

Evaluación de alternativas de fertilización foliar nitrogenada en fríjol

Óscar Efraín Dubón Sam

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Junio. 2016

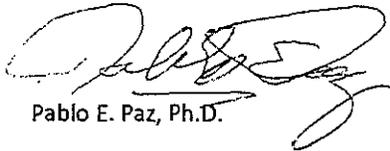
Gainesville, 23 de Junio, 2016

Sr. Hugo Zavala, Director
Seccion de Registro
Zamorano

Estimado Hugo :

Por medio de la presente, autorizo a mi hijo, Dr. Patricio Enrique Paz, para que en mi nombre firme la tesis de grado de Ingeniero Agronomo del Sr. Oscar Dubon Sam, en mi condicion que fuera asesor de dicha tesis.

Y para los propositos pertinentes firmo la presente, a los veintitres dias del mes de Junio del ano dos mil dieciseis.



Pablo E. Paz, Ph.D.

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

Evaluación de alternativas de fertilización foliar nitrogenada en fríjol

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Óscar Efraín Dubón Sam

Zamorano, Honduras
Junio, 2016

Evaluación de alternativas de fertilización foliar nitrogenada en frijol

Óscar Efraín Dubón Sam

Resumen. Fertilizaciones foliares permiten hacer mejor uso de los nutrientes y disminuyen degradación del suelo por uso de maquinaria. El objetivo fue determinar los niveles y fraccionamiento adecuado de fertilizaciones foliares nitrogenadas, como reemplazo o complemento de fertilizaciones edáficas. El estudio se realizó entre febrero y abril del 2002 en El Zamorano, Honduras. Se compararon dos fertilizaciones edáficas contra ocho tratamientos foliares. Se usó un diseño BCA con cuatro repeticiones. Dos tratamientos de aplicaciones edáficas con dos y tres fraccionamientos de N, usando urea como fuente de N. En los demás tratamientos se aplicó el 25 y 50% de N a la siembra de forma edáfica siendo la fuente de N la urea, y se fraccionó el N dos o tres veces de forma foliar utilizando dos fuentes de N, urea y solución urea nitrato de amonio. Se analizaron estadísticamente variables fenológicas, rendimiento y componentes, además se realizó análisis económico de la rentabilidad. Las aplicaciones edáficas obtuvieron mejores rendimientos, pero sin ser estadísticamente diferentes a los demás tratamientos. Las aplicaciones al suelo obtuvieron buena rentabilidad, comparadas con aplicaciones foliares, siendo más bajas en las que se utilizó nitrato de amonio por alto costo. Las aplicaciones foliares causaron daños al follaje debido al estrés hídrico, sin embargo estas no representaron diferencias estadísticamente significativas en la fenología del cultivo entre tratamientos. Se recomienda realizar este ensayo con menos tratamientos utilizando urea y con el sistema de riego, además es recomendable hacer las aplicaciones foliares asegurándose que las plantas no presenten estrés hídrico.

Palabras clave: Daños al follaje, diferencias estadísticas, fertilización edáfica.

Abstract: Foliar fertilizations allow a better use of nutrients and reduce the damage and degradation of the soils by machinery. The objective was to determine the levels and proper portions of foliar fertilizer containing nitrogen, as a replacement or complement to soil fertilization. The study was done between February and April 2002 in El Zamorano, Honduras. Two soil fertilizations were compared to eight foliar treatments. A random sampling method was used in four repetitions. Two treatments for soil applications with two and three portions of N, using urea as a source of N. In the other treatments a 25% and 50% was applied of N to the crop, two or three times as a soil fertilization using urea as a source of N, and two or three times as a foliar application, using urea and ammonium nitrate as a N. It was statistically analyzed the phenological, yielding and component variables. And their economical rentability. The soil applications obtained better returns, but with no differences statistically to the other treatments. The soil applications obtained better returns, compared to the foliar applications, being lower due to the high cost of ammonium nitrate. The foliar applications caused damage to the leaves due to water stress, never the less, these do not represent statistical differences on the drop phenology during the treatments. It is recommended to perform this trial with less treatments using urea with the same irrigation system, also it is recommended to do foliar applications when the plants do show water stress.

