFC fue incrementado por la sustitución de maíz seco con maíz con alta humedad. Pero disminuyó la digestibilidad cuando se redujo el tamaño de partícula del ensilaje.

En estudios más recientes sobre los efectos del contenido de fibra en las dietas Rodríguez *et al.* (2004) investigaron los efectos de contenido de fibra y tamaño de partícula de forraje sobre la fermentación ruminal, el flujo de nutrientes y el perfil y flujo de aminoácidos de origen microbiano. Utilizando cuatro dietas con dos factores; contenido de fibra y el tamaño de partícula que fue longitud larga más de (3 mm) y corta menos de (1 mm), la primera compuesta por fibra alta 67 % de heno de alfalfa y 33 % concentrado con el tamaño de partícula larga, la segunda solo cambio el tamaño que fue corto, la tercera compuesta por fibra baja 39 % de heno de alfalfa y 61 % de concentrado con el tamaño de partícula largo y la cuarta solo cambio el tamaño de largo a corto, la toma de muestras para el análisis de LAB líquido asociado a bacterias y SAB sólido asociado a bacterias fueron realizadas antes del experimento y fueron aisladas de cada fermentador por análisis químico. El nitrógeno microbiano y flujo de aminoácidos fueron estimados usando la componente de datos de LAB y BAS. En este estudio se observó que el contenido de fibra y tamaño de partícula no tiene efecto sobre materia orgánica y digestión de la fibra en cultivos continuos de fluido ruminal y los efectos del contenido de fibra y tamaño de partícula sobre flujo de N microbiano

en la dieta, degradación de proteínas y eficiencia de síntesis de proteína microbiana dependen sobre la población microbiana usada en la calculación. Y el perfil de Aminoácidos microbianos es independiente de la dieta.

Zebeli *et al.* (2007) investigaron los efectos de variar el tamaño de partícula de heno de la dieta sobre actividad de masticación, fermentación en el rumen, características de la estera ruminal, pasaje y grado de digestión del tracto total en vacas lecheras con una inclusión de concentrado baja y alta. Para ello utilizaron cuatro dietas 1) nivel de concentrado bajo y heno fino, 2) nivel de concentrado bajo y heno de corte largo, 3) nivel de concentrado alto y heno fino, 4) nivel de concentrado alto y heno de corte largo, que fueron formuladas por combinación de dos factores diferentes, dos tamaños de partícula de diferente longitud de heno largo (30 mm) y fino (6 mm) en dos diferentes inclusiones de concentrado ( grano de cebada) para bajo contenía aproximadamente 20% y para alto 60 % aproximadamente de las dietas, con una media de distribución del tamaño de partícula de 2.10, 3.63, 1.28, y 1,76 mm y un contenido de  $\text{pef}_3$  48, 55.9, 37.5 y 42 % respectivamente para cada dieta, utilizando como método de determinación las cribas oscilatorias de movimiento vertical VOSS. Su conclusión es que alterando el tamaño de partícula de corto a largo en dietas con baja inclusión de concentrado significativamente incrementa la consistencia estera ruminal y la tasa de digestión mientras en dietas con heno largo y alto concentrado no mejora las condiciones de digestión cuando las dietas fueron formuladas a un exceso de requerimientos de fibra en el alimento.

Yang *et al.* (2002) evaluaron los efectos de tamaño de partícula de forraje y la proporción de ensilaje de alfalfa a heno sobre el consumo de nutrientes, lugar de digestión, digestión de sacos en rumen y tasa de pasaje en vacas lecheras. Para ello utilizaron dos proporciones de ensilaje-heno 50:50 el cual fue bajo y 25:75 para alto, las cuales fueron combinadas con el tamaño de partícula del heno de alfalfa cortado o molido atreves de una criba de (4 mm), las dietas consistían en 60% de concentrado basado a cebada y 40 % de forraje. Formulando cuatro RTM que fueron 50:50 ensilaje alfalfa con heno cortado, la segunda consistió en 50:50 ensilaje de alfalfa con heno molido, la tercera consistió en 25:75 ensilaje de

alfalfa con heno cortado y la última consistió en 25:75 ensilaje de alfalfa con heno molido las cuales contenían un  $\text{peFDN}_2$  de 15.0, 10.1, 13.3 y 7.2 % respectivamente para cada dieta, el cual fue determinado por el PSPS a dos cribas. Manipulando la proporción de ensilaje a heno cambia el consumo de alimento pero tiene poco efecto sobre la digestión. Pero incrementando el tamaño de partícula mejora la digestión y síntesis de proteína microbiana en el rumen y la digestión de salida de almidón del rumen al intestino. El  $\text{peFDN}$  fue un indicador confiable para la síntesis de proteína microbiana y digestión de nutrientes.

Yang *et al.* (2001) evaluaron los efectos de medida de procesamiento de granos, la proporción de F: C, longitud de partícula de forraje y sus interacciones sobre el consumo alimenticio, pH ruminal, lugar y grado de digestión y rendimiento de vacas lecheras. Formulando RTM que fueron combinadas con tres factores cada una con dos niveles, los factores fueron procesamiento de grano cebada, grueso (1.60 mm) ó delgado (1.36 mm); proporción F: C para baja 35:65 % ó alta 55:45 % y longitud de partícula de forraje, larga (7.59 mm) ó corta (6.08 mm). Con una composición química diferente entre las dietas baja y alta. La proporción baja de forraje consistió en 10 % de ensilaje de alfalfa, 18 de ensilaje de cebada, 7 % de heno de alfalfa y 65 % de concentrado y para dietas altas en forraje consistían en 16% de ensilaje de alfalfa, 29 % de ensilaje de cebada, 10 % de heno de alfalfa y 45 % de concentrado con un contenido de  $\text{peFDN}_2$  de 11.5, 10.3, 8.3, 14.5, 12.3 y 9.5 % respectivamente para dietas con grano de cebada grueso y delgado, proporción de forraje bajo y alto y el tamaño de partícula larga y baja, el cual fue determinado con el PSPS a dos cribas. Los resultados indican que incrementando el tamaño del grano de cebada mejora la digestibilidad del tracto total de materia seca, materia orgánica, almidón y FND o en dietas con proporción de forraje bajo. La reducción de F: C mejora la digestión total pero el tamaño de partícula tiene un mínimo impacto sobre la digestibilidad.

Por otra en las investigaciones por Yansari *et al* (2004) determinaron los efectos de tamaño de partícula de forraje sobre las características físicas del alimento y evaluar el tamaño de partícula y gravedad específica funcional del forraje sobre digestibilidad, actividad total de masticación, características

ruminales y producción de vacas lecheras lactando alimentadas con raciones basadas a ensilaje de alfalfa y de maíz. Utilizando dos experimentos en el experimento que midió las características físicas que contenía tres tipos de tamaño partícula de alfalfa alto (19 mm), mediano (10 mm) y fino, se determinó la capacidad de retención de agua (WHC g/g IDM) que fueron 2.12, 2.05 y 1.98 respectivamente para cada RTM, materia seca insoluble (IDM % de materia seca) que fue 00,00,00 respectivamente para cada RTM, densidad de volumen que fue de 0.65, .074 y 0.84 respectivamente para cada longitud de las RTM, tasa de hidratación y gravedad específica funcional que fue de 1.39, 1.47 y 1.56 respectivamente para largo, mediano y fino de las RTM y los cambios fueron determinados en ensilaje de alfalfa (variando en tamaño de partícula) y ensilaje de maíz. La reducción del tamaño de partícula incrementa densidad del volumen, FSG, y la tasa de hidratación y disminuye la WHC de alfalfa. En el experimento dos se utilizaron tres tamaños de partícula de ensilaje de alfalfa de (19mm), (10 mm) alto, mediano y fino que se obtuvo por medio de la molienda de (10 mm) usando un molino de (2 mm) de la criba, formularon tres RTM con una proporción de F: C 40:60 % que consistían en tres tamaños de partícula de alfalfa de longitud larga, mediana y fina que contenían una media geométrica de 3.34, 2.47 y 1.66 mm para largo, mediano y fino con un contenido de  $pef_3$  71, 62, 42%,  $pef_{pspsnew}$  76, 69, 52 % y  $pef_{pspsoriginal}$  de 34, 17 y 6 % respectivamente para largo, media y fino de la RTM. Se observó que la reducción del tamaño de partícula incrementa la tasa de pasaje de partícula ruminal, disminuyendo el contenido de  $peFDN$  de la RTM, la digestibilidad de FND, cenizas y tiempo de retención de partículas ruminales.

En estudios más recientes estos autores Yang y Beauchemin (2005) determinaron los efectos de incrementar la concentración de  $peFDN$  de una dieta conteniendo ensilaje de maíz sobre el consumo, lugar y grado de digestión, síntesis de proteína microbiana, producción y composición de leche en vacas lecheras lactando. Para ello utilizaron tres dietas que fueron químicamente idénticas que contenían 58 % de concentrado y 42% de ensilaje de maíz con una longitud de corte teórico de (19.1 mm) longitud larga, (11 mm) longitud mediano y

fino el cual fue obtenido por recortar el ensilaje mediano, con un nivel de peFDN alto (100% ensilaje largo), mediano (25 % ensilaje largo y 75 % de ensilaje mediano) bajo (100 % ensilaje fino) el contenido de peFDN<sub>2</sub> fue 11.5, 10.3 y 8.9 %. Respectivamente para alto, mediano y bajo y se utilizo como método de de terminación del peFDN el PSPS a dos cribas. En los resultados se observaron que incrementando el contenido de peFDN mejora la digestibilidad, especialmente la de la fibra en el tracto total e incrementa numéricamente la síntesis de proteína ruminal debido a la fermentación de materia orgánica, pero no afecta el consumo de nutrientes.

Yang y Beauchemin (2006c) determinaron los efectos de incrementar el contenido de peFDN de una dieta que contenía ensilaje de maíz sobre el consumo, actividad de masticación, pH ruminal y fermentación, síntesis de proteína microbiana, digestibilidad, producción láctea en vacas lecheras y determinar el más apropiado método de determinar el peFDN para dar el enfoque más adecuado para su uso en formulación de raciones. Formularon tres dietas que contenían 54 % de concentrado y 46 % de ensilaje de maíz, con una longitud de corte teórico de partícula de 28.6, 15.9, 4.8 mm para largo, mediano y corto, con un nivel de peFDN<sub>2</sub> 35.2, 31.5, 17.4%, peFDN<sub>2FND</sub> de 38.2, 34,6 y 19.8 %, peFDN<sub>3</sub> 47, 44.3, y 44.4 %, peFDN<sub>3FND</sub> 50.1, 48.2 y 47.3 % y peFDN<sub>3</sub> 45, 41.8 y 39 % respectivamente para alto, mediano y corto para ello utilizaron el PSPS con dos cribas y tres cribas para la determinación del peFDN y VOSS a la criba >1.18..Concluyeron que incrementando el contenido de peFDN linealmente incrementa la digestibilidad de la fibra en el tracto total. La síntesis de proteína microbiana ruminal y la eficiencia microbiana fueron altas con un contenido de peFDN mediano.

Yang y Beauchemin (2006b) determinaron los efectos de incrementar la concentración de peFDN de una dieta conteniendo ensilaje de cebada y una fuente de concentrado de fermentación rápida sobre el consumo de alimento, sitio y grado de digestión, síntesis de proteína microbiana, producción y composición láctea de vacas lecheras lactando. Utilizando dos tamaños de partícula con una longitud de corte teórico de (4.8 mm) y (9.5 mm) para corto y largo, formulando

tres TRM que contenían 53 % de concentrado y 47 % ensilaje de cebada y los niveles de peFDN fueron obtenidos usando el ensilaje de cebada con diferente longitud de partícula peFDN bajo (100 % ensilaje corto), mediano (proporciones iguales de ensilajes corto y largo) y alto (100 % ensilaje largo), resultando un contenido de peFDN de 10.5, 11.8 y 13.8 % para bajo, mediano y alto el cual fue determinado con el método de PSPS. Los resultados indican que la digestibilidad de materia seca, materia orgánica, FND en el tracto total fueron linealmente disminuidas cuando se incremento el contenido de peFDN dietético, aunque la digestibilidad total del almidón y nitrógeno no fue afectado por los tratamientos.

