

Respuesta de canola, higuierilla, crambe, cártamo y trigo a nitrógeno y densidad de población en el Sur de Sonora

RESUMEN En el Valle del Yaqui, Sonora, se condujo un trabajo que comprendió cinco experimentos en serie los cinco cultivos: canola, (*Brassica napus*); higuierilla (*Ricinus communis* L.); crambe, (*Crambe abyssinica* Hochst); cártamo (*Carthamus tinctorius*) y trigo (*Triticum aestivum*). En cada cultivo se estudió un factorial completo con cinco dosis de nitrógeno [N] (0, 50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹) y seis densidades de población [D] (34, 42, 54, 77, 125 y 250 mil plantas ha⁻¹) en bloques al azar con cuatro repeticiones. El objetivo del trabajo fue comparar los ingresos económicos de estos cultivos con sus dosis óptimas económicas (DOE) de N y D. Este trabajo proporciona los argumentos para la diversificación que las organizaciones oficiales tratan de promover. La interacción cultivos X tratamientos, resultó significativa ($\alpha=0.01$); lo que condujo al ajuste de modelos cuadráticos para cada cultivo. Con estos modelos se obtuvieron las DOE de N y D y con éstas los rendimientos óptimos con los cuales se comparó la rentabilidad de los cultivos. La mayor rentabilidad se logró con el trigo, seguido por el cártamo, crambe y canola; el menos rentable fue higuierilla. Los resultados sugieren que para diversificar el patrón de cultivos del sur de Sonora, se debe establecer un programa de estímulos para los cultivos que tienen menor rentabilidad que el trigo, el preferido por los agricultores de la región.

PALABRAS CLAVE: Diversificación de cultivos, alternativas culturales, rentabilidad económica.



Colaboración

Oscar Humberto Moreno Ramos; María Hermelinda Herrera Andrade; Jesús Carlos González Núñez; José Juan Araiza Amado; Mario López Encinas, Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui

ABSTRACT In Valle del Yaqui, Sonora, a work was carry out with five in serials experiments, the five crops: Rapeseed, (*Brassica napus*); castor bean (*Ricinus communis* L.); crambe, (*Crambe abyssinica* Hochst); safflower (*Carthamus tinctorius* L) and wheat (*Triticum aestivum* L). In each crop a complete factorial with five rates of nitrogen [N] (0, 50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹) and six plant densities [D] (34, 42, 54, 77, 125 y 250 thousand plants per ha⁻¹) were arranged in a randomized complete block design with four replicates. The objective of this study was to compare the economic net return of these crops at their optimum economic rates (OER) of N and D. This work is will give the arguments for crop diversification that government offices try to promote. The crop X Treatment interaction were significant ($\alpha=0.01$); these fact, drove us to fit quadratic models per each crop. OER of N and D were obtained and then the optimum grain yield were calculated which were used to compare the net return of these crops. Wheat was the crop with the highest economic net return followed by safflower, crambe and rapeseed; castor bean was the crop with the least net return. These results show that in order to diversify crop pattern in southern Sonora, it is needed to establish a program of economic stimulus for crops that have less net return than wheat, which is the main crop that farmers cultivate in this region.

KEYWORDS: Crop diversification, alternative crops, productivity.

INTRODUCCIÓN

El ingreso de México al Tratado de Libre Comercio de América del Norte, obligó a sus productores agrícolas a competir internacionalmente, con subsidios reducidos, sin precios de garantía y frecuentemente con tecnologías de producción desfavorables. En esta etapa, de retos, son múltiples las referencias a la reconversión de la agricultura, las cuales no deben concebirse únicamente como un proceso destinado a mejorar la eficiencia productiva, sino también, como un proceso de transformación del aparato productivo y de las técnicas agrícolas que incluyen, entre otros aspectos, la diversificación de cultivos.

