

## ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS ALTAS PRODUCTORAS CON RACIONES BAJAS EN PROTEÍNA PARA OPTIMIZAR PRODUCCIÓN DE LECHE Y EFICIENCIA EN EL USO DE NITRÓGENO

### Leche, nitrógeno, proteína, costos

#### 1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.

Consiste en un proceso de alimentación con raciones integrales bajas en proteína (15 %) que disminuye el riesgo de una subnutrición de proteína en vacas altas productoras. Los componentes de esta tecnología son: 1) forraje a base de ensilados de maíz seleccionados por alta digestibilidad (>45 %) y contenido de almidón (28-35 %), 2) uso del modelo CNCPS para incluir otros ingredientes que maximicen la síntesis de proteína microbiana en el rumen y cumpla con los requerimientos los aminoácidos metionina y lisina protegidos en una relación 3:1, y 3) considera la concentración de nitrógeno ureico en leche para asegurar el resultado de la tecnología.

#### 2. PROBLEMA, OPORTUNIDAD, NECESIDAD ATENDER.

Actualmente, en las explotaciones intensivas lecheras, se utilizan raciones de 17-18 % de proteína. La proteína es el nutriente más caro en la ración con hasta \$21.12 el kg. Un exceso de proteína en la ración de vacas lecheras no necesariamente implica mayor producción de leche pero requiere un gasto energético para metabolizar el exceso de nitrógeno y aumenta la excreción de nitrógeno al ambiente. Esta tecnología optimiza producción de leche, eficiencia en el uso de nitrógeno y rentabilidad del hato.

**3. BENEFICIOS ESPERADOS.** Actualmente, el costo de alimentación de una vaca lechera en producción oscila de \$116.00 y \$122.23 vaca/d; con la tecnología se reduce el costo de la ración entre 5 y 10%, mantiene y/o incrementa la producción de leche y reduce la cantidad de nitrógeno excretado al ambiente en más de 30 %.

**4. ÁMBITO DE APLICACIÓN.** El alcance de la tecnología es para establos del sistema intensivo y semi-intensivo de la región Norte-Centro, Altiplano y Bajío de México. A nivel hato, se recomienda en

vacas en producción después de los 90 días en leche.

**5. USUARIOS POTENCIALES.** Aproximadamente 1,000 productores de leche de bovino de los sistemas intensivos y de transición.

**6. COSTO ESTIMADO.** El costo estimado de esta tecnología es de \$110 vaca/d, dependiendo de la fluctuación entre los precios de los insumos del núcleo proteico, lo que representa entre un 5 y 10% menos a los costos actuales de la ración.

**7. SOPORTE DOCUMENTAL.** Informe de investigación “Eficiencia del Uso de Aguas y Nutrientes en los Sistemas de Producción de Leche en Aguascalientes”. Resúmenes de investigación: 1) Balance de nitrógeno y eficiencia de la proteína en la dieta del ganado lechero en Aguascalientes; 2) Efecto de la proteína no degradable en rumen sobre la eficiencia de nitrógeno en la dieta del ganado lechero. Tesis de licenciatura titulada “Balance de nitrógeno y eficiencia del uso de la proteína en la dieta del ganado lechero en Aguascalientes” y 4) Folleto Técnico “Eficiencia del uso de agua y nutrientes en los sistemas de producción de leche en Aguascalientes”.

**8. PROPIEDAD INTELECTUAL.** No aplica a esta tecnología.

#### Mayor información:

MC. Omar Iván Santana

Dr. Alfonso Peña Ramos

Dr. Gregorio Núñez Hernández

Campo Experimental Pabellón

Carr Aguascalientes-Zacatecas Km 32.5

C.P. 20660, Pabellón de Arteaga, Ags.

Tel y fax: (465) 958-0186

Correo-e: [santana.omar@inifap.gob.mx](mailto:santana.omar@inifap.gob.mx)

Fuente Financiera: CONACyT FONDO MIXTO AGUASCALIENTES

[www.inifap.gob.mx](http://www.inifap.gob.mx)



**Tecnología Generada**  
**Dieta LCP<sup>1</sup>**  
**14.9 PC**



**Tecnología Testigo**  
**Dieta HCP<sup>2</sup>**  
**17.2% PC**

### Ventajas comparativas

Indicador	Tecnología Generada Dieta LCP <sup>1</sup> 14.9 PC	Dieta HCP <sup>2</sup> 17.2% PC
Producción de leche (kg/vaca/d)	41.7	39.6
<sup>3</sup> MUN (mg/dL)	12.5	19.4
N-urinario (g/vaca/d)	216	320
Costo de la ración (\$/vaca/d)	110.0	121.9
<sup>4</sup> Relación kg Leche/CR	18.3	20.3

<sup>1</sup>Dieta LCP: dieta baja proteína

<sup>2</sup>Dieta HCP: dieta alta proteína, conforme al contenido de PC recomendado por la NRC (2001)

<sup>3</sup>MUN: Nitrógeno ureico en leche (por sus siglas en inglés)

<sup>4</sup>La relación kg Leche/CR refleja la cantidad de kg de leche requeridos para pagar el costo de la ración de la vaca (\$6.00 el kg de leche, noviembre de 2014)

**INFORME TECNICO DE LA VALIDACIÓN:  
ALIMENTACION DE VACAS LECHERAS ALTAS PRODUCTORAS CON RACIONES  
BAJAS EN PROTEÍNA PARA OPTIMIZAR PRODUCCIÓN DE LECHE Y  
EFICIENCIA EN EL USO DE NITRÓGENO**