Key words: Foliar damage, statistical differences, soil fertilization

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	13
5. RECOMENDACIONES.....	14
6. LITERATURA CITADA.....	15
7. ANEXOS	17

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Principales características de la variedad Tío Canela-75.....	3
2. Programa de fertilización del cultivo de frijol.....	4
3. Efecto de los tratamientos de fertilización foliar sobre la fenología del frijol.....	9
4. Efecto de los tratamientos de fertilización edáfica y foliar sobre el rendimiento y los componentes de rendimiento en frijol.....	10
5. Estado de resultados real de los tratamientos en la producción de frijol..	12
6. Estado de resultados según escenario presupuestado en la producción de frijol.....	13

Anexos	Página
1. Significancia de los resultados estadísticos.....	18
2. Determinación de la función de producción.....	19
3. Costos de producción por tratamiento por hectárea.....	20
4. Estado de resultados según escenario presupuestado en la producción de frijol.....	21

1. INTRODUCCIÓN

El frijol se cultiva en América Latina principalmente por pequeños productores, el rendimiento varía significativamente, en nuestros países se reportan bajos rendimientos, además se dice que el consumo se podría incrementar si se mejorara la producción de este (Rosas, 1998).

El frijol es el elemento básico de la dieta de los centroamericanos, debido a su alto contenido de proteínas, este combinado con cereales como arroz y maíz, provee un buen balance de aminoácidos esenciales (Infoagro, 2002).

En Honduras el grano de frijol es esencial en la dieta de la población tanto urbana como rural, y representa la principal fuente de proteínas, superando a alimentos como los huevos, carne de res y carne de pollo (Rosas, 1998).

La fertilización en frijol es necesaria debido a que los suelos que se utilizan en nuestro medio no contienen las cantidades necesarias de nutrientes para un buen crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo, siendo el nitrógeno uno de los que más tienen efectos en el aumento de la producción. Cabe mencionar que aunque el frijol fija nitrógeno y de esta forma recibe parte de este, sin embargo es necesario suplir con nitrógeno para complementar la fijación (Rosas, 1998).

Según Escalante et al. (1999), la fertilización nitrogenada aumentó los rendimientos del frijol, como consecuencia de un aumento en el número de vainas por planta y el número de semillas por vaina, además estimuló la producción del área foliar y órganos reproductivos, y menciona que otro componente del rendimiento como es el tamaño del grano no fue afectado por el nitrógeno.

Actualmente una de las alternativas para aumentar la eficiencia en la absorción de nutrientes y con esto tratar de mejorar los rendimientos de los cultivos son las fertilizaciones foliares en lugar de fertilizaciones edáficas, que representan gastos adicionales de maquinaria. Con la fertilización foliar se podría incrementar la eficiencia de utilización del nitrógeno por el cultivo de frijol, y además aprovechar los sistemas de riego para su aplicación y así evitar problemas de compactación de suelo.

El surgimiento de este proyecto se da por la necesidad de poder contar con información que permita sugerir nuevas formas de fertilización a la Zamoempresa de Cultivos Extensivos (ZECE), para poder aprovechar ventajas como las que brinda el sistema de riego del pivote central, para futuras fertilizaciones foliares, y así poder hacer un uso más eficiente de nutrientes y disminuir la degradación del suelo, evitando fertilizaciones edáficas

mecanizadas, que compactan los suelos y dañan los sistemas radiculares, a la vez el aprovechamiento del nitrógeno es más efectivo aplicado en forma foliar.

El objetivo general fue determinar los niveles y el fraccionamiento adecuado de fertilizaciones foliares nitrogenadas, como reemplazo o complemento a la fertilización edáfica, adecuándolas a las etapas del cultivo que más necesita, y así obtener un mejor aprovechamiento de los nutrientes. Como objetivos específicos definir las fracciones y formulaciones más apropiadas para fertilizaciones foliares; comparar las fertilizaciones foliares con la fertilización edáfica tradicional usada por la ZECE, evaluar la respuesta de la planta a los diferentes tratamientos, determinar la mejor práctica de fertilización a utilizar, comparar dos fuentes nitrogenadas (urea y solución urea nitrato de amonio) y medir la factibilidad por medio de un análisis de costo beneficio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el lote de Zavala 1, de los terrenos de producción de la Zamoempresa de Cultivos Extensivos, en Zamorano, a 32 km. al sureste de Tegucigalpa, Departamento de Francisco Morazán, Honduras. La altitud es aproximadamente 800 m.s.n.m, con una precipitación promedio de 1156 mm. al año distribuidos entre los meses de mayo y octubre, con temperaturas entre 20 y 32 grados centígrados.