La diversificación de cultivos, que ha sido enarbolada por políticos y funcionarios públicos como una meta deseable, es un factor importante para subsanar los daños que se ha causado a los ecosistemas. El hombre al tratar de actuar como regulador activo en las relaciones del trinomio agua-suelo-biota, con los medios que la tecnología moderna le proporciona, ha puesto en peligro el delicado equilibrio de los ecosistemas actuales con el uso irracional de agroquímicos, el sobre uso de maquinaria agrícola, y la utilización irresponsable de materiales transgénicos; de igual forma, el uso continuo de una especie puede afectar, en el largo plazo, las propiedades físicas y químicas de los suelos.

En el sur de Sonora, se explotan actualmente los cultivos anuales: trigo, soya, maíz, algodón, cártamo y ajonjolí, y otras especies con un peso específico muy reducido en el padrón de cultivos. El cultivo más importante, tanto por su superficie sembrada como por su impacto económico es el trigo (que ocupa alrededor del 80% de la superficie agrícola en el ciclo invierno-primavera) y en menor cuantía el maíz (con una superficie sembrada del 5 a 10%). Existen, sin embargo, otras especies vegetales, que se adaptan a las condiciones climáticas de la región como la canola (*Brassica napus*), la higuerrilla (*Ricinus communis* L.) y el crambe (*Crambe abyssinica* Hochst); que pueden competir favorablemente, por su productividad económica con el trigo.

El objetivo de este trabajo, fue evaluar la rentabilidad económica de la canola, la higuerrilla y el crambe y compararla con la de dos cultivos tradicionales: cártamo y trigo. La hipótesis que permite cumplir con los objetivos fue la sostenibilidad de la agricultura en la región, requiere diversificar la actividad y el conocimiento de su tecnología de producción, para obtener información sobre su potencial económico, necesarias para promover la diversificación del padrón de cultivos en el sur de Sonora.

Canola, se deriva del acrónimo en inglés "canadian oil low acid" (aceite canadiense bajo en ácido), que se le confirió a un conjunto de variedades de colza con niveles bajos de ácido erúico y de glucosinolatos que se obtuvieron en Canadá [8]. Este nombre, actualmente se aplica en forma indistinta a las variedades cultivadas de colza [5]. La canola, pertenece a la familia de las Cruciferae, es una planta dicotiledónea con raíz pivotante y tallo ramificado con una altura superior a 120 cm., las hojas son glabras cubiertas de pelo, anchas, sésiles y dentadas con lóbulos irregulares; la flor es pequeña de pétalos amarillos y sépalos frondosos, las hojas y las flores abrazan a los tallos simulando un corazón, la semilla es color ámbar o negra de forma redonda, ligeramente mayor a 1 mm, contenidas en silicuas (frutos) de dos bandas, separadas por una membrana delgada [9].

El uso agrícola del género *Brassica* se inició en la India aproximadamente 2000 a. C.; fue introducido a Japón y China alrededor del año 35 a. C., y su siembra comercial se inició en Europa en el siglo XIII. En América este cultivo se siembra a partir de 1963, donde destacan por su superficie Canadá, Argentina y Chile, el aceite producido compete ventajosamente con las oleaginosas tradicionales [1, 4].

La canola ha sido evaluada desde los años setentas en el sur de Sonora. Al inicio se recomendaba una densidad alta de siembra, como en el trigo; sin embargo, en el año 1979 se comenzó a experimentar con distancias entre surcos y en la actualidad se recomiendan surcos a 75 cm. La densidad de siembra es sumamente baja, entre 4 y 8 kg de semilla por ha¹ en función de la variedad, la preparación del suelo etc. [15, 10, 2]. La canola es atacada por diversos insectos; en el sur de Sonora destacan los pulgones, especialmente durante la etapa reproductiva, y las larvas del suelo, del tipo trozador, saltarín, gallina ciega, gusano de alambre y algunos curculiónidos [2]. Las enfermedades más comunes son: la alternaria causada por *Alternaria brassicae*, en ambientes con alta humedad; la marchitez, causada por *Sclerotinia sclerotiorum* en la raíz de la planta al principio de la floración en ambiente cálidos; y, la hernia de la col, producida por *Plasmodiophora brassicae*. La fecha de siembra recomendada es del 25 de octubre al 5 de diciembre. En 1990 se evaluaron 13 variedades de canola, obteniéndose rendimientos de hasta 1800 kg ha¹, a la vez que se reportan rendimientos superiores a 2000 kg ha¹, que hacen a este cultivo atractivo para los agricultores del sur de Sonora.