Yang y Beauchemin (2007b) determinaron los efectos entre interacciones del nivel de carbohidrato fermentable ruminal y contenido de peFDN dietético sobre el consumo, lugar y grado de digestión, síntesis de N microbiano, producción y composición láctea de vacas lecheras. Para ello utilizaron ensilaje de alfalfa con dos longitudes de corte teórico de (7.9 mm) y (19.1mm) para longitud corta y larga, respectivamente, realizando cuatro RTM la primera ración consistía de ensilaje de alfalfa de longitud corta con una proporción de F: C de 35:65 %, la segunda de ensilaje de alfalfa de longitud de corte larga con una proporción de F: C de 35:65 %, la tercera consistía en ensilaje de alfalfa de longitud corta con una proporción de F: C de 60:40 % y la cuarta ración consistía en ensilaje de alfalfa con una longitud larga de con una proporción de F: C de 60:40 %, con un contenido de peFDN 9.6, 12.7, 13.9 y 19.8 % para el peFDN<sub>2</sub> respectivamente para cada dieta y 28.6, 28.8, 32.2 y 34.0 % para peFDN<sub>3</sub> respectivamente para cada dieta el cual fue determinado por el método de PSPS a dos y a tres cribas. Se observo en este estudio que el incremento del contenido de peFDN dietético por incrementar la longitud de partícula de forraje significativamente mejora la digestión de la fibra en el rumen y en el tracto total. Pero incrementando la proporción de forrajes incrementa la digestibilidad en el rumen y en el tracto total, la disponibilidad del almidón y síntesis de N microbiano fueron reducidos. La fuerte relación entre consumo de peFDN y digestión de fibra en el rumen y el tracto total sugiere que el consumo de peFDN dietético puede ser un buen indicador confiable de la digestión.

## **Tamaño de partícula y su interacción con el contenido de peFDN sobre el pH ruminal.**

El tamaño de partícula puede afectar la masticación ya que una falta de este parámetro puede disminuir el pH y aumentar la cantidad de AGVs relacionándose con la presencia de SARA y dietas con carbohidratos altamente fermentables, el consumo de fibra y el contenido de peFDN afectan al pH. Se han realizado varias investigaciones para determinar los efectos sobre el pH ruminal pero los resultados han sido inconclusivos.

Para ello Beauchemin *et al.*, (2003) evaluaron los efectos del contenido de peFDN de dietas basadas en alfalfa sobre el consumo de materia seca, actividad de masticación, parámetro de fermentación ruminal, producción y composición de la leche de vacas lecheras, para ello utilizaron tres métodos de determinación del peFDN como el PSPS, mertens (2000) y el de la proporción de MS retenida sobre la criba (1.18 mm,) utilizando ensilaje de alfalfa con una longitud de corte de (10 mm) y dos tipos de heno de alfalfa cortado y picado, el heno cortado fue cortado grueso y el heno picado fue a través de una criba de (4 mm), formulando cuatro RTM que consistían en 60 % de concentrado de cebada y 40 % de forraje, la primera contenía 50:50 % de ensilaje de alfalfa con heno cortado grueso, la segunda fue igual solo cambio el heno el cual fue heno picado contra 25:75 % de ensilaje con heno cortado grueso y ensilaje con heno picado, con un contenido de peFDN<sub>ps</sub> de 15, 10.1, 13.3 y 7.2 %, peFDN<sub>mertens</sub> de 24.5, 19.6, 23.6 y 18.3 % y peFDN<sub>3</sub> de 26.7, 20.9, 24.3 y 19.7% respectivamente para cada dieta, utilizando como métodos el PSPS, Mertens y la proporción de materia seca retenida sobre la criba > 1.18. Los resultados indican que el cambio de pH es más afectado por el tamaño de partícula que por la alteración del forraje, en dietas que contenían heno cortado en lugar del picado el cual fue más alto y de larga duración. El contenido de peFDN y el tiempo de masticación no fueron correlacionados con la media del pH ruminal, pero si fue correlacionado con el contenido de grasa láctea.

Esta investigación más recientemente realizada por Bhandari *et al.* (2008) determinaron los efectos de corte longitudinal del ensilaje de alfalfa y ensilaje de avena sobre el consumo, comportamiento alimenticio, comportamiento de

masticación, fermentación ruminal, producción láctea y parámetros sanguíneos en vacas lecheras lactando alimentadas con ensilaje de alfalfa, avena y grano de cebada basada en RTM, utilizando dos medidas para los ensilajes largo (19 mm) y corto (6 mm) formulando cuatro RTM que contenían 42.0 % de grano de cebada, 10 % de proteína suplementaria, 24% de materia seca corte largo o corte corto de ensilaje de alfalfa y 24 % de materia seca corte largo o corte corto de ensilaje de avena, para la dieta uno fue 24% ensilaje de alfalfa y 24 % de ensilaje de avena de longitud larga, en la dieta dos fue 24 % de ensilaje de alfalfa longitud larga y 24 % ensilaje de avena longitud corta, en la dieta tres 24 % de ensilaje de alfalfa longitud corta y 24 % ensilaje de avena longitud larga en la dieta cuatro fue 24 % de ensilaje de alfalfa y 24 % ensilaje de avena con una longitud de corta para los dos ensilajes, con un contenido de  $\text{peFDN}_2$  de 24.5, 23.4, 23.7, 21.6 % respectivamente para cada dieta el cual fue determinado por el PSPS. La reducción del corte de los ensilajes de alfalfa y avena en RTM no afectaron la fermentación pero si afectaron al pH ruminal el cual estuvo por abajo del pH mínimo en todas la dietas aun cuando las dietas contenían un adecuado  $\text{peFDN}$  y una distribución del tamaño de partícula, el cual puede ser atribuido a la selección de partículas cortas de largas.

Investigaciones realizadas por Onetti *et al.* (2003) en la cual examinaron el impacto de longitud de partícula del ensilaje de maíz sobre la función ruminal, producción de grasa láctea y performance de vacas lecheras lactando alimentadas con suplemento de cebo en dietas con grano procesado y ensilaje de maíz de alto rendimiento como la única fuente de forraje. Para ello utilizaron dos tamaños de partícula de ensilaje de maíz (19 mm) corto y (32 mm) largo y dos concentraciones de suplemento 0 y 2 % así realizando cuatro RTM que contenían 50:50 % F: C; la primera no contenía suplemento y con una longitud corta, la segunda sin suplemento y con una longitud larga, la tercera con 2 % de suplemento y con una longitud corta y la cuarta con 2 % de suplemento y con una longitud larga, con una media geométrica del tamaño de partícula de 9.3 mm, 9.7 mm, 9.3 mm y 9.7 mm respectivamente para cada dieta el cual fue determinado por el método de cribado ASAE. En uno de los resultados observados en este estudio es que el pH ruminal

no fue afectado cuando se incluyó suplemento al 2 % de cebo y tiende a ser alto en dietas con ensilaje de maíz largo.

De la misma manera Einarson *et al.* (2004) investigaron el efecto de variar la longitud de corte de ensilaje de cebada sobre el peFDN dietético, consumo de materia seca, fermentación ruminal y producción láctea en vacas lecheras alimentadas con RTM con una alta y baja inclusión de concentrado, para ello utilizaron dos longitudes de ensilaje de cebada corte corto (10 mm) y corte largo (19 mm) realizando cuatro raciones; dos con inclusión de concentrado alto y dos con inclusión de concentrado bajo, para las dos primeras utilizaron 43.3 % grano de cebada en base a materia seca y 14.7 % de suplemento proteico en base a materia seca y 42 % de ensilaje de cebada, corte corto y corte largo respectivamente para cada dieta, y para las dos últimas utilizaron 32.1 % de grano de cebada en base a materia seca y 9.3 % de suplemento proteico en base a materia seca y 58.6 % de ensilaje de cebada, corte corto y corte largo respectivamente para cada dieta, con un contenido de peFDN<sub>ps</sub> que fue 18.9, 21.2, 24.6, 29.5 % y del peFDN<sub>FND</sub> que fue 25.2, 29.2, 30.6 y 34.9 % respectivamente para cada dieta, el cual fue determinado por el método PSPS. Los resultados indican que la longitud del corte de ensilaje de cebada con alta y baja inclusión de concentrado no afecta el pH ruminal.

Este estudio realizado por Kononoff *et al.* (2003) determinaron el efecto de alimentar con ensilaje de maíz de diferente tamaño de partícula sobre el comportamiento alimenticio, actividades de masticación y fermentación ruminal. Para ello utilizaron dos tamaños de ensilaje de maíz de (23.3 mm) de longitud de corte teórico el cual fue forraje largo y el ensilaje largo fue recortado a (4.8 mm) para obtener el ensilaje de tamaño corto. Formularon cuatro dietas las primeras dos fueron ensilaje de maíz largo y ensilaje de maíz corto que contenían 57.4% de ensilaje de maíz, 11.2% maíz, 6.1% soya tostada, 6.9 % de granos de destilería, 6.9 % afrecho de trigo, 6.9% harina de soya y 1.8 % de harina de sangre, pluma y pescado, las otras dos compuestas de dos partes de ensilaje corto y una parte de ensilaje largo y la última compuesta de dos partes de ensilaje largo y una parte de ensilaje corto, con una media geométrica de longitud de partícula de 7.4, 8.8, 7.8 y

8.3 mm respectivamente para cada dieta y con un contenido de  $\text{peFDN}_3$  de 31.7, 32.1, 31.9 y 32 % respectivamente para cada dieta, el cual fue determinado por el método de cribado de PSPS. El pH no es afectado por el tamaño de partícula del ensilaje de maíz a pesar de que la concentración de AGVs se incrementa cuando el tamaño de partícula disminuye.

Krause y Combs (2003) investigaron los efectos e interacciones entre tamaño de partícula de forraje, nivel de carbohidratos fermentable ruminales en la dieta y nivel de almidón sobre consumo de materia seca, digestibilidad, producción microbiana, actividad de masticación y pH ruminal de vacas lecheras alimentadas con un nivel de de FND dietético. Utilizando como forrajes ensilaje de alfalfa y ensilaje de maíz con dos tamaños de partículas de corte largo (1.9 cm) y fino que se obtuvo por el recorte del ensilaje largo a través de una criba de (1.9 cm). que fueron combinados con concentrados basados en maíz seco (DC; 89.7 % materia seca) o maíz con alta humedad (HMC; 73.1 % materia seca) y el forraje fue solo ensilaje de alfalfa o una mezcla de ambos 50:50 % para los dos forrajes, contenían un almidón degradable de 68 y 86 % para DC y HMC respectivamente, las seis RTM fueron maíz seco y ensilaje de alfalfa de corte largo, maíz seco y ensilaje de alfalfa/maíz de corte largo, maíz seco y ensilaje de alfalfa fino, maíz seco y ensilaje de alfalfa/maíz fino, maíz con alta humedad y ensilaje alfalfa/maíz de corte largo y maíz con alta humedad y ensilaje de alfalfa/ maíz, con una proporción de F:C (40:60 % materia seca) para todas las dietas. Con una media geométrica de 3.5, 3.6, 2.5, 2.6, 4.2 y 2.8 mm respectivamente para cada dieta, utilizando como método de distribución de partícula el ASAE estándar S424. Se observaron varios resultados los cuales indican que disminuyendo el  $\text{peFDN}$  e incrementando los niveles de carbohidratos fermentables disminuye el pH mínimo, pero fue incrementado cuando fue sustituido por ensilaje de alfalfa en vez de ensilaje de maíz, pero disminuyó cuando se incremento el nivel de carbohidratos fermentables. Las interacciones fueron encontradas entre el nivel de  $\text{peFDN}$ , fuente de forraje y nivel de carbohidratos fermentables sobre el pH lo que complica la inclusión de estos efectos en la formulación de raciones.