Previo al ensayo se realizó un análisis de suelo, donde se encontró un contenido medio de nitrógeno (0.11%), bajo de fósforo (7 ppm.) y medio de potasio (127 ppm), además un pH fuertemente ácido de 5.50. El contenido de materia orgánica fue medio de 2.32%.

La textura predominante del terreno es franco arcillo arenoso, determinado utilizando el método al tacto, y se detectó la presencia de una estructura débil. El pie de arado se encuentra ubicado a 25 cm en promedio para esto se utilizó un barreno tipo hoffer y uno tipo cubeta (Barahona, 2002)¹

El diseño experimental usado, fue bloques completamente al azar (BCA) con 10 tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental fueron seis hileras separadas a 0.5 m con una longitud de 6 m. El área útil fue 7.5 m² que corresponden a las dos hileras centrales recortadas a 5 m para reducir o eliminar el efecto de borde.

El material genético que se utilizó en el ensayo, fue la variedad Tío Canela-75 producida por la Zamoempresa de Cultivos Extensivos. A continuación se detallan sus características principales:

Cuadro 1. Principales características de la variedad Tío Canela-75

Característica	
Altura de planta	50 cm (aproximadamente)
Días a floración	36-38 días
Días a madurez fisiológica	66-68 días
Días a cosecha	75 días
Número vainas por planta	29 (promedio)
Número de semillas por vaina	6 (promedio)

Fuente. Programa de Investigaciones en Frijol (PIF), Trifolio variedad Tío Canela-75.

¹ Barahona, R. 2002. Caracterización de suelos de Zamorano (entrevista). Francisco Morazán, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana

Según los resultados del análisis de suelo, se suplieron solo nitrógeno y fósforo, ya que el potasio se encontraba en suficientes cantidades en el suelo, como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Programa de fertilización del cultivo de fríjol, según la Zamoempresa de Cultivos Extensivos, El Zamorano, Honduras.

Requerimientos del Cultivo	Aporte del Suelo	Cantidad a Suplir
110 kg nitrógeno (N)	40 kg nitrógeno	70 kg nitrógeno
80 kg fósforo (P ₂ O ₅)	22 kg fósforo	58 kg fósforo
80 kg potasio (K ₂ O)	244 kg potasio	0 kg potasio

Se utilizaron dos tipos de fertilizantes:

Fertilizantes granulados:

- Fósforo diamónico (18-46-0)
- Urea (46-0-0)
- Super fósforo triple (0-46-0)

Para las aplicaciones al suelo se utilizó urea, 18-46-0 y 0-46-0, esto para suplir los niveles deseados. También se utilizó urea como fertilizante foliar.

Fertilizantes líquidos:

- Solución urea nitrato de amonio (32-0-0) de Bioquimsa

Esta solución se utilizó solamente para aplicaciones foliares, utilizando una bomba de mochila manual, con una boquilla cónica 8003 para su aplicación, y se midió utilizando una probeta, diluyéndolo en 1 litro de agua las cantidades requeridas para cada parcela que recibió ese tratamiento, lo que equivale a 556 litros/ha.

Los tratamientos fueron distribuidos según los niveles de macronutrientes que recomienda la ZECE, y a partir del análisis de suelo que se realizó anterior al experimento, el complemento de nutrientes para suplir los requerimientos se hizo según se muestra en el cuadro 2.

Las aplicaciones se dividieron de la siguiente forma:

- Comparar la fertilización edáfica utilizada por la ZECE, donde se aplica todo el fósforo a la siembra con 18-46-0, y parte del nitrógeno, y posteriormente se aplica el resto del nitrógeno a los 25 días con urea, contra aplicaciones foliares.
- Comparar la fertilización foliar nitrogenada con dos diferentes fuentes, urea y solución de urea nitrato de amonio.
- Fraccionamiento del nitrógeno aplicado foliarmente a través del ciclo del cultivo desde los 15 DDS hasta los 45 DDS.