La higuerrilla, conocida también como "palma cristi" e "higuera infernal", es originaria del África Tropical y pertenece a la familia Euphorbiaceae. Es una especie monoica con flores unisexuales de pedúnculos cortos, reunidas en grupos de aspecto racimoso o panicular. Las flores estaminadas se localizan en la parte inferior del racimo y las pistiladas en la superior; el cáliz consta de tres a cinco divisiones; los estambres son numerosos y ramificados; el ovario es globoso con tres estilos de color rojo; bifidos y plumosos, que se presentan unidos por la base; el fruto es una cápsula trilocular con tres semillas lisas, oblongas y con vetas o estrías oscuras.

Las hojas son alternas, grandes, largamente pecioladas, peltadas o palmeadas, la raíz es pivotante y presenta un sistema muy desarrollado [11]. La higuerrilla es una especie arbustiva que alcanza 2.5 m de altura [6], el tallo es hueco, nudoso y ramificado, de color verde rojizo; la altura máxima se alcanza en climas tropicales, en donde la planta es perenne; en los climas templados la parte vegetativa muere en la época fría pero la raíz perdura, permitiendo que la planta se desarrolle en el ciclo siguiente.

El aceite de ricino o de castor tiene varias aplicaciones; así, en la medicina tradicional se utiliza como purgante; es antiviral; antiprotozoario, porque la raíz tiene efecto contra *Entamoeba histolytica*; es fungicida, ya que el extracto de la hoja de higuerrilla en medio básico o en agua, controla microbacterias y levaduras; tiene propiedades insecticidas; y, se utiliza actualmente para la fabricación de biodiesel [4].

El aceite de ricino está constituido principalmente por ácido ricinoleico, que le confiere una propiedad secante muy acentuada, que se aprovecha en la industria de elaboración de pinturas y barnices. Por su contenido de glicerina se utiliza también en la fabricación de jabones, champús y cosméticos [11].

Otras propiedades interesantes de este aceite son su viscosidad constante a diversas temperaturas y su poca tendencia a la acidificación; las cuales se utilizan en la industria para la elaboración de aceites para motores de avión, barcos y vehículos pesados; para fabricar líquido para frenos y fluidos para transmisiones automáticas; para fabricar linóleo, plásticos, hules y derivados afines; para preparar pinturas y colorantes en la industria textil. Una vez que se extrae el aceite de la semilla, se obtiene una pasta con alto contenido de nitrógeno, que la hace recomendable como fertilizante; pero con propiedades tóxicas, que impiden su uso como alimento para el ganado. Actualmente se investiga la forma de eliminar las toxinas de la semilla [11].

En México, se han cultivado comercialmente las especies *Ricinus communis* minor y *Ricinus sanguineus* en los estados de Oaxaca, Colima y Tamaulipas. La especie *R. Sanguineus* es la que ha producido mayores rendimientos y calidad de aceite. Los rendimientos tienen gran variabilidad de una región a otra, por ejemplo, en los Valles Centrales de Oaxaca la producción varía desde 400 a 1000 kg por ha⁻¹ y en Tampico, se obtienen rendimientos entre 600 y 1000 kg por ha⁻¹. La higuerrilla tienen gran tolerancia a la sequía, y por ello el productor agrícola de temporal la incluye frecuentemente en sus sistemas de producción; en la Mixteca Oaxaqueña se intercala una hilera de higuerrilla por cada cinco surcos de maíz, debido a que las hojas sirven de alimento para el ganado, los tallos se utilizan como combustible para la cocina y la semilla se vende para la extracción de aceite. En el sur de Sonora, la higuerrilla fue evaluada en asociación con maíz, entre los años de 1978 y 1985, en condiciones del temporal extremadamente árido, se cosechó hasta 1000 kg por ha⁻¹, además de 3000 kg por ha⁻¹ de grano de maíz.