Kononoff y Heinrichs (2003) determinaron el efecto del tamaño de partícula de forraje sobre el consumo de materia seca, actividades de masticación, fermentación ruminal. Utilizando henilaje de alfalfa cosechado a una longitud de corte teórico de (22.3 mm) el cual fue longitud larga y para obtener el tamaño corto fue recortado el heno de longitud largo a (4.8 mm). Formulando cuatro RTM con una proporción de F: C 50:50 % para las dos primeras que fue henilaje de alfalfa corto y henilaje de alfalfa largo, para la tercera contenía 2/3 partes de forraje largo y 1/3 de tamaño corto y la última contenía 2/3 partes de tamaño corto y 1/3 parte de tamaño largo, con un contenido de  $\text{peFDN}_3$  de 25.7, 26.2, 26.4 y 26.7 % respectivamente para cada dieta, el cual fue determinado con el método de cribado del PSPS. Ellos concluyeron que el pH ruminal fue afectado de forma cuadrática con relación a las dietas de manera pequeña, indicando que otros factores que el tamaño de partícula son críticos en la regulación cuando la ración de FND satisface los niveles recomendados.

Krause et al. (2002) investigaron los efectos e interacciones entre el nivel de carbohidratos fermentables ruminales dietéticos y tamaño de partícula de forraje sobre el pH ruminal y actividad de masticación con nivel constante de FND de la dieta. En los diferentes tratamientos utilizaron ensilaje de alfalfa que fue cosechado de (1.9 cm) de longitud de corte teórico para ensilaje grueso, el ensilaje de corte fino fue obtenido por un recorte del ensilaje grueso. Los dos niveles de tamaño de partícula de forraje fueron combinados con concentrados basados en dos factores; maíz rolado seco, 89.9% materia seca, que fue bajo carbohidrato fermentable ruminal ó molido: maíz con alta humedad 74.2 % materia seca con alto carbohidrato fermentable ruminal. Formulando cuatro RTM con una proporción F: C de 60:40 %. Que fueron, ensilaje fino con maíz con humedad alta, ensilaje grueso con maíz con humedad alta, ensilaje fino con maíz seco y la última ensilaje grueso con maíz seco. La media geométrica del tamaño de partícula fue de 6.3, 2.8, 6.0 y 3.0 mm respectivamente para cada dieta el cual fue determinado con el método de PSPS. El resultado obtenido fue que disminuyendo el TdP e incrementando el nivel de carbohidratos fermentables disminuyen la media del pH

ruminal y el tiempo por día, pero es más afectado por el tamaño de partícula y el cual fue relacionado con el porcentaje de grasa láctea.

Otra investigación realizada por Yang *et al* (2001) evaluaron los efectos de medida de procesamiento de granos, la proporción de F: C, longitud de partícula de forraje y sus interacciones sobre el consumo alimenticio, pH ruminal, lugar y grado de digestión y rendimiento de vacas lecheras. Formulando RTM que fueron combinadas con tres factores cada una con dos niveles, los factores fueron procesamiento de grano cebada, grueso (1.60 mm) ó delgado (1.36 mm); proporción F: C para baja 35:65 % ó alta 55:45 % y longitud de partícula de forraje, larga (7.59 mm) ó corta (6.08 mm). Con una composición química diferente entre las dietas baja y alta. La proporción baja de forraje consistió en 10 % de ensilaje de alfalfa, 18 de ensilaje de cebada, 7 % de heno de alfalfa y 65 % de concentrado y para dietas altas en forraje consistían en 16% de ensilaje de alfalfa, 29 % de ensilaje de cebada, 10 % de heno de alfalfa y 45 % de concentrado con un contenido de peFDN de 11.5, 10.3, 8.3, 14.5, 12.3 y 9.5 % respectivamente para dietas con grano de cebada grueso y delgado, proporción de forraje bajo y alto y el tamaño de partícula larga y baja, el cual fue determinado con el PSPS a dos cribas. Un incremento en el grano de cebada grueso incrementa la media del pH, el incremento en el consumo de peFDN por el incremento en la proporción de forraje o el tamaño de partícula de forraje no tiene efecto sobre el pH ruminal, pero si con la digestibilidad del almidón en el rumen. El peFDN no fue un buen indicador en dietas altamente digestibles para el pH ruminal.

Por otra parte Rustomo *et al.* (2006) evaluaron los efectos de nivel de concentración del valor ácido gánico (AV) y tamaño de partícula sobre pH ruminal y consumo de materia seca en vacas lecheras, en los diferentes tratamientos se utilizo ensilaje de alfalfa y ensilaje de maíz que fueron cosechados de (1.3 cm) y (1.9 cm) de longitud teórica de corte, respectivamente, previendo la fracción gruesa de ensilaje de maíz a las dietas. El picado fino de ensilaje y heno fue obtenido por recortar el tamaño largo. Los dos niveles de tamaño de partícula corto y largo fueron combinados con niveles de concentrado VA (ácido alto AA 10.0 mg de Ca/g de materia seca, ácido bajo AB 8.7 mg de Ca/g de materia seca)

para preparar cuatro RTM con una proporción de F: C 50:50 %, que fueron ensilaje grueso y concentrado de ácido alto, la segunda ensilaje fino y concentrado de ácido alto, la tercera consistía en ensilaje grueso y concentrado de ácido bajo y la última ensilaje fino y concentrado de ácido bajo, con un contenido de  $\text{peFDN}_2$  25.2, 21.3, 26.6 y 22.1 % y  $\text{peFDN}_3$  39.5, 37.8, 41.2 y 39.2 % respectivamente para cada dieta, utilizando como método de determinación del factor de eficacia física el PSPS. Se observó que un incremento en el tamaño de partícula mejora el pH ruminal, aun cuando contenían un concentrado bajo o alto de ácido génico. El enfoque de AV combinado con  $\text{peFDN}$  puede por lo tanto mejorar la formulación de dietas y ayudar a reducir a SARA (acidosis ruminal sub aguda).

En investigaciones recientes por Yang y Beauchemin (2006a) investigaron los efectos del contenido de  $\text{peFDN}$  dietético de vacas lecheras en dietas que contenían ensilaje de cebada como la única fuente de forraje sobre el consumo de materia seca, actividad de masticación y pH ruminal, para ello utilizaron tres dietas con tamaños diferentes de partícula que fueron alto (100 % longitud de corte teórico 9.5 mm), mediano (proporciones iguales de ensilaje largo y corto) y corto (100 % longitud de corte teórico 4.8 mm) que contenían 53% de concentrado y 47 % de ensilaje de cebada y un contenido de  $\text{peFDN}$  que fue de 13.8, 11.8 y 10.5 % respectivamente para las dietas alta, mediana, y corta el cual fue determinado por el método PSPS. Los resultados obtenidos indican que incrementando el contenido de  $\text{peFDN}$  incrementa la actividad de masticación. Sin embargo incrementando el tiempo de masticación no siempre mejora el estado de pH ruminal o disminuye a la incidencia a acidosis subclínicas.

Beauchemin y Yang (2005) determinaron el efecto de incrementar la concentración de  $\text{peFDN}$  de una dieta que contenían ensilaje de maíz sobre el consumo, actividad de masticación, pH ruminal, fermentación y acidosis ruminal de vacas lecheras, utilizando tres dietas que contenían 58 % de concentrado y 42 % de ensilaje de maíz, con tres niveles de  $\text{peFDN}$  los cuales fueron obtenidos usando una longitud diferente de partícula de ensilaje de maíz que fueron alto (100 % ensilaje largo 19.1 mm) mediano (25 % ensilaje largo y 75 % ensilaje 11 mm mediano) y bajo (100 % ensilaje fino) que fue obtenido por el recorte del

ensilaje mediano, con un contenido de peFDN de 11.5, 10.3 y 8.9 % para alto, mediano y bajo respectivamente el cual fue determinado por el PSPS. Incrementando el contenido del peFDN de las dietas incrementa el tiempo de masticación, pero no siempre mejora el estado de pH ruminal el cual fue bajo para todas las dietas, incrementando el tiempo de masticación no necesariamente reduce la acidosis ruminal.

Yang y Beauchemin (2006c) determinaron los efectos de incrementar el contenido de peFDN de una dieta que contenía ensilaje de maíz sobre el consumo, actividad de masticación, pH ruminal y fermentación, síntesis de proteína microbiana, digestibilidad, producción láctea en vacas lecheras y determinar el más apropiado método de determinar el peFDN para dar el enfoque más adecuado para su uso en formulación de raciones. Utilizando tres dietas que contenían 54 % de concentrado y 46 % de ensilaje de maíz, con una longitud de corte teórico de partícula de 28.6, 15.9, 4.8 mm para largo, mediano y corto, con un nivel de peFDN<sub>2</sub> 35.2, 31.5, 17.4%, peFDN<sub>2FND</sub> de 38.2, 34.6 y 19.8 %, peFDN<sub>3</sub> 47, 44.3, y 44.4 %, peFDN<sub>3FND</sub> 50.1, 48.2 y 47.3 % y peFDN<sub>>1.18</sub> 45, 41.8 y 39 % respectivamente para alto, mediano y corto para ello utilizaron el PSPS con dos cribas y con tres cribas para la determinación del peFDN y el VOSS a la criba >1.18. En estos resultados se encontró la influencia del contenido de peFDN sobre el pH ruminal y la fermentación fue mínima. Y el sistema que provee una buena descripción de la longitud de partícula dietética sobre los efectos del pH ruminal es el PSPS a dos cribas.

Yang y Beauchemin (2007a) determinaron los efectos de incrementar el contenido de peFDN de dietas de vacas lecheras sobre la disminución de riesgo a acidosis en vacas lecheras el cual fue variado por el ajuste de la proporción de forraje y tamaño de partícula en la dieta, formulando cuatro dietas combinadas con dos factores, con dos tamaños de partícula de ensilaje de alfalfa con una longitud de corte teórico para corto (7.9mm) y largo (19.1 mm) y con una proporción de F: C para baja (35:65 %) y alta (60:40 %) la primera quedo ensilaje corto con forraje bajo, ensilaje largo con forraje bajo, ensilaje corto con forraje alto y ensilaje largo con forraje alto, con un contenido de peFDN<sub>2</sub> 9.6, 12.7, 13.9 y 19.8 % y peFDN<sub>3</sub>

28.6, 28.8, 32.2 y 34.4 % respectivamente para cada dieta, el cual fue determinado por el PSPS sobre dos cribas y a tres cribas. Se observó que un incremento en la proporción de F: C y longitud de partícula incrementa el pH ruminal, el  $\text{peFDN}_2$  es positivamente correlacionado con la media del pH ruminal pero no con el tiempo del pH. El  $\text{peFDN}$  es un buen indicador del estado de pH ruminal de vacas lecheras.