## **INTRODUCCIÓN**

En establos lecheros del norte y centro de México, el contenido de proteína cruda (PC) en las raciones alimenticias de vacas lecheras excede el nivel recomendado por el NRC (2001) para vacas altas productoras. Sin embargo, un excedente de PC en la dieta no necesariamente implica mayor producción de leche o proteína láctea, al contrario, la vaca requiere un gasto energético para metabolizar el N excedente y convertirlo en urea y ser excretado (Wattiaux y Karg, 2004; Olmos y Broderick, 2006). Al respecto, algunos estudios sugieren que disminuir el contenido de PC por debajo del 17.1% recomendado por el NRC (2001) no penaliza la producción de leche mientras no se comprometa el suministro de proteína metabolizable y de los aminoácidos limitantes como lisina y metionina (Lee et al., 2012). Por otra parte, proveer forrajes de alto valor energético y con fibra altamente digestible pueden mantener una sincronía entre el N y la energía disponible en rumen para garantizar la síntesis de proteína microbiana. Por consiguiente, el objetivo del presente trabajo fue validar una tecnología generada en donde se disminuyó el contenido de PC a expensas de suministrar proteína degradable en rumen (PDR) de origen forrajero acompañado de suplementación con aminoácidos protegidos de la degradación en el rumen.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La validación ocurrió en Granja el 13 S.P.R. de R.L., que es un establo privado ubicado en el municipio de Rincón de Romos, Aguascalientes. Para validar la tecnología se utilizaron dos corrales de vacas multiparas que alojaron 20 vacas cada uno para evaluar dos dietas (testigo vs. validada) en un simple crossover 2x2. Cada período de evaluación tuvo una duración de 11 días en donde el último día fue para registro de producción de leche y colecta de muestras.

La dieta testigo incluyó (% de la MS de la ración): 37.8% de ensilaje de maíz, 11% heno de alfalfa, 24.2% grano de maíz molido y 27% de concentrado proteico del cual 50% fueron pastas de soya (80:20 solvente y de sobrepaso, respectivamente). La dieta validada desplazo 1.46 kg del concentrado proteico equivalente a 0.52 kg de PC a de MS total y se reemplazó con con salvado de maíz, además de incluir 45 g de lisina (Lisy GEM) y 15 g de metionina (Metasmart Dry) ambos aminoácidos protegidos de la degradación en el rumen.

**Muestreo:** En cada corral se seleccionaron cuatro vacas (observaciones) para registrar producción de leche y colectar muestras de leche, orina y heces. La producción de leche se registró por tres ordeños consecutivos a las 04:00, 12:00 y 20:00 h, y en cada uno de los ordeños se tomaron muestras de leche individuales (n = 8) que fueron conservadas sin preservante a -20°C hasta su análisis. Después de cada ordeño las vacas fueron enviadas a un apretadero para tomar muestras de heces individuales en cada vaca colectando 100 g de materia fecal del tracto rectal y que fueron conservados a 4°C hasta alcanzar los 300 g en los tres muestreos. Simultáneamente, muestras de orina individuales fueron obtenidas mediante un masaje en el área de la vulva y 15 mL de orina fueron diluidos en 60 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.072N y congelados a -20°C hasta su análisis.

**Análisis:** Muestras de la ración totalmente mezclada (RTM), ensilaje de maíz, heno de alfalfa y concentrado fueron enviados para análisis utilizando el espectro del infrarrojo cercano (NIR) en un laboratorio comercial (Fogasa, Aguascalientes, Ags). Las muestras de heces fueron secadas en estufa de aire forzado a 55°C por 48 h y después molidas a un tamaño de partícula de 2 mm y analizadas para N total utilizando combustión en seco (Leco Instruments, St Joseph, MO) en un laboratorio comercial (UCCA, San Juan de los Lagos, Jalisco). Las muestras de leche y orina fueron descongeladas y se analizaron para contenido de N total utilizando el método de Kjeldhal. En leche, el contenido de N total se dividió entre 6.38 para obtener proteína cruda en leche.

Las variables a evaluar fueron: producción de leche, contenido de proteína láctea (cruda), balance de N (N fecal, N urinario y N en leche). El consumo de N fue estimado a partir del consumo de MS promedio en cada corral y el contenido de PC (dividido entre 6.25) determinado y reportado en el análisis del NIR.

### **Análisis estadístico**

Todos los datos fueron analizados en R (R Studio Inc., Boston, MA) utilizando el siguiente modelo estadístico:

$$Y = u + S_i + C_j + C(S)_{ij} + T_k + E_{ijk}$$

En donde Y es la variable respuesta, u es la media general, S es el efecto aleatorio de la secuencia de tratamiento (AB o BA), C es la vaca (observación), C(S) es el efecto anidado de vaca dentro de cada secuencia, T es el efecto fijo de tratamiento (testigo vs. validada).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Dietas**

En el Cuadro 1 se muestran los ingredientes y composición química de las dietas evaluadas. Como se indica en la descripción de la tecnología, el ensilaje de maíz representó alrededor del 70% del forraje en una dieta compuesta 50:50 (Forraje:Concentrado). Sin embargo, a diferencia con la dieta experimental de la tecnología generada, el ensilaje de maíz utilizado en la validación tuvo bajo contenido de CNF y almidón, lo cual estuvo asociado a una cosecha temprana con baja proporción de mazorca en planta completa. Asimismo, la calidad del heno de alfalfa también tuvo menor calidad comparado al heno utilizado en las dietas experimentales (ficha generada). El concentrado que se utilizó fue idéntico para ambas dietas, pero en la validación se desplazaron 1.46 kg equivalentes a 0.52 kg de PC y 5.3% de la MS total de la ración, declinando el contenido de PC del 17.6 al 15.4%. Para sustituir la MS removida al desplazar el concentrado, se incluyó salvado de maíz como fuente FDN físicamente no efectiva con alta digestibilidad y así mantener similar el suministro de energía. Los aminoácidos fueron agregados al momento de mezclar la ración y representaron el 0.2% de la MS total de la ración (60 g).

