

OPTIMIZACIÓN DE INSUMOS EN CULTIVO DE MAÍZ FORRAJERO

(Optimization of inputs in corn crop fodder)

Pablo Tadeo Cruz*

Fecha de recepción: 05/10/2015

Fecha de aceptación: 15/11/2015

RESUMEN

Actualmente se tiene un problema de productividad y rentabilidad muy baja en el sistema de producción de forraje para alimentación de ganado bovino en pastoreo controlado, esto se debe a que en la mayoría de los casos, no se optimiza adecuadamente la aplicación de insumos. Para contrarrestar el problema, se planteó el objetivo de optimizar la aplicación de insumos en los sistemas de producción de forraje, con la finalidad de que los productores tengan una herramienta que les permita obtener mayor cantidad de producto y mejor ganancia. La investigación es cuantitativa, de carácter explicativo y se aplicó un diseño experimental completamente al azar. Se sembró y fertilizó maíz forrajero, en 25 áreas con una superficie de 100 m², con sus respectivas combinaciones, posteriormente se recolectó como forraje en materia fresca y se analizaron los datos en hoja electrónica de cálculo; de la misma forma, a cada combinación se le agregó el costo fijo, costo variable y el ingreso correspondiente por venta de producto. Los resultados más importantes fueron: a) una producción máxima de 678.8 kg de forraje de maíz, en respuesta a la combinación de 4.1 kg de fertilizante y una densidad de 1104 plantas; b) una ganancia bruta máxima de \$166.97, como resultado de la aplicación de 3.8 kg de fertilizante y una densidad de 1096 plantas. Se concluye que si se optimiza mediante modelos matemáticos, la aplicación de insumos en los procesos de producción agropecuaria, los sistemas serán productivos y rentables.

PALABRAS CLAVES: Optimización, insumos, maíz forrajero, función de producción.

ABSTRACT

Nowadays there is a problem of very low productivity and profitability in the system of forage production for cattle feeding in controlled grazing. This is because in most cases there is not a proper application of supplies. To counter the problem, it was proposed to optimize the application of supplies in forage production systems so that producers could have a tool that allows them to get a greater amount of product and a better profit. The research is quantitative and explanatory. A completely randomized design was applied. Forage maize was planted and fertilized in 25 areas covering an area of 100 m² with their combinations. Later it was collected as fresh matter forage and the data were analyzed in spreadsheet. In the same way, every combination was added the fixed cost, the variable cost and the corresponding income from product sales. The most important results were: a) a maximum production of 678.8 kg of corn silage, in response to the combination of 4.1 kg of fertilizer and a density of 1104 plants; b) a maximum gross profit of \$ 166.97, resulting from the application of 3.8 kg of fertilizer and a density of 1096 plants. We conclude that if it is optimized by mathematical modeling, the application of supplies in agricultural production processes, the systems will be productive and profitable.

KEYWORDS: Optimization, supplies, forage maize, production function.

JEL CLASSIFICATION: M5

* Profesor de Economía en la Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria de la Universidad Veracruzana, Campus Acayucan, Veracruz, México. EMail: ptadeo@uv.mx

I. INTRODUCCIÓN

Los productores de maíz grano de la región comprendida como sur del estado de Veracruz, en la mayoría de los casos, generan bienes para satisfacer su necesidad natural de alimentación familiar y en menor escala comercializan sus excedentes mediante los intermediarios que lo compran en camino vecinal o parcela en producción, sin responsabilidad para el vendedor.

Todos ellos en sus sistemas de producción utilizan dosis de fertilizantes y densidad de plantas por hectárea, que le permiten obtener rendimientos en los espacios cultivados con diferentes escalas productivas basadas en la tecnología aplicada.

Además, los productores que combinan la agricultura y la ganadería en sus parcelas, tienen la necesidad de producir su propio forraje en la época de lluvia, para mantener o ampliar la producción de carne y leche en los meses de sequía. Considerando estas condiciones, se trabajó con la finalidad de encontrar una cantidad de kilogramos de fertilizante y la densidad de plantas a utilizar en un espacio determinado, para que la cantidad de kilogramos de forraje de maíz para ensilaje y la ganancia bruta generada por la venta del forraje fresco, sean un máximo. Se parte de la teoría económica de una función de producción, que definen de manera sencilla Bishop y Toussaint (2000) como una relación

matemática que describe en que forma la cantidad de un producto depende de las cantidades de insumos utilizados. Mediante una función de producción se espera una cantidad de forraje fresco, cuando se combinan los insumos, fertilizante y semillas, de cierta manera.