Por otra parte Plaizer (2004) investigó la sustitución del corte de heno de alfalfa con ensilaje de alfalfa en raciones totalmente mezcladas basadas a grano de cebada y alfalfa en vacas lecheras, para ello utilizaron ensilaje de alfalfa y maíz con un corte de (10 mm) y heno de alfalfa cortado, formulando tres dietas en base a materia seca que contenían 53 % de suplemento de energía comercial basado a grano de cebada, 10.3 % suplemento proteico comercial y 9.7 % de ensilaje de maíz, en la primera dieta contenía 7 % de ensilaje de alfalfa y 20 % de heno, la segunda contenía 17 % ensilaje de alfalfa y 10 % de heno de alfalfa y en la tercera contenía 27 % de ensilaje de alfalfa, con un contenido de  $\text{peFDN}_2$  de 9.2, 11.2, 12.5% y  $\text{peFDN}_{\text{FND}}$  13.3, 15.1, 15.6 % respectivamente para cada dieta el cual fue determinado por el método de PSPS. Una sustitución del 20 % de materia seca del corte de heno de alfalfa con ensilaje de alfalfa en una RTM basada en grano de cebada y alfalfa incrementa el  $\text{peFDN}$ , pero no tiene efecto sobre el pH ruminal.

Zebeli *et al.* (2008) desarrollaron modelos prácticos para asegurar y predecir la adecuada fibra dietética en vacas lecheras altas productoras sobre respuestas de pH ruminal y producción de grasa láctea de la composición de la dieta. Para ello utilizaron métodos cuantitativos para analizar datos de investigación relevantes y evaluar críticamente y determinar las respuestas de pH ruminal y el desempeño de la producción a distintas variables incluyendo características físicas, químicas y degradación de almidón de la dieta. Además, numerosos datos fueron utilizados para modelar la magnitud de las fluctuaciones de pH ruminal y determinar el umbral para el desarrollo de acidosis ruminal subaguda (SARA). Ellos sugieren que para minimizar los riesgos a SARA deben de evitarse que la media del pH ruminal diario debe ser no menor a 6.16 y con un periodo de tiempo en cual el pH ruminal sea menor a 5.8 por más de 5.24 h/d, en

cuanto al contenido de peFDN entre almidón degradable en el rumen el peFDN se incrementa de 31.2 mas-menos 1.6% el cual incrementa también la media del pH ruminal de 1.2 % más. Un nivel de 30 a 33 % de peFDN>1.18 en la dieta reduce los riesgos a SARA, mejora las respuestas productivas de vacas lecheras altas productoras.

Calberry *et al.* (2003) determinaron los efectos de incrementar el contenido de peFDN dietético por la sustitución de heno de alfalfa cortado con ensilaje de alfalfa en pH ruminal, composición de fluido ruminal, consumo de materia seca, producción y composición láctea de vacas lecheras lactando alimentadas a RTM basadas con grano de cebada y ensilaje de maíz. Para ello se utilizaron tres RTM que consistían en heno de alfalfa cortado, heno de alfalfa cortado y ensilaje de alfalfa y ensilaje de alfalfa. Cada dieta contenía 38.5 % grano de cebada, 30.5 % ensilaje de maíz, 17 % de suplemento proteico y 4.2% de semilla de girasol y con un contenido diferente de ensilaje y heno de alfalfa la primera contenía 9.8% de heno de alfalfa cortado sin ensilaje de alfalfa, la segunda 4.9 % de heno y 4.9 % de ensilaje y la ultima contenía 9.8 % de ensilaje de alfalfa, sin heno de alfalfa, con un contenido de peFDN<sub>2</sub> de 20.1, 21.0 y 23.3 % respectivamente para cada dieta, el cual fue determinado por el método de PSPS. La sustitución del heno de alfalfa cortado con ensilaje de alfalfa incrementa el pH ruminal, por tener contenido más elevado de peFDN.

### **Tamaño de partícula y su interacción con el contenido de peFDN sobre la producción láctea.**

La peFDN está ligado a las características de la fibra, principalmente al tamaño de partícula, la fibra es requerida para las funciones del rumen, secreción de saliva una disminución provoca disminución de la grasa láctea, y un exceso afectan el rendimiento productivo, en dietas con altas porcentajes de concentrado y baja fibra provocan una disminución de grasa láctea pero aumentan la producción láctea. Se han hecho varias investigaciones sobre el contenido de peFDN en raciones totalmente mezcladas con diferentes fuentes de forraje los resultados obtenidos son un poco claros.

Para ello Leonardi *et al.* (2005) investigaron el efecto de diferente media geométrica de longitud de partícula de la dieta y la distribución del tamaño de partícula de ensilaje de avena sobre el comportamiento alimenticio y rendimiento productivo de ganado lechero, para ello utilizaron cinco tratamientos que consistían en 25% de ensilaje de maíz, 25 % ensilaje de avena y 50 % de concentrado en base a materia seca, el primer tratamiento consistió en ensilaje de avena largo, el segundo fue ensilaje de avena medio, el tercero fue ensilaje de avena largo recortado a fino, el cuarto fue ensilaje de avena mediano recortado a fino y el ultimo 50% de ensilaje de avena largo mas 50 % de ensilaje de avena largo recortado a fino. La media geométrica en la dieta fue de 6.68, 5.19, 4.46, 4.35 y 5.39 mm respectivamente para cada dieta la cual fue determinada por el método de ASAE. Un incremento en el consumo de media geométrica de partícula disminuye linealmente la producción láctea, el porcentaje de proteína láctea y sin afectar la producción el porcentaje de grasa láctea, producción de grasa láctea.

En investigaciones realizadas por Krause y Combs (2003) investigaron los efectos e interacciones entre tamaño de partícula de forraje, nivel de carbohidratos fermentables ruminales y nivel de almidón en la dieta, sobre el consumo de materia seca, digestibilidad, producción microbiana, actividad de masticación y pH ruminal de vacas lecheras alimentadas con un nivel de de FND dietético. Para ello utilizaron como fuentes de forrajes ensilaje de alfalfa y ensilaje de maíz con dos tamaños de partículas de corte largo (1.9 cm) y fino que se obtuvo por el recorte del ensilaje largo a través de una criba de (1.9 cm). que fueron combinados con concentrados basados en maíz seco (DC; 89.7 % materia seca) o maíz con alta humedad (HMC; 73.1 % materia seca) y el forraje fue solo ensilaje de alfalfa o una mezcla de ambos 50:50 % para los dos forrajes, contenían un almidón degradable de 68 y 86 % para DC y HMC respectivamente, las seis RTM fueron maíz seco y ensilaje de alfalfa de corte largo, maíz seco y ensilaje de alfalfa/maíz de corte largo, maíz seco y ensilaje de alfalfa fino, maíz seco y ensilaje de alfalfa/maíz fino, maíz con alta humedad y ensilaje alfalfa/maíz de corte largo y maíz con alta humedad y ensilaje de alfalfa/ maíz, con una proporción de F:C (40: 60 % materia seca) para todas las dietas. Con una media geométrica de 3.5, 3.6, 2.5, 2.6, 4.2 y

2.8 mm respectivamente para cada dieta, utilizando como método de distribución de partícula el ASAE estándar S424. Una disminución del tamaño de partícula incrementa la energía-correcta láctea para dietas basadas a alfalfa. Mientras el porcentaje de grasa láctea disminuye cuando disminuye el tamaño de partícula e incrementando el nivel de carbohidratos fermentables. El porcentaje de proteína se incrementa cuando es parcialmente sustituido por ensilaje de alfalfa pero disminuye cuando es con carbohidratos altamente fermentables.

Bal *et al.* (2000) evaluaron los efectos de procesamiento de ensilaje de maíz de planta entera y longitud de corte de ensilaje de maíz de planta entera procesada, sobre el consumo, digestión y producción en vacas lecheras. Para ello utilizaron cuatro RTM que contenían 50 % de forraje (67% ensilaje de maíz y 33 % ensilaje de alfalfa) y 50 % concentrado de maíz y soya con una longitud de corte de (0.95 cm) para la dieta control sin procesar y las procesadas contenían (0.95 cm), (1.45 cm) y (1.90 cm) para fino, mediano, largo respectivamente para cada dieta, con una media geométrica de tamaño de partícula de 4.7, 4.1, 4.4 y 4.5 mm respectivamente para cada dieta usando el OSPS. El proceso del ensilaje de maíz mejora la producción y composición láctea, pero el efecto del tamaño de partícula no afecto a la producción. Debido al incremento del consumo y la a su alta digestibilidad de almidón del maíz.

Siguiendo con las investigaciones sobre el ensilaje de maíz Reis *et al.* (2001) investigaron la comparación de utilización de almidón, utilización de nitrógeno, y rendimiento de lactancia en vacas alimentadas suplementando forraje leguminosa-pasto de corte directo con tres tipos de suplemento de maíz. En los diferentes tratamientos se utilizó como forraje alfalfa y con un 20 a 25 % de *Elytrigia repens*. Los dos experimentos consistían en tres tratamientos, 1 experimento: 1) Forraje leguminosa-pasto de corte-directo sin suplementación de grano, 2) Forraje de corte-directo mas 10 Kg de materia seca de concentrado basado en maíz de cascara seca molido fino, 3) Forraje de corte-directo más 10 kg de materia seca de concentrado basado en maíz con alta humedad molido grueso. 2 Experimento: 1) Forraje leguminosa-pasto de corte-directo más 10 de materia seca de concentrado basado en maíz de cascara seca molido fino, 2)

Forraje de corte directo más 10 kg materia seca de concentrado basado en maíz con alta humedad molido grueso y 3) Forraje de corte directo más 10 kg de materia seca de concentrado basado en maíz con alta humedad molido fino. La media geométrica de partículas de maíz fue 1.25, 3.14 y 2.22 respectivamente para cada dieta. Se observó que la suplementación de concentrado incrementa la producción láctea, proteína láctea, sólidos lácteos, pero estos no fueron afectados por la fuente de maíz y el tamaño de partícula.

Por otra parte Beauchemin *et al.* (2003) evaluaron los efectos del contenido de peFDN de dietas basadas en alfalfa sobre el consumo de materia seca, actividad de masticación, parámetro de fermentación ruminal, producción y composición de la leche de vacas lecheras, para ello utilizaron tres métodos de determinación del peFDN como el PSPS, mertens (2000) y el de la proporción de materia seca retenida sobre la criba 1.18 mm, utilizando como fuente de forraje ensilaje de alfalfa con una longitud de corte teórico de (10 mm) y dos tipos de heno de alfalfa cortado y picado, el heno cortado fue cortado grueso y el heno picado fue a través de una criba de (4 mm), formulando cuatro RTM que consistían en 60 % de concentrado de cebada y 40 % de forraje, la primera contenía 50:50 % de ensilaje de alfalfa con heno cortado grueso, la segunda fue igual solo cambio el heno picado a 4 mm, contra 25:75 % de ensilaje y heno combinadas con los mismos tamaños de partícula del heno cortado o picado a 4 mm con un contenido de peFDN<sub>ps</sub> de 15, 10.1, 13.3 y 7.2 %, peFDN<sub>mertens</sub> de 24.5, 19.6, 23.6 y 18.3 % y peFDN<sub>>1.18</sub> de 26.7, 20.9, 24.3 y 19.7% respectivamente para cada dieta, utilizando como métodos el PSPS, Mertens y la proporción de materia seca retenida sobre la criba >1.18. La producción láctea fue incrementada en dietas con altas concentraciones de ensilaje de alfalfa debido a que incrementa el consumo de materia seca, pero no fue afectado por el tamaño de partícula. Y este parámetro fue correlacionado con el pH ruminal y no con el contenido de peFDN, lo que no indica que el peFDN tiene un efecto limitante sobre la producción y el contenido de grasa láctea.