### **Desempeño productivo**

Como se describe en el Cuadro 2, la reducción del contenido de PC en la ración no disminuyó la producción de leche y resultó similar entre la dieta testigo y validada (32.6 vs. 23.5 kg/d, respectivamente). Estos valores son menores a los reportados en la dieta experimental de la ficha generada al evaluar un contenido de PC del 15.1% en dietas con similar composición de ingredientes. Lo anterior puede estar asociado a la menor calidad de los forrajes utilizados en la validación tecnológica. Al respecto, un estudio reportó que la producción de leche declinó cuando se alimentaron dietas con idéntica composición de ingredientes pero utilizando forrajes de alta y regular calidad (Holt et al., 2013). La concentración de proteína láctea no difirió entre vacas alimentadas con la dieta testigo y validada (3.34 y 3.40%, respectivamente), por lo que la secreción de N en leche fue idéntica para ambas dietas. Lo anterior sugiere que la reducción del

contenido de PC en la dieta no penalizó el suministro de proteína metabolizable y que la suplementación de aminoácidos protegidos complementó la posible reducción de lisina y metionina al desplazar 5.3% del concentrado proteico. Tales hallazgos coinciden con el estudio de Lee et al. (2012) quien no encontró diferencias entre el contenido de proteína en leche en vacas alimentadas con un déficit de proteína metabolizable, pero suplementadas con lisina y metionina protegidas de la degradación del rumen.

### **Balance de nitrógeno**

Como esperado y dado el similar consumo de MS, las vacas alimentadas con la dieta testigo consumieron más N en comparación a las vacas alimentadas con la dieta validada (671 vs. 603 g/d, respectivamente) según se ilustra en la Figura 1. Sin embargo, la excreción de N urinario fue mayor en vacas alimentadas con la dieta testigo que aquellas alimentadas con la dieta validada (226 vs. 152 g/d, respectivamente). Esos resultados sugieren que la diferencia en consumo N de 68 g/d equivalentes a 0.42 kg de PC en vacas alimentadas con la dieta testigo no tuvieron un uso productivo y fueron excretados como N urinario. Por lo tanto, la eficiencia en el uso de N dietético (N leche / consumo de N) fue menor en las vacas alimentadas en la dieta testigo que en la dieta validada (25.4 vs. 28.7%, respectivamente). Esos hallazgos coinciden con los reportados por Wattiaux y Karg (2004) cuando disminuyeron el contenido de PC de 16.6% a un 14.9% en vacas multíparas hacia mitad de la lactancia, en donde se sugirió que este grupo de animales que han alcanzado su peso adulto ya no retienen N para ganancia de peso y los requerimientos de PC pueden ser reducidos sin penalizar producción de leche.

## **CONCLUSIONES**

Bajo las condiciones de la presente validación, la reducción del 17.6 al 15.4% en el contenido de PC en vacas multíparas no disminuyó la producción de leche o alteró la concentración de proteína láctea. Las vacas alimentadas con raciones bajas en proteína tuvieron mayor eficiencia productiva del N y excretaron menos N urinario que las vacas alimentadas con la dieta testigo. Los promedios de producción de leche reportados en este estudio fueron menor a los descritos en la tecnología generada, y posiblemente obedeció a una baja calidad de los forrajes aún cuando los demás componentes se mantuvieron en similar concentración que al generar la tecnología. Lo anterior es un claro indicativo de la necesidad de tener forrajes de alta calidad para sostener producciones de leche competitivas que permitan hacer cambios en mejora de la productividad y rentabilidad del hato lechero.

## **REFERENCIAS**

- Holt, M. S., J. S. Eun, C. R. Thacker, A. J. Young, X. Dai, y K. E. Nestor. 2013. Effects of feeding Brown midrib corn silage with a high dietary concentration of alfalfa hay on lactation performance of Holstein dairy cows for the first 180 days of lactation. *J. Dairy Sci.* 96:515-523.
- Lee, C., A. N. Hristov, T. W. Cassidy, K. S. Heyler, H. Lapierre, G. A. Varga, M. J. de Veth, R. A. Patton, and C. Parsy. 2012. Rumen-protected lysine, methionine, and histidine increase milk protein yield in dairy cows fed a metabolizable protein-deficient diet.
- NRC. 2001. Nutrient requirement of dairy cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci. Washington, DC.
- Olmos Colmenero, J. J., y G. A. Broderick. 2003. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:1704-1712
- Wattiaux, M. A., y K. L. Karg. 2004. Protein level for alfalfa and corn silage-based diets: II. Nitrogen balance and manure characteristics. *J. Dairy Sci.* 87:3492-3502



Cuadro 1. Ingredientes y composición química de las dietas evaluadas

	Dieta	
	Testigo	Validada
Ingrediente, % de la MS		
Ensilaje de maíz	33.0	33.8
Heno de alfalfa	15.8	15.8
Grano de maíz molido	24.2	24.2
Concentrado <sup>1</sup>	23.4	18.1
Semilla de algodón	3.6	3.6
Salvado de maíz	0.0	5.1
Premix <sup>2</sup> de aminoácidos	0.0	0.2
Composición química, % de la MS		
Fibra detergente neutro	25.5	28.8
Fibra detergente ácido	17.8	19.1
Proteína cruda	17.6	15.4
Grasas	5.8	4.9
Carbohidratos no fibrosos	42.9	42.7
Cenizas	8.2	8.2
Forraje:Concentrado	49:51	49:51
Ensilaje:Heno	67:33	67:33

<sup>1</sup>Concentrado (% de la MS): 33.6% de PC, 24% de FDN, 4.9% de grasa cruda, 20.6% de CNF, 15.8 de cenizas y 1.60 Mcal/kg.