Crambe es un género que incluye varias especies, de las cuales *Crambe abyssinica* Hochst, originario de Etiopía, es cultivado por el aceite de sus semillas. El crambe es una planta anual, erecta, de ramas numerosas, con altura de 60 a 91 cm; el hipocotilo es cilíndrico, morado, de 2 a 4 cm de longitud, cotiledones verdes

en forma de espátula de 12 mm de longitud y 3 mm de ancho y pecíolos alargados (18 a 25 mm); las hojas son glabras, de forma oval y crecimiento asimétrico, con borde sinuoso de 10 cm de longitud y 8 cm de ancho; los tallos y las ramas están cubiertos por pelos cortos y erectos; las flores son numerosas y diminutas, sostenidas en grupos compactos al inicio, y después distribuidas en corimbos alargados [9].

Los frutos, son esféricos, monocárpico, indehiscentes y persistentes con un diámetro de 2 a 3.5 mm; las semillas son esferoides de color verde aceitoso a café claro con un diámetro que varía de 1 a 2 mm; la cápsula es muy característica débilmente adherida al tegumento en forma semicircular (). La planta se deshoja casi totalmente al llegar la maduración, el pericarpio se separa fácilmente de la semilla porque es quebradizo (). Como planta ornamental perenne, produce grandes panículas de flores, algunas de 1.5 m de altura, con numerosas flores pequeñas de color amarillo pálido distribuidas en tres floretes en un tallo firme y esbelto con un olor agradable y fragante parecido al de la miel.

El aceite de las semillas, que es similar al de las ballenas, se compara favorablemente al de otras crucíferas oleaginosas por su índice de yodo. El contenido de aceite varía de 35 a 53%, y el de proteínas de 25 a 35% [7]. El aceite contiene aproximadamente 55% de ácido erúico, los productos que se derivan de éste le confieren propiedades potencialmente útiles para la lubricación, emulsificación y refrigeración [7].

El crambe, de reciente introducción en algunos países (Wang et al., 2000), fue introducido a México en la década de los setentas. [2], indica que se puede adaptar al agrosistema del Valle del Yaqui durante la época fría del año. La siembra se puede efectuar en otoño en terrenos con altitud menor a 600 m, aunque se puede sembrar también en el verano, en cuyo caso requiere más días para madurar. Con la utilización de tecnología los rendimientos se han incrementado, es así como en Iowa se reportan rendimientos de 800 a 1000 kg ha⁻¹, de 975 a 1535 en Canadá y de 2300 a 3200 kg ha⁻¹ en Italia [3] En México, [2], menciona que el rendimiento del crambe varía de 500 a 2500 kg ha⁻¹ y reportan rendimientos de hasta 3619 kg ha⁻¹.

El cártamo (*Carthamus tinctorius*) y el trigo (*Triticum aestivum*), son dos cultivos tradicionales en el Sur de Sonora, y están también ampliamente descritos en la bibliografía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron cinco experimentos en serie (cinco cultivos: cártamo, trigo, canola, higuerrilla y crambe) en terrenos de la manzana 611 del Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Los experimentos se sembraron el 18 de noviembre de 2007, en cada experimento se utilizó el diseño bloques al azar con cuatro repeticiones.

Cada experimento consistió de un factorial de cinco dosis de N (0, 50, 100, 150 y 200 kg por ha⁻¹) y seis D (34, 42, 54, 77, 125 y 250 miles de plantas por ha⁻¹). La parcela experimental fue de cuatro surcos de 5 m de largo y los surcos de 50 cm de ancho. La parcela útil consistió de los dos surcos centrales de 4 m de largo. Todas las parcelas se fertilizaron con 50 kg de P₂O₅ por ha⁻¹.

En cada experimento, se llevó a cabo el análisis de la varianza y posteriormente, se ajustó un modelo cuadrático, donde la respuesta a la densidad es de tipo cuadrático hasta las 125 mil plantas por ha y tipo plateau a partir de este punto

En el análisis de varianza para el ingreso neto, se utilizó un modelo con diseño jerárquico, en el cual las repeticiones (bloques) están anidadas dentro del cultivo, este análisis es similar al de un diseño en parcelas divididas donde los cultivos son las parcelas grandes (PG) y los tratamientos factoriales las parcelas chicas (PCH). Si la interacción entre PG y PCH resulta significativa, entonces será necesario ajustar una superficie de respuesta para cada cultivo; este es el caso esperado desde el punto de vista agronómico ya que los cultivos son de especies diferentes.