En una investigación más reciente realizada por Bhandari *et al.* (2008) determinaron los efectos de corte longitudinal del ensilaje de alfalfa y ensilaje de

avena sobre el consumo, comportamiento alimenticio, comportamiento de masticación, fermentación ruminal, producción láctea y parámetros sanguíneos en vacas lecheras lactando alimentadas con ensilaje de alfalfa, avena y grano de cebada basada en RTM, para ello utilizaron dos medidas para los ensilajes largo (19 mm) y corto (6 mm) formulando cuatro RTM que contenían 42.0 % de grano de cebada, 10 % de proteína suplementaria, 24% de materia seca de corte largo o corte corto de ensilaje de alfalfa y 24 % de materia seca de corte largo o corte corto de ensilaje de avena, para la dieta uno fue 24% ensilaje de alfalfa y 24 % de ensilaje de avena de longitud largo, en la dieta dos fue 24 % de ensilaje de alfalfa longitud largo y 24 % ensilaje de avena longitud corto, en la dieta tres 24 % de ensilaje de alfalfa longitud corto y 24 % ensilaje de avena longitud largo, en la dieta cuatro fue 24 % de ensilaje de alfalfa y 24 % ensilaje de avena de longitud corto para los dos ensilajes, con un contenido de  $peFDN_2$  de 24.5, 23.4, 23.7, 21.6 % respectivamente para cada dieta el cual fue determinado por el PSPS. Una reducción de las longitudes de corte de ensilaje de alfalfa y la longitud del ensilaje de avena no afecta la producción de láctea, pero el porcentaje de grasa láctea fue menor que el porcentaje de proteína en de todas las dietas lo cual sugiere que todas las dietas tienen riesgo a acidosis.

Soita *et al.* (2000) determinaron la influencia del tamaño de partícula de forraje de acuerdo ASAE (2) sobre la eficiencia de la fibra de ensilaje de cebada como medición de producción y composición láctea y actividad de masticación. Utilizando dos tamaños de partícula de corte de longitud teórico de (4.68 mm) corto y (18.75 mm) largo y dos niveles de concentrado 45 % bajo y 55 % alto en base a materia seca, formulando cuatro RTM que fueron ensilaje largo y concentrado bajo, la segunda consistía en ensilaje largo y concentrado alto, la tercera consistía en ensilaje corto con concentrado bajo y la última consistía en ensilaje corto con concentrado alto con un contenido de FND de 34.7, 32.2, 34 y 32.1% respectivamente para cada dieta. Se observó que el corte fino puede alterar la eficiencia de la fibra de forraje, pero cuando se incorpora en RTM disminuyendo la longitud de corte de ensilaje de cebada no afecta el porcentaje de grasa. Implicando que los niveles mínimos de fibra requeridos para mantener el

contenido de grasa láctea y necesarios para la salud del rumen no son los mismos.

Einarson *et al.* (2004) investigaron el efecto de variar la longitud de corte de ensilaje de cebada sobre el peFDN dietético, consumo de materia seca, fermentación ruminal y producción láctea en vacas lecheras alimentadas con RTM con alta y baja inclusión de concentrado, para ello utilizaron dos longitudes de ensilaje de cebada corte corto (10 mm) y corte largo (19 mm) realizando cuatro raciones; dos con inclusión de concentrado alto y dos con inclusión de concentrado bajo, para las dos primeras utilizaron 43.3 % grano de cebada en base a materia seca y 14.7 % de suplemento proteico en base a materia seca y 42 % de ensilaje de cebada, corte corto y corte largo respectivamente para cada dieta, y para las dos últimas utilizaron 32.1 % de grano de cebada en base a materia seca y 9.3 % de suplemento proteico en base a materia seca y 58.6 % de ensilaje de cebada, corte corto y corte largo respectivamente para cada dieta, con un contenido de peFDN<sub>ps</sub> que fue 18.9, 21.2, 24.6, 29.5 % y del peFDN<sub>FND</sub> que fue 25.2, 29.2, 30.6 y 34.9 % respectivamente para cada dieta, el cual fue determinado por el método PSPS. Una reducción de la longitud del corte del ensilaje de cebada no afecta la producción y composición láctea, pero un aumento en la proporción de concentrado incrementa la producción, disminuye el porcentaje de grasa y aumenta el porcentaje de proteína láctea a través de las longitudes.

Para ello Clark y Armentano (2002) determinaron el efecto de tamaño de partícula de ensilaje de alfalfa sobre la producción y composición láctea y actividad de masticación. Utilizando como fuentes de forrajes ensilaje de maíz y ensilaje de alfalfa con un corte de (9.4 mm) longitud de corte teórico y un corte fino para el ensilaje de alfalfa el cual fue obtenido por el recorte del ensilaje grueso que fue de (3.3 mm). Formulando cuatro RTM en cada experimento, que contenían 10.7 % de FND de ensilaje de maíz y 2.3 % FND de heno de alfalfa para la dieta control basal con forraje bajo con un nivel de concentrado de 73 %, y para las tres últimas 8.6 % de FND adicional de ensilaje grueso o ensilaje de alfalfa recortado fino o la mezcla igual de ambos que fueron ensilaje de alfalfa grueso con forraje alto,

ensilaje de alfalfa mediano (50:50 fino y largo) con forraje alto y ensilaje de alfalfa fino con forraje alto con un nivel de concentrado de 52 % para estas tres últimas dietas. Un incremento en el contenido de forraje por arriba de la cantidad fundamental usando como fuente de forraje el ensilaje de alfalfa incrementa 4 % la producción láctea de grasa-correcta, la concentración y producción de grasa.

Investigaciones realizadas por Yang y Beauchemin (2005) en el cual determinaron los efectos de incrementar la concentración de peFDN de una dieta conteniendo ensilaje de maíz sobre el consumo, lugar y grado de digestión, síntesis de proteína microbiana, producción y composición de leche en vacas lecheras lactando. Utilizando tres dietas que fueron químicamente idénticas que contenían 58 % de concentrado y 42% de ensilaje de maíz con una longitud de corte teórico de (19.1 mm) longitud larga, (11 mm) longitud mediano y fino el cual fue obtenido por recortar el ensilaje mediano, con un nivel de tamaño de partícula, alto (100 % ensilaje largo) mediano (25 % ensilaje largo y 75 % de ensilaje mediano) y bajo (100 % ensilaje fino), con un contenido de peFDN de 11.5, 10.3 8.9 % respectivamente para alto, mediano y bajo. Utilizando como método de de terminación del peFDN el PSPS a dos cribas. Se observo que un incremento del contenido de peFDN no significativamente mejora la producción y composición láctea en vacas medianas productoras.

La reciente investigación por Zebeli *et al.* (2008) desarrollaron modelos prácticos para asegurar y predecir la adecuada fibra dietética en vacas lecheras altas productoras sobre respuestas de pH ruminal y producción de grasa láctea de la composición de la dieta. Para ello utilizaron métodos cuantitativos para analizar datos de investigación relevantes y evaluar críticamente y determinar las respuestas de pH ruminal y el desempeño de la producción a distintas variables incluyendo características físicas químicas y degradación de almidón de la dieta. Además, numerosos datos fueron utilizados para modelar la magnitud de las fluctuaciones ruminal pH y determinar el umbral para el desarrollo de acidosis ruminal subaguda (SARA). Ellos sugieren que alimentando con dietas con un contenido de peFDN<sub>3</sub> de 21.6 a 32 %, significativamente disminuye el consumo de materia seca, la producción láctea real, sin embargo el contenido de grasa láctea,

la producción de grasa láctea y eficiencia energética láctea fueron incrementados.

Por otra parte Yang y Beauchemin (2007b) determinaron los efectos entre interacciones del nivel de carbohidratos fermentables ruminales y contenido de peFDN dietético sobre el consumo, lugar y grado de digestión, síntesis de N microbiano, producción y composición láctea de vacas lecheras. Para ello utilizaron ensilaje de alfalfa con dos longitudes de corte teórico de (7.9 mm) y (19.1 mm) para longitud corta y larga, respectivamente, realizando cuatro RTM la primera ración consistía de ensilaje de alfalfa de longitud corta con una proporción de F: C de 35:65, la segunda de ensilaje de alfalfa de longitud de corte larga con una proporción de F: C de 35:65, la tercera consistía en ensilaje de alfalfa de longitud corta con una proporción de F: C de 60:40% y la cuarta ración consistía en ensilaje de alfalfa con una longitud larga con una proporción de F: C de 60:40 %, con un contenido de peFDN<sub>2</sub> 9.6, 12.7, 13.9 y 19.8 % respectivamente para cada dieta y 28.6, 28.8, 32.2 y 34.0 % para peFDN<sub>3</sub> respectivamente para cada dieta el cual fue determinado por el método de PSPS a dos y a tres cribas. La producción láctea real fue disminuida pero la producción de leche correlaciona-grasa a 4 % fue similar entre las dietas bajas y altas en forraje-concentrado porque se incremento el contenido de grasa láctea. Un incremento en el tamaño de partícula de forraje en dieta altas de forraje-concentrado no afecto la producción láctea.

Calberry *et al.* (2003) determinaron los efectos de incrementar el contenido de peFDN dietético por la sustitución de heno de alfalfa cortado con ensilaje de alfalfa sobre el pH ruminal, composición de fluido ruminal, consumo de materia seca, producción y composición láctea de vacas lecheras lactando alimentadas a RTM basadas con grano de cebada y ensilaje de maíz. Utilizando tres RTM que consistían en heno de alfalfa cortado y ensilaje de alfalfa. Cada dieta contenía 38.5 % grano de cebada, 30.5 % ensilaje de maíz, 17 % de suplemento proteico y 4.2% de semilla de girasol y con un contenido diferente de ensilaje y heno de alfalfa la primera contenía 9.8 % de heno de alfalfa cortado sin ensilaje de alfalfa, la segunda 4.9 % de heno y 4.9 % de ensilaje y la ultima contenía 9.8 % de

ensilaje de alfalfa, sin heno de alfalfa, con un contenido de  $\text{peFDN}_2$  de 20.1, 21.0 y 23.3 % respectivamente para cada dieta, el cual fue determinado por el método de PSPS. La sustitución de heno de alfalfa cortado con ensilaje de alfalfa incrementa el porcentaje de grasa láctea y la producción de grasa láctea. La producción de leche, el contenido de proteína láctea, la producción de proteína láctea no fueron afectados.

### **III. - MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **Ubicación del experimento.**

El presente estudio se realizó en diez establos lecheros Adelita, Campanario, El edén, El fénix, la paz, Mapulas, Monegro, Tres romeros, Campo sagrado y La victoria, de la comarca lagunera que está ubicada en el estado de Coahuila, México que se localiza en la parte oeste del sur del estado, en las coordenadas 103° 26' 33" longitud oeste y 25° 32' 40" latitud norte, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar.