<sup>2</sup>Premix de aminoácidos: 45 g de lisina (Lisy GEM®) y 15 g de metionina (Metasmart Dry®).

Cuadro 2. Desempeño productivo y balance de N en vacas alimentadas con dieta testigo y con dietas con bajo contenido proteico (validada)

	Dieta		Valor P <sup>1</sup>
	Testigo	Validada	
Desempeño productivo			
Consumo de MS, kg/d	25.5	25.2	NS
Consumo de N, g/d	671	603	< 0.01
Producción de leche, kg/d	32.6	32.5	NS
Proteína láctea, %	3.34	3.40	NS
Proteína láctea, kg/d	1.09	1.10	NS
Balance de N <sup>2</sup>			
N en leche, g/d	175	177	NS
N fecal, g/d	270	274	NS
N urinario, g/d	226	152	< 0.01
Eficiencia productiva <sup>3</sup> del N, %	25.4	28.7	0.08

<sup>1</sup>Valor P: NS = no significativo ( $P > 0.05$ ) o tendencias ( $0.05 < P < 0.10$ )

<sup>2</sup>Balance de N asumiendo 0% retención (g/d) = Consumo de N – (N leche + N fecal + N urinario)

<sup>3</sup>Eficiencia productiva del N (%) =  $100 \times [\text{N secretado en leche (g/d)} / \text{Consumo de N (g/d)}]$

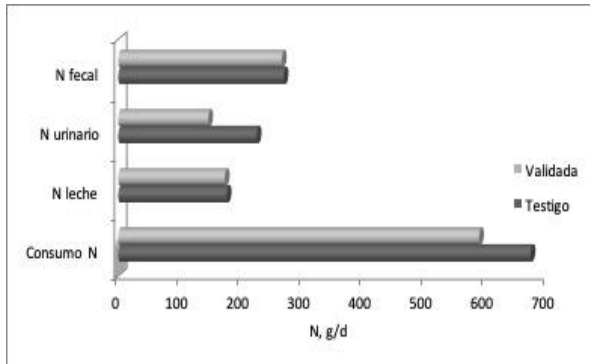


Figura 1. Balance de N (g/d) de la tecnología testigo y validada.

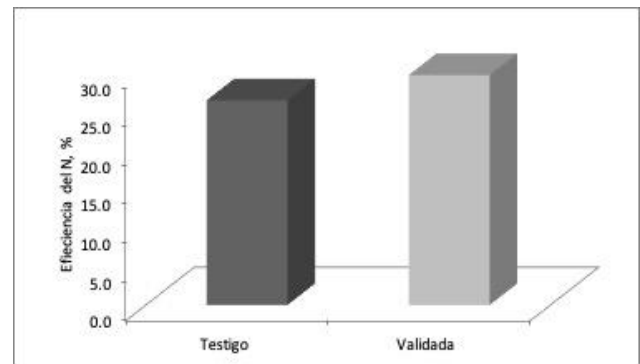


Figura 2. Eficiencia productiva del N (N secretado como PC en leche / Consumo N).

## ALIMENTACION DE VACAS LECHERAS ALTAS PRODUCTORAS CON RACIONES BAJAS EN PROTEÍNA PARA OPTIMIZAR PRODUCCIÓN DE LECHE Y EFICIENCIA EN EL USO DE NITRÓGENO

Palabras clave: Costo, leche, nitrógeno, proteína

**1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.** Consiste en reducir hasta un 15.0% el contenido de proteína cruda (PC) en la materia seca (MS) total de la ración, sin penalizar el suministro efectivo de proteína metabolizable en vacas lecheras altas productoras. Los componentes de esta tecnología se basan en: 1) optimizar la inclusión de forraje en las dietas, al incluir entre 50:50 y 55:45 (Forraje:Concentrado), en donde 70% del forraje debe ser ensilaje de maíz y el 30% puede ser heno de alfalfa u otro forraje proteico; 2) asegurar el suministro de energía en el rumen utilizando ensilaje de maíz que contenga un mínimo de 45% de fibra detergente neutro digestible (dFDN) y al menos 28% de almidón; 3) suplementar los aminoácidos protegidos lisina y metionina a razón 3:1, respectivamente; y 4) formular el concentrado proteico con otros ingredientes para alcanzar 30% de PC, 7.0% FDN y 2.0 Mcal/kg de MS.