Las superficies de respuesta, para este caso, se obtendrán con un modelo sin ordenada al origen, porque el rendimiento es nulo si la densidad es igual a cero y contendrá factores lineales y cuadráticos para el nitrógeno y para la densidad de población e incluirá el producto de los factores lineales para modelar la interacción entre el fertilizante nitrogenado y la densidad de población.

Las superficies de respuesta ajustadas se utilizarán para calcular las dosis óptimas económicas, con las cuales se obtendrán los ingresos netos que permitirán la selección de los cultivos más rentables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 presenta el rendimiento medio de los tratamientos de nitrógeno y densidad de plantas, para los cultivos de canola, higuera, crame, cártamo y trigo y el Cuadro 2, gráficamente esta información se exhibe en las Figuras 1 y 2; los precios y costos derivados de los tratamientos involucrados en el experimento. El análisis de varianza conjunto para el ingreso neto se presenta en el Cuadro 3, en este cuadro se observa que los tratamientos de PG y la interacción PG (cultivos)*PCH (tratamientos de nitrógeno y densidad) resultaron altamente significativos. Este resultado, esperado desde el punto de vista agronómico, indica que la respuesta a la fertilización y a la densidad de plantas es diferente para cada cultivo; conduce, como se indicó previamente, al análisis de la respuesta a la fertilización nitrogenada y a la densidad de población para cada uno de los cultivos estudiados.

Los datos del Cuadro 1 indican que los cinco cultivos respondieron tanto a la fertilización nitrogenada como a la densidad de población, aunque la respuesta fue más marcada para la densidad de población. El rendimiento más bajo para los cinco cultivos se obtuvo con la dosis nula de nitrógeno y la mínima densidad de población. El rendimiento máximo, para todos los cultivos se obtuvo con la dosis de 150 kg por ha⁻¹ de nitrógeno con excepción del trigo cuyo rendimiento máximo fue con la dosis de 50 kg por ha⁻¹, esta respuesta diferencial de los cultivos explica la significancia de la interacción Cultivo por Tratamiento.

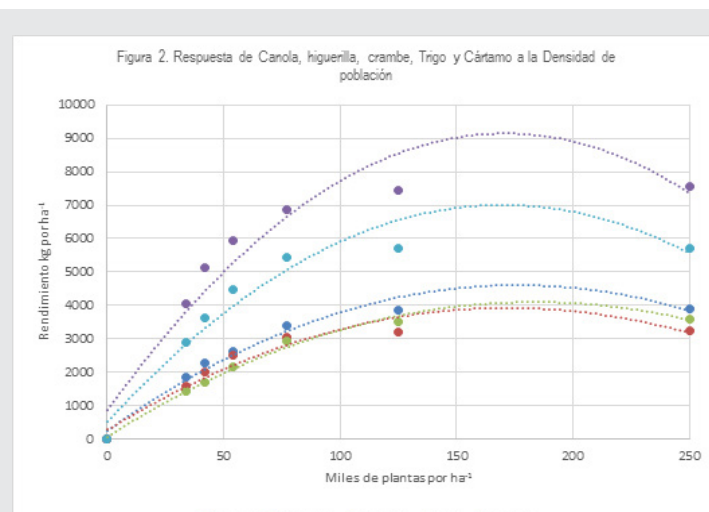


Figura 1. Respuesta de Canola, higuera, crame, Trigo y Cártamo a la fertilización con N