#### **Toma de muestras.**

El estudio se realizó tomando una muestra y su repetición de las dietas por cada carro mezclador tomando en consideración el 50% del total de carros que se proporcionan durante las 24 horas del día a las vacas altas productoras. Posteriormente se siguieron estos pasos:

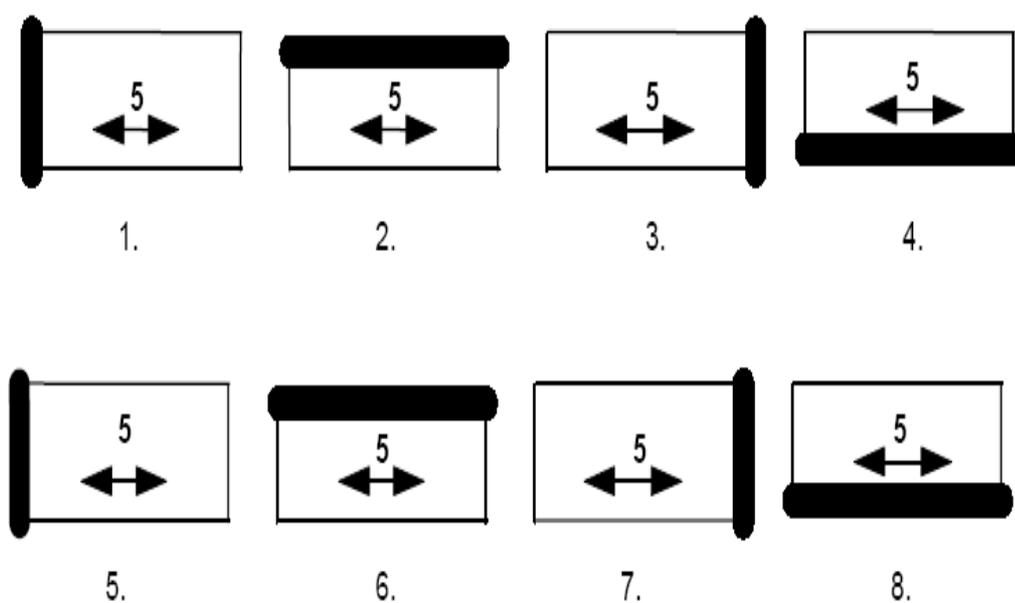
- a).- Se limpio el área previa a la muestra.
- b).- Se trazó una línea imaginaria de aproximadamente un metro de la ración totalmente mezclada.
- c).- Se separó a una distancia donde la vaca no pudo alcanzar a comerla.
- d).- Se dividió el metro en lineal en cuatro partes.
- e).- Se tomo una muestra de aproximadamente 50 grs de las cuatro esquinas y una de en medio y posteriormente se embolso para el análisis de materia seca y FND.
- f).- Ya recolectada la muestra, se separo en cuatro partes y se desecho la parte inutilizable y así se hizo hasta que quedo aproximadamente un kilogramo de la ración totalmente mezclada y posteriormente fue puesta en el PSPS.

#### **Método de determinación de la distribución del tamaño de partícula.**

El PSPS (Separador de Partícula de Forraje del Estado de Pensilvania) consta de cuatro cajas separadoras de plástico una encima de la otra en el siguiente orden: la criba con los hoyos más grandes (criba superior) que mide las

partículas mayores de 19 mm, la de hoyos medianos (criba media) mide las partículas menores de 19 mm y mayores de 8 mm, la de hoyos más pequeños (criba inferior) mide las partículas menores de 8 mm y mayores a 1.18 mm, y la bandeja sólida hasta abajo. Se coloca aproximadamente un kilogramo de la dieta de forraje o de la ración totalmente mezclada en la criba superior y posteriormente se agita sobre una superficie plana, el proceso consiste en agitar las cribas 8 veces por cada lado y así sucesivamente con los tres lados restantes. No debe haber movimiento vertical al agitar. Se repitió el proceso por segunda ocasión acumulando 64 movimientos. La distancia de cada movimiento fue de 50 a 60 cm. (Heinrichs y Kononoff 2002).

**Figura 1. Patrón de agitación para la separación de partículas por tamaño.**



**Figura 1. Patrón de agitación para la separación de partículas por tamaño.**

#### **Determinación del pef y peFDN.**

El pef fue determinado como la proporción de materia seca retenida en una criba del Separador de Partículas del Estado de Pennsylvania (PSPS). El pef<sub>2</sub> es determinado como la proporción de materia seca retenida en la criba superior >19

mm y la suma de la proporción de materia seca retenida sobre la criba > 8 mm del separador de partículas del estado de Pennsylvania. El  $pef_3$  es determinado como la proporción de materia seca retenida sobre la criba superior > 19m más la suma de la proporción de materia seca retenida sobre la criba > 8 mm y la suma de la proporción de materia seca retenida sobre la criba 1.18 mm del separador de partículas del estado de Pennsylvania.

El  $peFDN_2$  es determinado como el factor de eficacia física ( $pef_2$ ) multiplicado por el contenido de FND de materia seca de la ración totalmente mezclada. El  $peFDN_3$  es determinado como el factor de eficacia física ( $pef_3$ ) multiplicado por el contenido de FND de materia seca de la ración totalmente mezclada.

#### **Determinación de MS y FND.**

La materia seca fue determinada por el método de la OAC utilizando una estufa de la marca Felisa, serie 211, 02, 0187 en donde fueron puestas las muestras por 24 horas a una temperatura 100 °C.

La FND se determino por el método de Van Soest, para ello se utilizó un molino de la marca THOMAS SCIENTIFIC modelo 5KH39QN5525 en el cual fueron molidas las muestras a un tamaño aproximado a 1 mm, para posteriormente pesar una cantidad aproximada de muestra de .500 grs. en una bascula EXPLORER OHAUS 210 g. x 0.001 g. y fueron puestas a hervir con la solución FND en el digestor de la marca LABCONCO por un periodo de 1 hora y pasadas a la bomba de vacío en la cual estuvo por aproximadamente por 4 minutos cada muestra y posteriormente fueron puestas a la estufa de la marca Felisa, serie 211, 02, 0187 por un periodo de dos horas y fueron sacadas y puestas al desecador por un periodo de una hora y posteriormente pesadas en la bascula EXPLORER OHAUS 210 g. x 0.001 g. Obteniéndose los resultados de FND de cada muestra.

## Descripción de los forrajes utilizados.

La descripción del forraje y la proporción de forraje-concentrado se realizaron de acuerdo al tipo de dietas de cada establo a continuación se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1.- Relación de los forrajes y proporción de forraje-concentrado en las raciones completamente mezcladas de los establos evaluados.

FORRAJES DE LAS RACIONES TOTALMENTE MEZCLADAS									
	HA	AV	EA	EM	HAA	EAA	ET	ES	***F: C
1	*				*			*	56: 44
2	*	*		*	*				60: 40
3	*	*						*	63: 37
4	*			*			*		65: 35
5	*	*	*						60:40
6	*		*					*	60: 40
7	*		*	*				*	60:40
8	*			*					60:40
9	*			*				*	67:33
10	*		*	*	*				63:37

**\*Establos;** 1: Adelita, 2: El campanario, 3: El edén, 4: El fénix, 5: La paz, 6: Mapulas, 7: Monegro, 8: Tres romeros, 9: Campo sagrado, 10: La victoria.

**\*\*Forrajes;** HA: Heno de alfalfa; AV: Alfalfa verde; EA: Ensilaje de alfalfa; EM: Ensilaje de maíz; HAA: Heno de avena; EAA: Ensilaje de avena; ET: Ensilaje de trigo; ES: Ensilaje de sorgo.

**\*\*\*F: C;** Relación forraje – concentrado.

## Análisis estadístico.

Los análisis de varianza del factor establo para las variables: materia seca retenida, factor de eficiencia física y contenido de peFDN fueron analizados usando el sistema (SAS, 1998) en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. La significancia fue de  $P < 0.05$ , altamente significativo  $P < 0.01$  y no significativo  $P > 0.05$ .

#### IV. - RESULTADOS

Este trabajo se llevo a cabo con la finalidad de determinar el porcentaje de materia seca retenida, el factor de eficiencia física y la eficacia física de la fibra neutro detergente de las raciones totalmente mezcladas de vacas lecheras en producción alta en diez establos de la Comarca Lagunera, por lo tanto los resultados de este experimento se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2.- Media de cuadrados mínimos de materia seca retenida (MSR), factor de eficiencia física (pef), contenido de eficacia física de la fibra (peFDN) y composición química de las raciones totalmente mezcladas.

Establo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*MS %	56.6	46.8	51.1	53.6	49.0	55.6	58.1	56.8	49.4	53.1
FND%	47.4	50.8	42.7	43.3	42.8	45.4	46.8	51.8	48.3	43.9
<b>% MSR**</b>										
19 mm %	2.1 <sup>de</sup>	5.4 <sup>c</sup>	11.2 <sup>b</sup>	2.0 <sup>e</sup>	19.6 <sup>a</sup>	3.2 <sup>de</sup>	2.9 <sup>de</sup>	9.5 <sup>b</sup>	3.8 <sup>d</sup>	6.7 <sup>c</sup>
8 mm %	24.1 <sup>e</sup>	43.0 <sup>a</sup>	38.5 <sup>cd</sup>	42.9 <sup>a</sup>	25.7 <sup>e</sup>	39.7 <sup>bc</sup>	26.1 <sup>e</sup>	37.7 <sup>cd</sup>	41.5 <sup>ab</sup>	35.0 <sup>d</sup>
1.18 mm %	55.8 <sup>a</sup>	38.1 <sup>d</sup>	34.6 <sup>e</sup>	41.9 <sup>bc</sup>	38.1 <sup>d</sup>	42.4 <sup>b</sup>	53.8 <sup>a</sup>	38.8 <sup>cd</sup>	38.7 <sup>d</sup>	38.8 <sup>cd</sup>
Base %	17.9 <sup>ab</sup>	13.5 <sup>d</sup>	15.8 <sup>bc</sup>	13.3 <sup>d</sup>	16.6 <sup>abc</sup>	14.7 <sup>cd</sup>	17.3 <sup>abc</sup>	14.1 <sup>cd</sup>	16.0 <sup>bc</sup>	19.5 <sup>a</sup>
<b>Pef***</b>										
pef <sub>2</sub> %	26.2 <sup>e</sup>	48.4 <sup>a</sup>	49.6 <sup>a</sup>	44.9 <sup>bc</sup>	45.3 <sup>bc</sup>	42.8 <sup>c</sup>	28.9 <sup>e</sup>	47.1 <sup>ab</sup>	45.3 <sup>bc</sup>	41.7 <sup>c</sup>
pef <sub>3</sub> %	82.1 <sup>cd</sup>	86.5 <sup>a</sup>	84.2 <sup>bc</sup>	86.7 <sup>a</sup>	83.4 <sup>bcd</sup>	85.3 <sup>ab</sup>	82.7 <sup>bcd</sup>	85.9 <sup>ab</sup>	84.0 <sup>bc</sup>	80.5 <sup>d</sup>
<b>peFDN****</b>										
peFDN <sub>2</sub> %	13.4 <sup>e</sup>	27.3 <sup>ab</sup>	26.1 <sup>abc</sup>	20.3 <sup>d</sup>	27.7 <sup>ab</sup>	20.9 <sup>d</sup>	14.9 <sup>e</sup>	29.3 <sup>a</sup>	23.7 <sup>bcd</sup>	21.2 <sup>cd</sup>
peFDN <sub>3</sub> %	52.2 <sup>e</sup>	71.3 <sup>a</sup>	62.0 <sup>bc</sup>	57.9 <sup>d</sup>	63.4 <sup>bc</sup>	59.6 <sup>bcd</sup>	53.6 <sup>de</sup>	73.8 <sup>a</sup>	64.1 <sup>b</sup>	56.5 <sup>de</sup>

Establos: 1: Adelita, 2: El campanario, 3: El edén, 4: El fénix, 5: La paz, 6: Mapulas, 7: Monegro, 8: Tres romeros, 9: Campo sagrado, 10: La victoria.

Literales distintas entre renglones fueron diferentes (P <0.05 significativo, P < 0.01 altamente significativo y P >0.05 no significativo).

\*MSR, Materia seca retenida en cada criba.

\*\*El pef<sub>2</sub> y pef<sub>3</sub>: Factor de eficiencia física determinado como la proporción de partículas retenidas sobre una criba, sobre dos cribas y sobre las tres cribas, respectivamente

\*\*\*El peFDN<sub>2</sub> y peFDN<sub>3</sub>: eficacia física de FND, determinado como el contenido de FND de la ración totalmente mezclada multiplicado por el pef<sub>1</sub> y pef<sub>3</sub> respectivamente.