**2. PROBLEMA, OPORTUNIDAD, NECESIDAD A RESOLVER.** En los establos lecheros del norte y centro de México, las vacas lecheras altas productoras se sobrealimentan con PC. Sin embargo, un exceso de PC no necesariamente implica mayor producción de leche o proteína láctea, al contrario, se requiere de un gasto energético para metabolizar el N excedente en urea, la cual es excretada y convertida en amoníaco que se volatiliza al ambiente. Disminuir el nivel de PC por debajo del 17.0% recomendado por el NRC (2001) no penaliza la producción de leche, aunque para lograrlo usualmente se requiere de proteínas de sobrepaso, las cuales son costosas y difieren en su valor biológico dependiendo de la fuente de origen. La sincronía entre el N y la energía que estén disponibles en el rumen puede tener más relevancia que el nivel de PC, por lo que proveer forrajes de alto valor energético como el ensilaje de maíz, mantener un adecuado equilibrio entre la proteína degradable y no-degradable en rumen, así como suplir aminoácidos limitantes (lisina y metionina) puede ser una alternativa para reducir el nivel de PC sin afectar producción de leche y así reducir el costo de alimentación.

**3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA VALIDACIÓN.** Reducir el nivel de PC no disminuyó la producción de leche. La tecnología validada resultó en una producción

de leche similar a la tecnología testigo (32.5 vs 32.6 kg/d, respectivamente). En contraste, el costo de alimentación sí disminuyó y permitió lograr un margen de utilidad de \$2.83 /vaca. Por otra parte, la reducción en N urinario fue de 74 g/d comparado a la tecnología testigo, lo cual es equivalente a la PC contenida en 1 kg de pasta de soya (i.e. 462 g). Con la dieta propuesta se contribuye a mitigar el impacto ambiental.

**4. RECOMENDACIÓN PARA SU USO.** Esta tecnología puede aplicarse al formular las raciones alimenticias para vacas multíparas que ya alcanzaron su peso adulto y pasaron el período de transición (> 50 días en leche), y hasta la lactancia tardía.

**5. INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN.** La tecnología fue validada en el mes de noviembre de 2019 en Granja el 13 S.P.R. de R.L., ubicada en el municipio de Rincón de Romos, Aguascalientes; en donde dos corrales con 20 vacas cada uno fueron utilizados en un simple crossover, y en el que se seleccionaron aleatoriamente 4 vacas en cada corral para obtener muestras de leche, orina y heces para determinar balance de N.

**6. SOPORTE TÉCNICO DE LA VALIDACIÓN.** Se tiene el programa y lista de asistencia de la capacitación de agentes de cambio de la Unión de Cooperativas de Consumo Alteñas S.C. de R.L. También se cuenta con un informe técnico de la validación.

**7. ÁMBITO DE APLICACIÓN.** La tecnología puede ser implementada en establos lecheros del norte y centro de México que cuenten con ensilaje de maíz de alta calidad nutricional.

**8. USUARIOS POTENCIALES.** Productores de leche del sistema intensivo, consultores en nutrición de bovinos lecheros, técnicos adscritos en programas de extensionismo.

**9. COSTO ESTIMADO.** El ajustar el contenido de PC del 17.6 al 15.4% reduce el costo de alimentación en \$14.63 vaca/d, mientras que el costo de suplementación con aminoácidos es de \$11.11 vaca/d. El ahorro neto en costo de alimentación es de \$3.52 vaca/d.



**10. SOPORTE DOCUMENTAL.** La tecnología se documentó en 2014 en un folleto técnico (No. 59 serie INIFAP) que describe detalladamente el proceso experimental de generación. También se publicó un resumen en el American Dairy Science Association Annual Meeting (Abstract #T228):

[https://www.adsa.org/2018/Abstracts/ADSA2018\\_full\\_abstracts\\_book.pdf](https://www.adsa.org/2018/Abstracts/ADSA2018_full_abstracts_book.pdf).

Además existe en proceso una tesis de maestría en el CUALTOS-UdeG en espera de fecha de defensa.

**Mayor información:**

Dr. Omar Iván Santana (Bovinos Leche)

Dr. Alfonso Peña Ramos (Maíz)

INIFAP Campo Experimental Pabellón.

Carretera Aguascalientes – Zacatecas Km 32.5

Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. 20660

Teléfono: +52 (55) 3871 8700 ext 82527

Correo-e: [santana.omar@inifap.gob.mx](mailto:santana.omar@inifap.gob.mx)

Fuente financiera: INIFAP y FOMIX Aguascalientes

[www.inifap.gob.mx](http://www.inifap.gob.mx)

**11. PROPIEDAD INTELECTUAL.** No aplica.

## Ventajas comparativas de los datos de validación

Cuadro 1. Factibilidad productiva y financiera de la tecnología

Variable	Tecnología	
	Testigo (17.6% PC)	Validada (15.4% PC)
Producción de leche, kg/d	32.6	32.5
Proteína en leche, %	3.34	3.40
Ingreso venta leche <sup>1</sup> , \$	224.94	224.25
Costo de alimentación <sup>2</sup> , \$ vaca/d	127.80	124.28
ISCA <sup>3</sup> , \$ vaca/d	97.14	99.97
Diferencia neta, \$ vaca/d		+ 2.83

<sup>1</sup>Precio kg leche (1 L = 1.033 kg) pagado al productor según industria local de \$6.90 /kg

<sup>2</sup>Costo de alimentación al desplazar 0.52 kg de PC del concentrado proteico y suplementar 45 g/d de lisina (Lisy GEM®) y 15 g/d de metionina (Metasmart Dry®).