Las variables analizadas son únicamente producto forraje y ganancia bruta, en respuesta a uso de fertilizante comercial que se encuentra el mercado local y densidad de plantas por área cultivada.

II. PRODUCTO FORRAJE

La información obtenida, como producto del proceso de producción de forraje en fresco, se obtuvo de una superficie propiedad de la Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria, de la Universidad Veracruzana, Campus Acayucan; dónde el suelo y clima son idénticos para las veinticinco áreas (área = 100 m²) sembradas con maíz para ensilaje, basado en un experimento con dos factores y una sola muestra por grupo. Al inicio del ciclo agrícola de primavera-verano, se preparó la tierra con maquinaria y se sembró semilla de maíz híbrido forrajero en cinco densidades de plantas, con la aplicación de fertilizante comercial (17-17-17) en diferentes cantidades. Del proceso de producción resultaron diferentes unidades de producto forraje en materia fresca como se indica la Imagen 1.

Imagen 1

Producción

Cuadro 1.- Producción de forraje de maíz en kg de materia fresca						
Forraje de maíz en kg		Densidad de plantas en 100 m ²				
		400	600	800	1000	1200
Uso de fertilizante en 100 m ² , kg	0.5	179.2	168	291.2	406	487.2
	1.5	151.2	210	380.8	434	470.4
	3	224	336	436.8	644	554.4
	4.5	201.6	252	403.2	728	672
	5.5	179.2	193.2	380.8	574	520.8

Fuente: Módulo Agrícola de la FISPA. Julio de 2014.

Fuente: elaboración propia

Para efectos de análisis de la información, se relacionaron los datos de kilogramos de fertilizante utilizado por área (x = fertilizante en kg), la densidad de plantas de maíz por área (y = densidad de plantas) y los rendimientos de forraje de maíz para ensilaje en materia fresca (z = producto forraje en kg) en un diagrama de dispersión de XYZ, tomando como variable dependiente a los kilogramos de forraje en fresco (z) y como variables independientes a los kilogramos de fertilizante utilizado (x) y a la densidad de plantas (y).

Considerando la tendencia de los datos en el diagrama de dispersión, se calcularon los parámetros de una superficie de respuesta cúbica como función de producción ($z = Q$), mediante el método de mínimos cuadrados, expresados en la ecuación 1, para el producto forraje. Con un coeficiente de correlación, calculado a partir de la división de la desviación típica de los valores de la tendencia (s_t), entre la desviación típica de los valores reales (s): $r = s_t/s = 0.9725$.

$$Q = 1287.5504 - 142.6367X - 5.1938Y + 53.7369X^2 + 0.1813XY + 7.441E - 03Y^2 - 7.0093X^3 - 7.368E - 03X^2Y - 6.074E - 05XY^2 - 3.092E - 06Y^3 \quad (1)$$