En el cuadro 2, se puede apreciar que con respecto a la de materia seca retenida entre establos, se observa que en los establos 3, 5 y 8 la cantidad de materia seca retenida en la criba de 19 mm fue de los más altos, siendo superior al 8 %. Por otra parte se observa que en la criba 8 mm la cantidad de materia seca retenida en los establos 1, 5 y 7 fue inferior al 30 %, siendo iguales estos tres establos ( $P>0.05$ ). Sin embargo en la criba 1.18 mm se observa que los establos 1 y 7 la cantidad de materia seca retenida fue superior al 50 %, siendo iguales estadísticamente ( $P>0.05$ ). Para la criba base porcentajes de retención fueron inferiores a 20 % de materia seca retenida en todos los establos y superiores al 10%.

Por otra parte con respecto al factor de eficiencia física ( $pef_2$ ) se observa que en los establos 1 y 7 la eficiencia física fue inferior al 40 % y siendo estadísticamente iguales ( $P>0.05$ ). Para el factor de eficiencia física ( $pef_3$ ) se observa que los establos 2, 4, 6 y 8 el porcentaje fue de los más altos de 86.5, 86.7, 85.3 y 85.9 % respectivamente, siendo iguales estadísticamente ( $P>0.5$ ), por otra parte se observa también que el porcentaje menor de  $pef_3$  es en el establo 10 con un porcentaje de 80.5 %.

Con respecto al  $peFDN$ , se puede apreciar que en el establo 5 el porcentaje de  $peFDN_2$  fue el más alto con una cantidad de 27.7 %, mientras los porcentajes más bajos fue para los establos 3 y 7 con una cantidad de 13.4 y 14.9 % respectivamente, siendo iguales estadísticamente ( $P>0.05$ ). Con respecto al  $peFDN_3$  se llegó a observar que los establos están por arriba del 50%.

Otras observaciones realizadas de las cuales se tomaron por establo sobre las variables, se puede apreciar que en los establos 1 y 7 las cribas 19 mm y 8 mm se encuentra el porcentaje menor de materia seca retenida con una cantidad de 27.8 % y 30% respectivamente, mientras que las dos cribas inferiores 1.18 mm y la base tienen el porcentaje mayor de retención de materia seca con una cantidad de 72.2 % y 71.1 % respectivamente, repercutiendo sobre el contenido de  $pef_2$  y  $peFDN_2$  con una cantidad de 26.2, 13.4, 28.9 y 14.9 % respectivamente, esto podría ser por el exceso de picado del ensilaje o el exceso de molido de la partícula. Por otra parte en establo en el establo 5 se observó un porcentaje mayor

en la criba 19 mm con una cantidad de materia seca retenida superior al 8 % y un porcentaje inferior de 30 % en la criba 8 mm, por otra los resultados observados de las cribas inferiores se encontraron entre los rangos recomendados por Heinrichs y Kononoff (2002).

## V. - DISCUSIÓN

Los análisis de varianza detectaron diferencias altamente significativas para las variables de distribución del tamaño de partícula, factor de eficacia física (pef) y contenido de peFDN (P 0.0001) ver cuadro de apéndices, lo cual indica que la hipótesis planteada es confirmada por estas diferencias obtenidas de los resultados.

La materia seca retenida se observó que los establos 3, 5 y 8, la cantidad de materia seca retenida en la criba de 19 mm fue de los más altos, siendo superiores al 8 %, en raciones totalmente mezcladas basadas en heno de alfalfa, alfalfa verde y ensilaje de maíz o sorgo. Debido a estudios limitados en condiciones comerciales solo se compararon los resultados con el trabajo realizado por Santiago (2009) quien observó porcentajes de 6.34 y 7.01 % como los más altos en su investigación en raciones totalmente mezcladas basadas en heno de alfalfa y ensilaje de maíz o sorgo. Heinrichs y Kononoff (2002) sugieren un porcentaje de 2–8 % de materia seca retenida en la criba 19 mm de la ración totalmente mezclada. Probablemente una posible explicación de los resultados de la criba 19 mm. Plaizer (2004) en sus resultados observados indican que la sustitución del corte de heno de alfalfa a ensilaje de alfalfa en dietas basadas en grano de cebada, incrementa la materia seca retenida, posiblemente otra explicación podría ser que la fuente de forraje es el principal factor ya que la dietas contenían alfalfa verde la cual no pudo ser bien triturada por las navajas de los carros mezcladores.

Por otra parte se observó que en la criba 8 mm la materia seca retenida en los establos 1, 5 y 7 fue inferior al 30 % en dietas basadas en heno de alfalfa, ensilaje de maíz o alfalfa. Estos resultados fueron similares a los reportados por Santiago (2009) quien también obtuvo resultados inferiores al 30 % en dietas basadas en heno de alfalfa, ensilaje de maíz o sorgo. Heinrichs y Kononoff (2002) sugieren un porcentaje de 30–50 % de materia seca retenida en la criba 8 mm de las raciones totalmente mezcladas.

Sin embargo en la criba 1.18 mm se observó que los establos 1 y 7 la cantidad de materia seca retenida fue superior al 50 %, principalmente en dietas

basadas en heno de alfalfa, ensilaje de sorgo o maíz. Santiago (2009) obtuvo resultados superiores al 50 % en dietas basadas en heno de alfalfa y ensilaje de sorgo. Por otra parte Heinrichs y Kononoff (2002) sugieren un porcentaje de materia seca de 30–50 % en la criba 1.18 de las raciones totalmente mezcladas.

Los porcentajes de materia seca retenida en la criba 8 mm pueden haber sido afectados por el exceso de trituración del forraje al momento del mezclado o una longitud reducida de corte teórico del forraje al momento de la cosecha, sin embargo cuando la inclusión de ensilajes de alfalfa o sorgo son altos en las dietas afecta la cantidad de materia seca retenida, por otra parte estos factores incrementaron los porcentajes de retención de materia seca en la criba 1.18 mm.

Para la criba base los porcentajes de retención fueron inferiores a 20 % de materia seca retenida en todos los establos y superiores al 10%. Mientras Santiago (2009) encontró resultados superiores a los del presente estudio, por otra parte Heinrichs y Kononoff (2002) sugieren un porcentaje inferior de materia seca retenida al 20 % en la criba base de las dietas.

Los resultados del presente trabajo según Heinrichs y Kononoff (2002) pueden ser relacionados por la relación F: C debido a que los establos evaluados se encontraron en un rango de 60:40 %.

El factor de eficiencia física es diferente para cada establo, en el presente estudio se observa que en los establos 1 y 7 el factor eficiencia física ( $pef_2$ ) fue inferior al 40 % en dietas basadas en heno de alfalfa, ensilaje de maíz o sorgo. Este mismo año Santiago (2009) observó en su trabajo resultados similares con porcentajes inferiores al 40 % en dietas basadas en heno de alfalfa y ensilaje de maíz o sorgo. Estos resultados se pueden atribuir a que estos dos establos tienen un nivel alto de inclusión de ensilaje de sorgo que de los demás establos.

Por otra parte en el  $pef_3$  se observó que los establos 2, 4, 6 y 8 el porcentaje fue de los más altos de 86.5, 86.7, 85.3 y 85.9 % respectivamente, de lo contrario el porcentaje menor de  $pef_3$  es en el establo 10 con un porcentaje de 80.5 % en dietas basadas en heno de alfalfa, ensilaje de maíz y de sorgo. Santiago (2009) en su trabajo reportó que los porcentajes fueron superiores al 82 % como los porcentajes máximos de las dietas basadas en heno de alfalfa y

ensilaje de maíz, mientras los porcentajes más bajos que obtuvo fueron inferiores al 80 % en cuatro establos con dietas basadas en heno de alfalfa y ensilaje de sorgo. En los establos con mayor porcentaje de pef se puede atribuir a que el tamaño de partícula o el nivel de inclusión de heno de alfalfa y ensilaje de maíz en las dietas fueron más altos que los demás establos.

Con respecto a los resultados sobre el contenido de peFDN, en el establo 5 el porcentaje de peFDN<sub>2</sub> fue el más alto con una cantidad de 27.7 % en dietas basadas en heno de alfalfa, alfalfa verde y ensilaje de alfalfa, mientras los porcentajes bajos fue para los establos 3 y 7 con una cantidad de 13.4 y 14.9 % respectivamente, en dietas basadas en heno de alfalfa, alfalfa verde, ensilaje de sorgo o maíz.

Los resultados de los establos 3 y 7 fueron similares a los de Plaizer (2004) quién investigó la sustitución del corte de heno de alfalfa con ensilaje de alfalfa en raciones totalmente mezcladas basadas a grano de cebada en vacas lecheras, elaborando tres dietas en base a materia seca con un contenido de peFDN<sub>2</sub> de 9.2, 11.2, 12.5% respectivamente para cada dieta. Por otra parte un trabajo similar realizado por Calberry *et al.* (2003) quienes determinaron el contenido de peFDN<sub>2</sub> dietético por la sustitución de heno de alfalfa con ensilaje de alfalfa en vacas lecheras lactando alimentadas con dietas basadas a grano de cebada y ensilaje de maíz. En tres dietas con un nivel de peFDN<sub>2</sub> de 20.1, 21.0 y 23.3 % respectivamente para cada dieta. Estos resultados comparados con los del presente trabajo se encontraron por abajo de la media general 23.88 % del peFDN de los diez establos evaluados. Por otra parte una investigación por Yang *et al.* (2003) donde evaluaron los efectos del contenido de peFDN de dietas basadas en ensilaje de alfalfa y dos tipos heno de alfalfa en cuatro dietas con un nivel de peFDN<sub>2</sub> 15, 10.1, 13.3 y 7.2 % respectivamente para cada dieta, que fueron similares a los resultados de los establos 3 y 7. Otra investigación realizada por Yang y Beauchemin (2006c) quienes determinaron los efectos del contenido de peFDN con un nivel de peFDN<sub>2</sub> 35.2, 31.5, 17.4% en tres dietas, siendo estos resultados más altos que los obtenidos en el establo 5.

Con respecto al  $\text{peFDN}_3$  se llegó a observar que todos los establos evaluados fueron superiores al 50% en dietas basadas en heno de alfalfa, alfalfa verde, ensilaje de maíz, alfalfa o sorgo. En trabajos similares por Kononoff *et al.* (2003) el nivel de  $\text{peFDN}_3$  de sus cuatro dietas realizadas no fueron más de 32 %. Yang *et al.* (2003) reportó el nivel de  $\text{peFDN}_3$  de tres dietas basadas en alfalfa que fueron de 26.7, 20.9, 24.3 y 19.7%. Por otra parte Kononoff y Heinrichs (2003) determinaron el nivel de  $\text{peFDN}_3$  utilizando cuatro dietas con un contenido de  $\text{peFDN}_3$  de 25.7, 26.2, 26.4 y 26.7 %. Zebeli *et al.* (2008) desarrollaron modelos prácticos para asegurar y predecir la fibra dietética adecuada en vacas lecheras altas productoras. Ellos sugieren un nivel de 30 a 33 % de  $\text{peFDN}_3$  en la dieta reduciendo los riesgos a SARA y mejorando las respuestas productivas de vacas lecheras altas productoras.

Estos resultados observados en el  $\text{peFDN}_2$  y  $\text{peFDN}_3$  se pueden atribuir a que el tamaño de partícula del ensilaje o heno de alfalfa determinan el contenido de  $\text{peFDN}$  (Yang *et al.*, 2003) por otra parte la inclusión de heno de alfalfa con ensilaje de alfalfa en dietas basadas en grano de cebada incrementa el contenido de  $\text{peFDN}$  (Plaizer, 2004, Calberry *et al.*, 2003). De acuerdo a estos dos factores: al tamaño de partícula del forraje y la inclusión de heno de alfalfa se puede atribuir que los establos con mayor porcentaje de  $\text{peFDN}$  podrían tener un tamaño más grande de partícula o un nivel alto de inclusión de heno alfalfa o alfalfa verde. Sin embargo (Kononoff *et al.*, 2003, Kononoff y Heinrichs 2003) reportan que un porcentaje alto del contenido de FND de las dietas de la materia seca incrementan el contenido de  $\text{peFDN}_3$ .