<sup>3</sup>Ingreso sobre costo de alimentación ( \$ /vaca) = (Venta de leche, \$) – (costos de alimentación, \$)

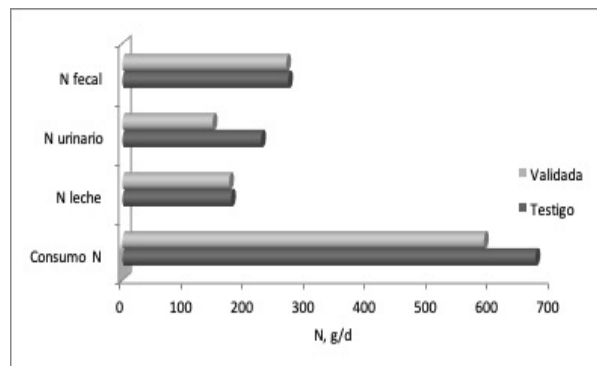


Figura 1. Balance de N (g/d) de la tecnología testigo y validada.

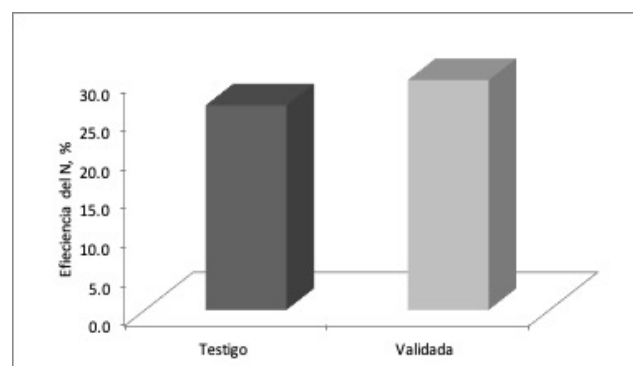


Figura 2. Eficacia productiva del N (N secretado como PC en leche / Consumo N).

## **ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS ALTAS PRODUCTORAS CON RACIONES BAJAS EN PROTEÍNA PARA OPTIMIZAR PRODUCCIÓN DE LECHE Y EFICIENCIA EN EL USO DE NITRÓGENO**

Palabras clave: costo, leche, nitrógeno, proteína

**1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.** Consiste en reducir hasta un 15% el contenido de proteína cruda (PC) en la materia seca (MS) total de la ración, sin penalizar el suministro efectivo de proteína metabolizable en vacas lecheras altas productoras. Los componentes de esta tecnología se basan en: 1) optimizar la inclusión de forraje en las dietas, al incluir entre 50:50 y 55:45 (forraje:concentrado), en donde 70% del forraje debe ser ensilaje de maíz y el 30% puede ser heno de alfalfa u otro forraje proteico; 2) asegurar el suministro de energía en el rumen utilizando ensilaje de maíz que contenga un mínimo de 45% de fibra neutro detergente digestible (DFDN) y al menos 28% de almidón; 3) suplementar los aminoácidos protegidos lisina y metionina a razón 3:1, respectivamente; y 4) formular el concentrado proteico con otros ingredientes para alcanzar 30% de PC, 7.0% FDN y 2.0 Mcal/kg de MS.

**2. PROBLEMA, OPORTUNIDAD, NECESIDAD A RESOLVER.** En los establos lecheros del norte y centro de México, las vacas lecheras altas productoras se sobrealimentan con PC. Sin embargo, un exceso de PC no necesariamente implica mayor producción de leche o proteína láctea, al contrario, se requiere de un gasto energético para metabolizar el N excedente en urea, la cual es excretada y convertida en amoníaco que se volatiliza al ambiente. Disminuir el nivel de PC por debajo del 17.0% recomendado por el NRC (2001) no penaliza la producción de leche, aunque para lograrlo usualmente se requiere de proteínas de sobrepaso, las cuales son costosas y difieren en su valor biológico dependiendo de la fuente de origen. La sincronía entre el N y la energía que estén disponibles en el rumen puede tener más relevancia que el nivel de PC, por lo que proveer forrajes de alto valor energético como el ensilaje de maíz, mantener un adecuado equilibrio entre la proteína degradable y no-degradable en rumen, así como suplir aminoácidos limitantes (lisina y metionina) puede ser una alternativa para reducir el nivel de PC sin afectar producción de leche y así reducir el costo de alimentación.

**3. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.** Se utilizó el modelo del productor experimentador, en donde los componentes de la

tecnología se incluyeron para modificar la dieta en 270 vacas altas productoras entre 70 y 110 días en leche, de un total de 1,200 vacas en producción en el establo "Tequesquillo" en San Juan de los Lagos, Jalisco.

**4. SOPORTE TÉCNICO DE LA TRANSFERENCIA.** Informe técnico derivado de la transferencia con datos de consumo y producción de leche. Hay evidencia de dos eventos de capacitación y también los análisis bromatológicos de las dietas.

**5. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA TRANSFERENCIA.** La tecnología redujo el costo de alimentación en \$6.70 por vaca al desplazar pasta de soya del núcleo proteico y favorecer la inclusión de ensilaje de maíz. La reducción de PC en la dieta fue de 18.3 a 16.2% sin afectar el consumo de alimento, la producción de leche y proteína en leche (21.8 vs. 22.1 kg, 39.4 vs. 39.1 kg y 3.12 vs. 3.17%, respectivamente). En contraste, la concentración de N ureico en leche disminuyó de 19.9 a 13.6 mg/dL en la dieta original y la transferida, respectivamente. Además, la reducción estimada de N ureico urinario fue de 53 g/vaca. La eficiencia de utilización de N proteico fue de 3.8 unidades porcentuales más en vacas alimentadas con la dieta transferida que con la dieta original.