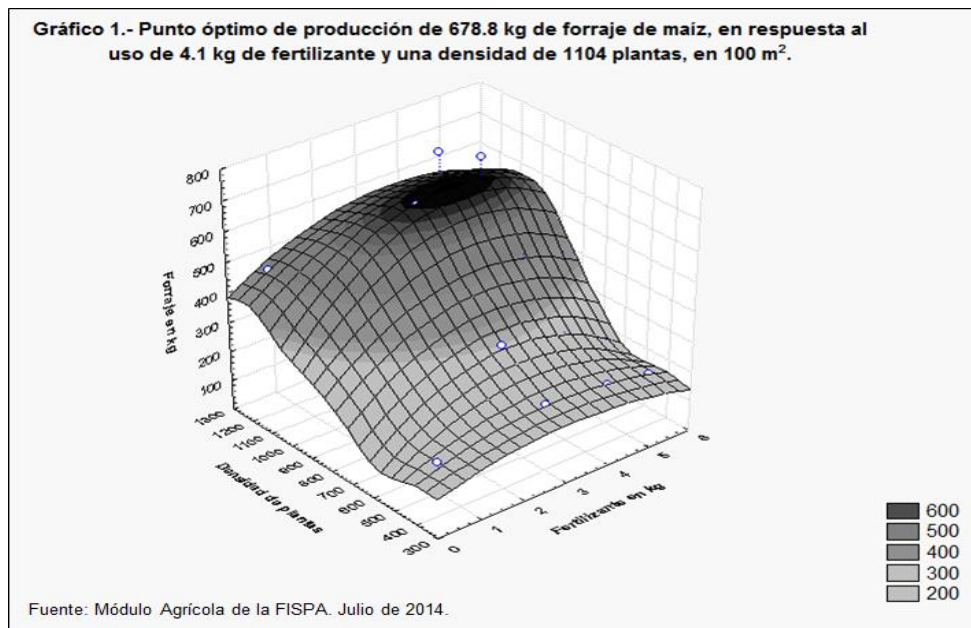
La cantidad de

kilogramos de fertilizante (x) y la densidad de plantas de maíz por área (y) a utilizar, para que el rendimiento de forraje en materia fresca (z) sea un máximo, se calculó a partir de los valores de tendencia y mediante la herramienta de análisis Solver de hoja electrónica Excel. Los resultados para un producto forraje máximo fue de 678.8 kg, aplicando 4.1 kg de fertilizante y 1104 plantas por área; como se puede ver en el gráfico 1. Con una variación para intervalo de confianza de 40.21 kg, quedando para estimación de $Q = 678.8 \pm 40.21$, con probabilidad del 95%.

Del análisis de varianza se deduce, que existe diferencia significativa en los resultados de producto forraje, por uso de fertilizante ($p = 0.0022$) y por diversificación en las densidades de plantas ($p = 0.0000$). Siendo el uso de 3 o 4.5 kg de fertilizante y de 1000 o 1200 plantas, los que generaron un mejor resultado de producto forraje, calculados con el método Fisher (LSD) para diferencia de medias

Imagen 2

Protección



III. GANANCIA BRUTA

Los gastos realizados en el proceso de producción de maíz para ensilaje, se clasificaron en costos fijos (Cf) y costos variables (Cv), los dos sumados constituyen el costo total de producción (Ct). Al ingreso (I), que fue resultado de la venta de maíz picado verde a precio regional de \$ 0.70 por kg en materia fresca, se le restó el costo total, quedando para el análisis, la ganancia bruta, que se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2

Ganancia

Ganancia bruta		Densidad de plantas en 100 m ²				
		400	600	800	1000	1200
Uso de fertilizante en 100 m ² , kg	0.5	-\$23.81	-\$37.20	\$30.05	\$92.27	\$134.32
	1.5	-\$56.61	-\$28.00	\$67.81	\$93.07	\$108.24
	3	-\$36.93	\$23.60	\$77.41	\$195.07	\$134.64
	4.5	-\$74.37	-\$50.80	\$33.25	\$221.47	\$181.20
	5.5	-\$103.81	-\$102.08	\$3.81	\$113.07	\$74.48

Fuente: Módulo Agrícola de la FISPA. Julio de 2014.

Se relacionaron los datos de kilogramos de fertilizante utilizado, la densidad de población de plantas de maíz por área, como variables independientes y la ganancia bruta obtenida como variable dependiente, en un diagrama de dispersión de XYZ.

Considerando la tendencia de los datos, se calcularon los parámetros de una superficie de respuesta cúbica como función de ganancia (z = G), mediante el método de mínimos cuadrados, expresados en la ecuación 2, con un coeficiente de correlación, $r = s_r/s = 0.9657$,

$$G = 632.5302 - 101.5820X - 3.1496Y + 32.2421X^2 + 0.1088XY + 0.0045Y^2 - 4.2056X^3 - 0.0044X^2Y - 3.644E - 05XY^2 - 1.855E - 06Y^3 \quad (2)$$

La respuesta máxima para la variable ganancia bruta fue de \$166.97, aplicando 3.8 kg de fertilizante y 1096 plantas por área; como se puede ver en el gráfico 2. Con una variación para intervalo de confianza de \$24.13, quedando para estimación de $G = \$166.97 \pm \24.13 , con probabilidad del 95%.