En el presente trabajo de investigación no se consideró el análisis físico y químico previo de los forrajeros antes de su mezclado en las dietas, las características de los carros revolvedores que proveen la dieta. Así mismo fueron pocos los establos investigados.

Para determinar con mayor exactitud la materia seca retenida, el factor de eficiencia física (pef) y el contenido de  $\text{peFDN}$  en las raciones totalmente mezcladas en vacas altas productoras de establos de la comarca lagunera se

sugiere investigar el efecto del carro mezclador sobre el contenido de pef y peFDN y los efectos sobre la producción y calidad de la leche.

## **VI. - CONCLUSIÓN**

De los diez establos que fueron evaluados de la comarca lagunera, los resultados demuestran que todos difieren en la distribución del tamaño de partículas, factor de eficiencia física y contenido de peFDN de las dietas, esto es debido a que varían en la longitud de corte teórico al momento de la cosecha, la fuente de forraje y el contenido de FND de las raciones totalmente mezcladas.

El PSPS fue un buen indicador en la determinación de pef y peFDN de las raciones totalmente mezcladas.

## VIII. - LITERATURA CITADA

- Allen, D. M. J. R. 2000. Interactions Between Forage and Wet Corn Gluten Feed as Sources of Fiber in Diets for Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 83:322-331.
- Bal, M. A., R. D. Shaver, A. G. Jirovec, K. J. Shinnery, y J. G. 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.
- Bhandari, S. K., S. Li., K. H. Ominski, K. M. Wittenberg y J. C. Plaizier. 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.
- Beauchemin, K. A. y W. Z. 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.
- Beauchemin, K. A., W. Z. Yang y L. M. Rode. 2003. Effects of Particle Size of Alfalfa-Based Dairy Cow Diets on Chewing Activity, Ruminal Fermentation, and Milk Production. *J. Dairy Sci.* 86: 630-643.
- Calberry, J. M., J. C. Plaizier., M. S. Einarson y B. W. McBride. 2003. Effects of Replacing Chopped Alfalfa Hay with Alfalfa Silage in a Total Mixed Ration on Production and Rumen Conditions of Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 86:3611-3619.
- Clark, W. P. y L. E. Armentano. 2002. Influence of Particle Size on the Effectiveness of the Fiber in Alfalfa Silage. *J. Dairy Sci.* 85:3000-3007.
- Einarson, S. M., C. J. Plaizier y M. K. Wittenberg. 2004. Effects of Barley Silage Chop Length on Productivity and Rumen Conditions of Lactating Dairy Cows Fed a Total Mixed Ration. *J. Dairy Sci.* 87:2987-2996.
- Heinrichs, J. and P. Kononoff. 2002. Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator. Pennsylvania State University, College of Agricultural Sciences, Cooperative Extension DAS 02-42.

- Kononoff, P. J., A. J. Heinrichs. 2003. The Effect of Reducing Alfalfa Haylage Particle Size on Cows in Early Lactation. *J. Dairy Sci.* 86:1445-1457.
- Kononoff, P. J., A. J. Heinrichs y H. A. Lehman. 2003. 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. M. y D. K. Combs. 2003. Effects of Forage Particle Size, Forage Source, and Grain Fermentability on Performance and Ruminal pH in Midlactation Cows. *J. Dairy Sci.* 86:1382-1397.
- Krause, K. M., D. K. Combs y K. A. 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.
- Leonardi, C. K. J. Shinnars, L. E. Armentano. 2005. Effect of Different Dietary Geometric Mean Particle Length and Particle Size Distribution of Oat Silage on Feeding Behavior and Productive Performance of Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 88:698-710.
- Onetti, S. G., R. D. Shaver, S. J. Bertics y R. R. Grummer. 2003. Influence of Corn Silage Particle Length on the Performance of Lactating Dairy Cows Fed Supplemental Tallow. *J. Dairy Sci.* 86:2949-2957.
- Plaizier, J. C. 2004. Replacing Chopped Alfalfa Hay with Alfalfa Silage in Barley Grain and Alfalfa-Based Total Mixed Rations for Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 87:2495-2505.
- Reis, R. B., F. San Emeterio., D. K. Combs, L.D. Satter y H. N. Costa. 2001. Effects of Corn Particle Size and Source on Performance of Lactating Cows Fed Direct-Cut Grass-Legume Forage. *J. Dairy Sci.* 84:429-441.
- Rodriguez, P. M., S. Calsamiglia, y A. Ferret . 2004. Effects of Fiber Content and Particle Size of Forage on the Flow of Microbial Amino Acids from Continuous Culture Fermenters. *J. Dairy Sci.* 87:1413-1424.
- Rustomo, B., O. Alzahal., N. E. Odongo., T. F. Duffield y B. W. McBride. 2006. Effects of Rumen Acid Load from Feed and Forage Particle Size on Ruminal pH and Dry Matter Intake in the Lactating Dairy Cow. *J. Dairy Sci.* 89:4758-4768.

- Santiago A. J. M. 2009. Determinación del factor físico (pef) de la dieta de vacas productoras altas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila.
- Soita, H. W., D. A. Christensen y J. J. Mckinnon. 2000. Influence of Particle Size on the Effectiveness of the Fiber in Barley Silage. *J. Dairy Sci.* 83:2295-2300.
- Teimouri, Yansari, A., R. Valizadeh., A. Naserian., D. A. Christensen., P. Yu y F. Eftekhari Shahroodi. 2004. Effects of Alfalfa Particle Size and Specific Gravity on Chewing Activity, Digestibility, and Performance of Holstein Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 87:3912-3924.
- Yang, W. Z. and K. A. Beauchemin. 2005 Effects of Physically Effective Fiber on Digestion and Milk Production by Dairy Cows Fed Diets Based on Corn Silage. *J. Dairy Sci.* 88: 1090-1099.
- Yang, W. Z. and K. A. Beauchemin. 2006a. Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. *J. Dairy Sci.* 89:217-228.
- Yang, W. Z. and K. A. Beauchemin. 2006b. Increasing the Physically Effective Fiber Content of Dairy Cow Diets May Lower Efficiency of Feed Use. *J. Dairy Sci.* 89:2694-2704.
- Yang, W. Z. and K. A. Beauchemin. 2006c. Physically Effective Fiber: Method of Determination and Effects on Chewing, Ruminal Acidosis, and Digestion by Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 89:2618-2633.
- Yang, W. Z. and K. A. Beauchemin. 2007a. Altering Physically Effective Fiber Intake Through Forage Proportion and Particle Length: Chewing and Ruminal pH. *J. Dairy Sci.* 90:2826-2838.
- Yang, W. Z. and K. A. Beauchemin. 2007b. Altering Physically Effective Fiber Intake Through Forage Proportion and Particle Length: Digestion and Milk Production. *J. Dairy Sci.* 90:3410-3421.
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin and L. M. Rode. 2001. Effects of Grain Processing, Forage to Concentrate Ratio, and Forage Particle Size on Rumen pH and Digestion by Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 84:2203-2216.

- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin and L. M. Rode. 2002. Effects of Particle Size of Alfalfa-Based Dairy Cow Diets on Site and Extent of Digestion. *J. Dairy Sci.* 85: 1958-1968.
- Zebeli, Q., J. Dijkstra, M. Tafaj., H. Steingass., B. N. Ametaj y W. Drochenr. 2008. Modeling the Adequacy of Dietary Fiber in Dairy Cows Based on the Responses of Ruminal pH and Milk Fat Production to Composition of the Diet. *J. Dairy Sci.* 2046-2066.
- 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 Cows. *J. Dairy Sci.* 90:1929-1942.

## VII. - APENDICES

Cuadro 3. Análisis de varianza del factor establo para la variable materia seca retenida (MRC1) en la Criba 1. UAAAN-URL. 2009.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado media	Frecuencia de valor	Probabilidad
Establo	9	1934.58802	214.9542244	58.21	>0.0001**
Error	94	347.108315	3.69264165		
Total	103	2281.696335			
Coefficiente de variación =	33.34484		Media general =	5.76288462	

\*\* Altamente significativo.

Cuadro 4. Análisis de varianza del factor establo para la variable materia seca retenida (MRC2) en la Criba 2. UAAAN-URL. 2009.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado media	Frecuencia de valor	Probabilidad
Establo	9	4317.50277	479.72253	54.31	>0.0001**
Error	94	830.2499217	8.83244598		
Total	103	5147.752691			
Coefficiente de variación =	7.742014		Media general =	38.38721154	

\*\* Altamente significativo.

Cuadro 5. Análisis de varianza del factor establo para la variable materia seca retenida (MRC3) en la Criba 3. UAAAN-URL. 2009.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado media	Frecuencia de valor	Probabilidad
Establo	9	3264.498616	362.7220684	40.51	> 0.0001**
Error	94	841.6369225	8.95358428		
Total	103	4106.135538			
Coefficiente de variación =	7.344618		Media general =	40.74076923	

\*\* Altamente significativo.

Cuadro 6. Análisis de varianza del factor establo para la variable materia seca retenida (MRC4) en la Criba 4. UAAAN-URL. 2009.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado media	Frecuencia de valor	Probabilidad
Establo	9	315.1790065	35.01988962	4.59	> 0.0001**
Error	94	717.556005	7.63357452		
Total	103	1032.735012			
Coefficiente de variación =	18.28682		Media general =	15.10865385	

\*\* Altamente significativo.

Cuadro 7. Análisis de varianza del factor establo para la variable del factor de eficiencia física ( $pef_1$ ). UAAAN-URL. 2009.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado media	Frecuencia de valor	Probabilidad
Establo	9	1934.58802	214.9542244	58.21	> 0.0001**
Error	94	347.108315	3.69264165		
Total	103	2281.696335			
Coefficiente de variación =	33.34484		Media general =	5.76288462	

\*\* Altamente Significativo.

Cuadro 8. Análisis de varianza del factor establo para la variable del factor de eficiencia física ( $pef_2$ ) UAAAN-URL. 2009.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado media	Frecuencia de valor	Probabilidad
Establo	9	4444.26602	493.8073356	44.67	> 0.0001**
Error	94	1039.145145	11.05473559		
Total	103	5483.411165			
Coefficiente de variación =	7.530742		Media general =	44.15057692	

\*\* Altamente Significativo.

Cuadro 9. Análisis de varianza del factor establo para la variable del factor de eficiencia física (pef<sub>3</sub>) UAAAN-URL. 2009.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado media	Frecuencia de valor	Probabilidad
Establo	9	315.1790065	35.01988962	4.59	> 0.0001**
Error	94	717.556005	7.63357452		
Total	103	1032.735012			
Coefficiente de variación =	3.254622		Media general =	84.89134615	

\*\* Altamente Significativo

Cuadro 10. Análisis de varianza del factor establo para la variable del factor de eficacia física (peFND<sub>2</sub>) UAAAN-URL. 2009.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado media	Frecuencia de valor	Probabilidad
Establo	9	1932.618699	214.735411	11.13	> 0.0001**
Error	94	1814.169667	19.2996773		
Total	103	3746.788365			
Coefficiente de variación =	18.39244		Media general =	23.88557692	

\*\* Altamente Significativo.

Cuadro 11. Análisis de varianza del factor establo para la variable del factor de eficacia física (peFND<sub>3</sub>). UAAAN-URL. 2009.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado media	Frecuencia de valor	Probabilidad
Establo	9	4938.611304	548.7345894	15.07	> 0.0001**
Error	94	3422.536292	36.40996055		
Total	103	8361.147596			
Coefficiente de variación =	9.546848		Media general =	63.20480769	

\*\* Altamente Significativo.