**6. AGENTES DE CAMBIO ATENDIDOS.** Se involucraron tres agentes de cambio: Ing. Laura Loza Gutiérrez, Ing. Ernesto Medina Núñez y el MVZ. Juan David Orozco Navarro, todos del departamento técnico de la Unión de Cooperativas de Consumo Alteñas SC de RL con sede en San Juan de los Lagos, Jalisco.

**7. SOPORTE DOCUMENTAL.** Desplegable para productores: *Disminución del nivel de proteína en dietas de vacas lecheras: ¿hasta dónde se puede llegar?* (INIFAP #38, 2020). Resumen de congreso ADSA (T228, 2018): *Effects of crude protein level and rumen degradable:undegradable protein ratios on milk production and nitrogen balance of dairy cows*. Folleto técnico No. 59, 2014: Eficiencia del uso de agua y nutrientes en los establos lecheros.

**8. VINCULACIÓN ACTUAL Y REQUERIDA.** Se tiene vinculación con el departamento técnico de la

**Tecnología transferida en 2021 y reportada en Julio**

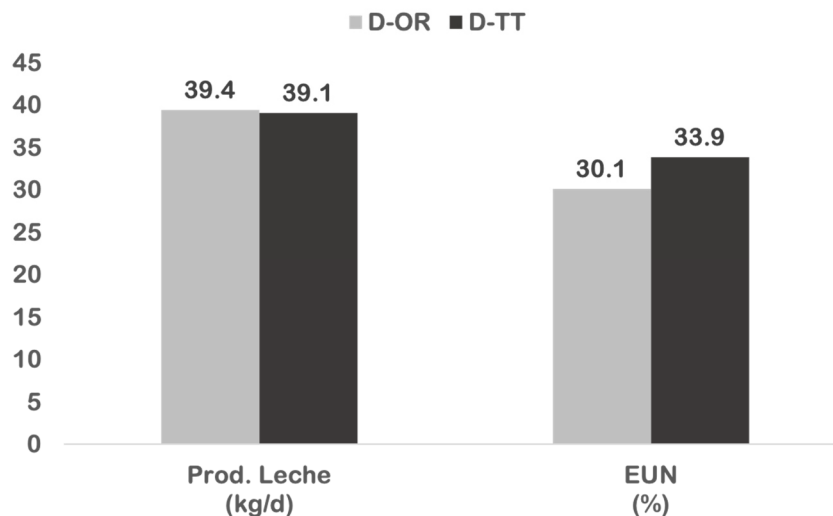
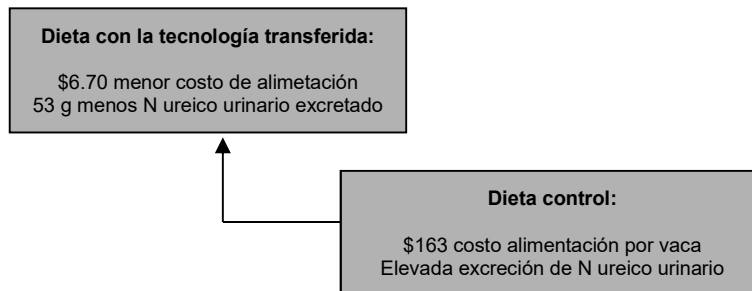
Unión de Cooperativas de Consumo Alteñas S.C. de R.L., para la difusión tecnológica con productores lecheros de la región Altos de Jalisco. Se requiere de la promoción institucional de la tecnología en otras zonas lecheras del país.

**Mayor información**

Dr. Omar Iván Santana  
Dr. Alfonso Peña Ramos

Campo Experimental Pabellón  
Carretera Aguascalientes-Zacatecas km. 32.5  
Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. CP 20668  
Teléfono: (55) 3871 8700 ext. 82527  
Correo-e: [santana.omar@inifap.gob.mx](mailto:santana.omar@inifap.gob.mx)  
Fuente financiera: INIFAP, CONACyT Fondo Mixto Aguascalientes.  
[www.inifap.gob.mx](http://www.inifap.gob.mx)

**Ventajas comparativas de los datos de transferencia**



**Figura 1.** Producción de leche (kg/d) y eficiencia de utilización del nitrógeno proteico (EUN, %) en la dieta original (D-OR, 18.3% PC) y la dieta transferida (D-TT, 16.2% PC) en donde:  
 $EUN = [\text{prod. de leche (kg)} \times \text{proteína en leche (\%)}] / [\text{consumo de alimento (kg)} \times \text{PC (\%)}]$ .

## ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS ALTAS PRODUCTORAS CON RACIONES BAJAS EN PROTEÍNA PARA OPTIMIZAR PRODUCCIÓN DE LECHE Y EFICIENCIA EN EL USO DE NITRÓGENO

Palabras clave: costo, leche, nitrógeno, proteína

**1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.** Consiste en reducir hasta un 15% el contenido de proteína cruda (PC) en la materia seca (MS) total de la ración, sin penalizar el suministro efectivo de proteína metabolizable en vacas lecheras altas productoras. Los componentes de esta tecnología se basan en: 1) optimizar la inclusión de forraje en las dietas, al incluir entre 50:50 y 55:45 (forraje:concentrado), en donde 70% del forraje debe ser ensilaje de maíz y el 30% puede ser heno de alfalfa u otro forraje proteico; 2) asegurar el suministro de energía en el rumen utilizando ensilaje de maíz que contenga un mínimo de 45% de fibra detergente neutro digestible (DFDN) y al menos 28% de almidón; 3) suplementar los aminoácidos protegidos lisina y metionina a razón 3:1, respectivamente; y 4) formular el concentrado proteico con otros ingredientes para alcanzar 30% de PC, 7.0% FDN y 2.0 Mcal/kg de MS.