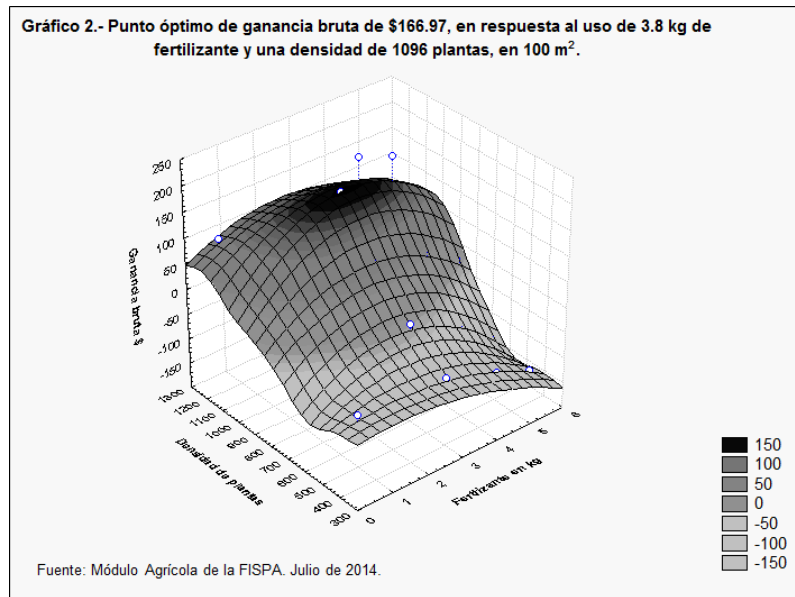
Al igual que en el punto anterior, del análisis de varianza se deduce, que existe diferencia

significativa en los resultados de ganancia bruta, por uso de fertilizante ($p = 0.0150$) y por diversificación en las densidades de plantas ($p = 0.0000$).

Siendo igualmente, el uso de 3 o 4.5 kg de fertilizante y de 1000 o 1200 plantas, los que generaron un mejor resultado de ganancia bruta, calculados con el método Fisher (LSD) para diferencia de medias. Ver Imagen 2.

Imagen 3

Optimización



IV. CONCLUSIONES

Con la combinación óptima de los recursos mencionados en la producción de maíz para ensilaje, se obtuvo un resultado máximo en un espacio de 100 m² de terreno agrícola, de:

- Producto forraje de 678.8 kg, aplicando 4.1 kg de fertilizante y 1104 plantas;
- Ganancia bruta de \$166.97, aplicando 3.8 kg de fertilizante y 1096 plantas.

El obtener mayor cantidad de producto forraje, no implica una mayor cantidad de ganancia; dado que esta última es mayor cuando se aplican menor cantidad de fertilizante y densidad de plantas. La combinación de insumos del a), da una ganancia bruta de \$164.11 y la del b), resulta una cantidad de producto forraje de 673.7 kg. Cualquier otra combinación de los insumos, generaran una cantidad menor de ganancia y de producto forraje.

Con intervalo de confianza para el pronóstico al 95%, en producto forraje en fresco de $Q = 678.8 \pm 40.21$ y en ganancia bruta de $G = \$166.97 \pm \24.13 .

Por lo anterior, es recomendable aplicar modelos matemáticos en la planeación de los procesos de producción de bienes agropecuarios, a fin de optimizar el uso de insumos y convertir a los sistemas de producción agropecuaria, en productivos y rentables.

Además, el procedimiento utilizado y los resultados, se espera sirvan para motivar a los estudiantes, en el aprendizaje significativo de las matemáticas aplicadas.

V. REFERENCIAS

- Alonso Pesado, A (2014) *Economía Agropecuaria*. México: Editorial Omicrón.
- Bishop C. E. y Toussaint W. D. (2000) *Introducción al análisis de Economía Agrícola* (pp 43-56). México: Editorial Limusa Noriega.

Bojanich, M. Baigorria, T. Lardone, A y Cazorla, C. (2010) *Análisis económico del cultivo de maíz sobre vicia utilizada como cultivo de cobertura*. Argentina: Instituto La Salle, EEA INTA Marcos Juárez.

Cano Flores, M. Olivera Gómez, D. Balderrabano Briones, J y Pérez Cervantes, G. (2013) Rentabilidad y competitividad en la PYME. México: Universidad Veracruzana, IIESCA, *Revista Ciencia Administrativa*, (2) 80-86.

Riggs, James L. (2008) *Sistemas de producción: planeación, análisis y control*. México: Editorial Limusa Noriega.

Sydsaeter K. Hammond P. y Carvajal A. (2012) *Matemáticas para el análisis económico*. México: Editorial Pearson.