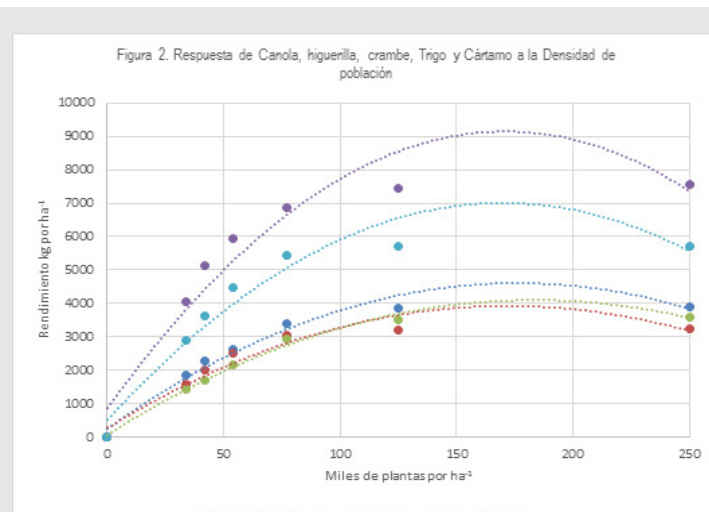


Figura 2. Respuesta de Canola, higuera, crame, Trigo y Cártamo a la Densidad de población

Con respecto a la densidad de plantas, los rendimientos máximos para canola (4219 kg por ha⁻¹), crame (3420 kg por ha⁻¹) y trigo (8134 kg por ha⁻¹) se obtuvieron con 250 mil plantas ha⁻¹, la densidad máxima de población; y para la higuera (3571 kg ha⁻¹) el máximo rendimiento se obtuvo con 125 mil plantas ha⁻¹. Debido a la naturaleza cuantitativa de los factores que forman los tratamientos de PCH y a la significancia de interac-

ción PG*PCH, el análisis que procede es el ajuste de una superficie de respuesta para cada cultivo.

Tabla 1. Rendimiento de cinco cultivos para diferentes dosis de fertilización nitrogenada y densidad de plantas.

N	DP	Canola	Higuerilla	Crambe	Cártamo	Trigo
0	34	1374	1189	1320	2206	3605
0	42	1583	1477	1747	2808	4627
0	54	1945	2086	1869	3309	4905
0	77	2807	2545	2381	3825	5918
0	125	3196	2577	3079	4055	6072
0	250	3167	2741	3116	4002	6345
50	34	1685	1541	1474	2527	4060
50	42	1996	1856	1791	3356	5075
50	54	2388	2383	2317	3920	5755
50	77	3188	2906	2827	4334	6790
50	125	3828	3165	3599	4454	7835
50	250	3958	3234	3432	4505	8269
100	34	1828	1357	1334	2526	4791
100	42	2095	1727	1550	2953	5594
100	54	2705	1976	1994	3904	6606
100	77	3582	2884	3114	4803	7530
100	125	4065	3483	3979	5052	8064
100	250	4083	3366	3952	5019	8097
150	34	1926	1527	1510	2648	3694
150	42	2154	2441	1761	3367	5817
150	54	2758	2838	2311	4373	6620
150	77	3754	3331	3304	5360	7286
150	125	4219	3571	4003	5586	7966
150	250	4271	3567	4092	5529	8134
200	34	1885	2077	1302	2415	4311
200	42	2253	2270	1543	2851	4830
200	54	2860	2602	2074	3593	5830
200	77	3667	2691	2698	4796	6620
200	125	4023	3035	3410	5095	7434
200	250	4068	3137	3420	5218	7320

Tabla 2. Costos de los insumos y precios de venta del producto de los cinco cultivos (USA Dólares).

	Canola	Higuerilla	be	Cártamo	Trigo
Mil plantas	1.09	1.2	1.3	1.2	0.6
Kg de N	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
Kg / producto	0.44	0.486	0.53	0.44	0.32
Costos fijos	1400	1400	1400	1400	1400

Tabla 3. Análisis de varianza conjunto para el ingreso neto (pesos, m.n.) de los cinco cultivos estudiados.