**2. PROBLEMA, OPORTUNIDAD, NECESIDAD ATENDIDO.** En los establos lecheros del norte y centro de México, las vacas lecheras en producción usualmente se excede la PC en la ración. Sin embargo, un exceso de PC no necesariamente implica mayor producción de leche o proteína láctea, al contrario, se requiere de un gasto energético para metabolizar el N excedente en urea, la cual es excretada y convertida en amoníaco que se volatiliza; lo que puede impactar en el ambiente y la salud humana. Disminuir el nivel de PC por debajo del 17.0% recomendado por el NRC (2001) no penaliza la producción de leche, aunque para lograrlo usualmente se requiere de proteínas de sobrepaso, las cuales son costosas y difieren en su valor biológico dependiendo de la fuente de origen. La sincronía entre el N y la energía que estén disponibles en el rumen pueden tener más relevancia que el nivel de PC, por lo que proveer forrajes de alto valor energético como el ensilaje de maíz, mantener un adecuado equilibrio entre la proteína degradable y no-degradable en rumen, así como suplir aminoácidos limitantes (lisina y metionina) puede ser una alternativa para reducir el nivel de PC sin afectar producción de leche y así reducir el costo de alimentación.

**3. RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS PRODUCTORES AL UTILIZAR LA TECNOLOGÍA.** La tecnología se adoptó por integrantes de dos

organizaciones de productores de leche: Ojo de agua de San Andrés SPR de RL y Grupo Cieneguita SPR de RL, las cuales tienen un hato en producción de 1,250 y 180 vacas Holstein, respectivamente. En el primer establo realizar las modificaciones a la dieta permitió incrementar 0.4 kg/vaca la producción de leche y reducir en \$2.70 /vaca al día el costo de la ración; mientras que en el segundo establo no hubo cambios tanto en la producción de leche, como el ingreso por venta de leche, pero el costo de alimentación disminuyó en \$4.20 /vaca al día. En cuanto al impacto ambiental, las mediciones de N ureico en leche disminuyeron con la aplicación de la tecnología de 18.1 a 12.1 mg/dL en Ojo de agua de San Andrés y de 17.2 a 14.0 mg/dL en Grupo Cieneguita. La información sugiere que se redujeron las excreciones de N urinario entre 84 y 26 g/vaca al día, respectivamente. Con lo anterior, se contribuye a una producción de leche más sustentable y rentable, ya que las ganancias netas con la aplicación de la tecnología fueron de \$6.60 y \$4.20 en Ojo de agua de San Andrés y Grupo Cieneguita, respectivamente (Cuadro 1).

**4. APOYOS RECIBIDOS POR LOS PRODUCTORES PARA PROMOVER SU ADOPCIÓN.** Los productores que adoptaron la tecnología no recibieron ningún tipo de apoyo gubernamental que influyera en la adopción.

**5. SOPORTE DOCUMENTAL DE LA ADOPCIÓN.** Se cuenta con las constancias de adopción expedidas por las dos organizaciones de productores: Ojo de agua de San Andrés SPR de RL y Grupo Cieneguita SPR de RL cuyos hatos en producción son de 1,250 y 180 vacas Holstein, y son presididas por J. Jesús de Anda y Carlos Villalobos Romo, respectivamente.

**6. VINCULACIÓN ACTUAL Y REQUERIDA.** La tecnología se vincula con productores a través de foros y eventos organizados por instituciones privadas y asociaciones de productores. Se requiere de mayor divulgación de parte del INIFAP a través de sus medios digitales de comunicación.

**7. APLICACIÓN POTENCIAL A PROGRAMAS DE DESARROLLO.** La tecnología es aplicable a productores adheridos en programas del Bienestar del gobierno federal en conjunto con el INIFAP. Además de otros programas de carácter estatal.

## Mayor información

Dr. Omar Iván Santana  
Dr. Alfonso Peña Ramos  
Campo Experimental Pabellón  
Carr. Ags – Zac km 32.5; Pabellón de Arteaga, Ags.  
C.P. 20660.  
Tel. (55) 3871 8700 ext. 82527  
[santana.omar@inifap.gob.mx](mailto:santana.omar@inifap.gob.mx)  
Fuente financiera: INIFAP  
[www.inifap.gob.mx](http://www.inifap.gob.mx)



Figura 1. Vacas alimentadas con una dieta con 1.5 unidades porcentuales de PC menos y donde se incluyó metionina protegida.

Cuadro 1. Análisis económico antes de la adopción (AA) y después de la adopción (DA)

Concepto	Ojo agua de San Andrés		Grupo Cieneguita	
	AA	DA	AA	DA
Costo de alimentación, \$ /vaca al día	195.0	192.3	176.0	171.8
Producción de leche, kg/vaca al día	37.9	38.3	29.5	29.5
Ingreso por venta de leche, \$ /vaca al día	371.4	375.3	289.1	289.1
ISCA <sup>1</sup> , \$ /vaca al día	176.4	183.0	113.1	117.3
<b>Diferencia neta<sup>2</sup></b>	<b>MX\$</b>	<b>6.6</b>	<b>MX\$</b>	<b>4.2</b>

<sup>1</sup>ISCA = ingreso sobre el costo de alimentación, que representa la diferencia entre el ingreso por venta de leche y el costo de alimentación.

<sup>2</sup>Es la diferencia que existe entre el antes y después de aplicar la tecnología.