F. V	GL	SC	CM	F _c	F _{α=0.01}
Cultivos	4	7332132246	1833033062	16.27**	4.89
Error(a)	15	1689801868	112653458		
Trat.	29	9376952344	323343245	97.63**	1.75
C*Trat	116	760666623	6557489	1.98**	1.39
Error(b)	435	1440656548	3311854		
Total	599	4			

Para cada cultivo se ajustaron modelos cuadráticos con interacción (Ecuación 2). En el Cuadro 4 se presentan los estimadores (con letras minúsculas) de los coeficientes de los modelos de regresión para cada cultivo estudiados; asimismo, se muestran las dosis óptimas fisiológicas y económicas. Se puede apreciar que las dosis óptimas fisiológicas (DOF) para la densidad de plantas de la canola, el crambe y el trigo, son similares debido a que estos cultivos tienen una arquitectura parecida. En general, las DOF para la densidad de plantas, son muy cercanas a las dosis óptimas económicas (DOE) debido al bajo costo de las plantas. En contraste, las DOE para el nitrógeno son menores a las DOF debido a que el costo de aplicar 1 kg de nitrógeno es aproximadamente el triple del precio de un kilogramo de grano para cualquiera de los cultivos estudiados.

Las comparaciones entre cultivos, se efectuaron por medio del rendimiento de grano, silicuas o aquenios que resulta de sustituir las dosis óptimas económicas de nitrógeno y densidad de plantas en los modelos de la Tabla 4, para cada cultivo. Con el rendimiento de cada cultivo y con los costos y precios de la Tabla 2, se obtuvieron las ganancias netas y el análisis financiero que se presentan en el Tabla 5.

Tabla 4. Modelos de regresión para los cinco cultivos

Efecto	Canola	Higuerilla	Crambe	Trigo	Cártamo
N Lineal	3.600	2.436	4.077	13.721	5.686
D Lineal	52.532	50.793	43.569	131.926	83.823
N Cuad	-0.018	-0.009	-0.026	-0.0749	-0.036
D Cuad	-0.215	-0.230	-0.141	-0.6516	-0.417
N*D	0.0488	0.026	0.020	0.0689	0.071
OFN	306	312	178	142	192
OFD	204	128	154	109	117
OEN	204	198	137	102	150
OED	137	113	160	104	109
R. OF	4216	3623	4094	8143	5448
R.OE	3923	3497	4092	8024	5381

La Tabla 5 se observa que los ensayos indican que el trigo es el cultivo más rentable de los cultivos estudiados, este cuadro explica en parte el hecho de que el trigo sea el cultivo preferido por el agricultor del noroeste de México. La alternativa más rentable después del trigo, o segundo cultivo recomendable es el cártamo, seguido por la canola y el crambe. El cultivo menos rentable es la higuerilla que tiene la desventaja adicional de producir aproximadamente 20 toneladas por ha de materia orgánica; esta característica, que le confiere una ventaja en áreas de temporal en donde esta materia se utiliza como alimento para el ganado; representa un problema para utilizarla o eliminarla en el sur de Sonora. Para el resto de los cultivos la relación de producción de materia orgánica y grano es cercana a uno.

La Tabla 5 indica también, que si se desea influir en el patrón de cultivos en el sur de Sonora, se debe establecer un programa de estímulos (o subsidios) para los cultivos que tienen un valor mayor a 1.0 (Cuadro 5).

Tabla 5. Rendimiento máximo económico, ingresos y análisis financiero estimado de los cultivos.

Cultivo Concepto	Canola	Higuerilla	Crambe	Cártamo	Trigo
R	3878	3215	3315	5363	8068
IB pesos	19416	14965	19711	22827	24680
IN pesos	5139	734	6191	8570	9939
T:OC	1.9	13.5	1.6	1.2	1.0

R=Rendimiento kg por ha⁻¹, IB = Ingreso bruto \$/ha, IN = Ingreso Neto \$/ha, T:OC=Relación trigo a otro cultivo

CONCLUSIONES

Los cultivos respondieron tanto a la fertilización nitrogenada como a la densidad de plantas, aunque la respuesta fue más marcada para la densidad de población.

Para cada cultivo se ajustó un modelo, que permitió la obtención de las dosis óptimas económicas en forma individual. La menor respuesta a la fertilización nitrogenada se obtuvo en crambe con una dosis óptima económica de 27 kg ha⁻¹, el cultivo con la mayor respuesta es el trigo con una dosis óptima económica de 135 kg ha⁻¹; para la canola, higuerilla y cártamo las dosis óptimas económicas fueron de 91, 90 y 96 kg ha⁻¹, respectivamente.

Las dosis óptimas económicas para la densidad de plantas fueron de 185, 184 y 181 mil plantas por ha para el trigo, crambe y canola respectivamente; y de 100 y 105 mil plantas por ha⁻¹ para la higuerilla y el cártamo.

Los ingresos netos permiten afirmar que el trigo es el cultivo más rentable en el sur de Sonora seguido por el cártamo, el crambe y la canola. El cultivo menos rentable de los cinco cultivos estudiados es la higuerilla.

La relación de producción de materia orgánica-grano para la higuerilla es de cinco, para el resto de los cultivos esta relación es de uno, esta característica le proporciona una desventaja adicional a la higuerilla porque en la región en estudio, la eliminación de la materia orgánica representa un problema.

Los resultados del análisis financiero de este estudio justifican el por qué el trigo es el cultivo preferido en la región entre los estudiados en este ensayo, puesto que el trigo es el cultivo que proporciona el mayor ingreso neto de los cinco que participaron en este estudio.

REFERENCIAS

[1] Busch L, V Gunter (1994) *Socializing nature: Technoscience and the transformation of rapeseed into canola*. *Crop Science* 34:607-614.

[2] Espinoza Z C, V L Quilantán (1990) *El cultivo de la canola en el centro norte de México*. *Revista de la Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles* 4:8.

[3] Fontana F, L Lazzeri, L Malaguti, S Galletti (1998) *Agronomic characterization of some Crambe abyssinica genotypes in a locality of the Po Valley*. *European Journal of Agronomy* 9:117-126.

[4] González A E, J C O Perea, A F López (2006) *Caracterización termoanalítica de semillas de Ricinus communis, variedades Mamona Blanca, Mamona Negra y Silvestre: Análisis de las propiedades reológicas del biodisel*. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de Pamplona* 4:15-20.

[5] Gupta S K, A Pratap (2007) *History, origin and evolution of rapeseed*. *Advances in Botanical Research* 45:1-20.

[6] Koutroubas S D, D K Papakosta, A. Doitsinis (1999) *Adaptation and yielding ability of castor plant (Ricinus communis L.) genotypes in a Mediterranean climate*. *European Journal of Agronomy* 11:227-237.

[7] Lazzeri L, O Leoni, L S Conte, S Palmieri (1994) *Some technological characteristics and potential uses of Crambe abyssinica products*. *Industrial Crops and Products* 3(1-2): 103-112

[8] Liu J H, C Dixelius, I Eriksson, K Glimelius (1995) *Brassica napus (+) B. tournefortii, a traits of agronomic importance somatic hybrid containing for rapeseed breeding*. *Plant Science* 109: 75-86.

[9] Mazzani B (1963) *Plantas Oleaginosas*. Editorial Salvat. Barcelona, España. 433 p.

[10] Moore M K, S O Guy (1997) *Agronomic response of winter rapeseed to rate and date of seeding*. *Agronomy Journal* 89: 521-526.

[11] Orlando M S (2007) *Manual Técnico del Higuerillo*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, Ministerio de Agricultura y Ganadería. El Salvador 17 p.

[12] Schierholt A, B Rückernd, H C Becker (2001) *Inheritance of high oleic acid mutations in winter oilseed rape (Brassica napus L.)*. *Crop Science* 41:1444-1449.

[13] Wan J, R Griffiths, J Ying, P McCourt, Y Huang (2009) *Development of drought-tolerant canola (Brassica napus L.) through genetic modulation of ABA-mediated stomatal responses*. *Crop Sci* 49:1539-1554.

[14] Wang Y P, J S Tang, C Q Chu, J Tian (2000) *A preliminary study on the introduction and cultivation of Crambe abyssinica in China, an oil plant for industrial uses*. *Industrial Crops and Products* 12:47-52.

[15] Zum T F, H C Becker, C Möllers (2006) *Genotype x environment interactions, heritability, and trait correlations of sinapate ester content in winter rapeseed (Brassica napus L.)*. *Crop Science* 46:2195-2199.