Las fertilizaciones basales al suelo se hicieron a la aparición de la primera hoja verdadera aplicándola a unos 5 cm de la planta, igual distancia para las aplicaciones posteriores. Las

aplicaciones foliares se hicieron diluidas en el equivalente a 556 litros de agua por hectárea, tanto para la solución urea nitrato de amonio como para la urea.

Los valores que se encuentran entre paréntesis en las aplicaciones, son porcentajes del elemento en cada aplicación. Además todo el requerimiento de fósforo fue aplicado a la siembra en forma edáfica, utilizando 18-46-0 y 0-46-0.

Tratamiento 1: Este es el testigo donde se fertilizó edáficamente según se emplea en la ZECE:

AS = 117 kg 18-46-0/ha (32% N)

25 DDS = 106 kg Urea/ha (68% N)

Tratamiento 2. Se aplicó 50% de N a la siembra, 25% N a los 20 DDS y 25% a los 40 DDS, en forma edáfica.

AS = 117 kg 18-46-0/ha y 30 kg urea/ha (50% N)

20 DDS = 38 kg Urea/ha (25% N)

40 DDS = 38 kg Urea/ha (25% N)

Tratamiento 3. Se aplicó 50% de N a la siembra, 25% N a los 20 DDS y 25% a los 40 DDS, en forma foliar utilizando urea.

AS = 117 kg 18-46-0/ha y 30 kg urea/ha (50% N)

20 DDS = 38 kg Urea/ha (25% N)

40 DDS = 38 kg Urea/ha (25% N)

Tratamiento 4. Se aplicó 50% de N a la siembra, 16.66% N a los 15 DDS, 16.66% a los 30 DDS y 16.66% a los 45 DDS, en forma foliar utilizando urea.

AS = 117 kg 18-46-0/ha y 30 kg urea/ha (50% N)

15 DDS = 25 kg urea/ha (16.66% N)

30 DDS = 25 kg urea/ha (16.66% N)

45 DDS = 25 kg urea/ha (16.66% N)

Tratamiento 5. Se aplicó 25% de N a la siembra, 37.5% N a los 20 DDS y 37.5% a los 40 DDS, en forma foliar utilizando urea.

AS = 88 kg 18-46-0/ha y 30 kg 0-46-0/ha (25% N)

20 DDS = 57 kg Urea/ha (37.5% N)

40 DDS = 57 kg Urea/ha (37.5% N)

Tratamiento 6. Se aplicó 25% de N a la siembra, 25% N a los 15 DDS, 25% N a los 30 DDS y 25% N a los 45 DDS, en forma foliar utilizando urea.

AS = 88 kg 18-46-0/ha y 30 kg 0-46-0/ha (25% N)

15 DDS = 38 kg urea/ha (25% N)

30 DDS = 38 kg urea/ha (25% N)

45 DDS = 38 kg urea/ha (25% N)

Tratamiento 7. Se aplicó 50% de N a la siembra, 25% N a los 20 DDS y 25% a los 40 DDS, en forma foliar utilizando una solución de urea nitrato de amonio.

AS = 117 kg 18-46-0/ha y 23 kg urea/ha (50% N)

20 DDS = 55 l solución urea nitrato de amonio/ha (25% N)

40 DDS = 55 l solución urea nitrato de amonio/ha (25% N)

Tratamiento 8. Se aplicó 50% de N a la siembra, 16.66% N a los 15 DDS, 16.66% a los 30 DDS y 16.66% a los 45 DDS, en forma foliar utilizando una solución urea nitrato de amonio.

AS = 117 kg 18-46-0/ha y 23 kg urea/ha (50% N)

15 DDS = 36 l solución urea nitrato de amonio/ha (16.66% N)

30 DDS = 36 l solución urea nitrato de amonio/ha (16.66% N)

45 DDS = 36 l solución urea nitrato de amonio/ha (16.66% N)

Tratamiento 9. Se aplicó 25% de N a la siembra, 37.5% N a los 20 DDS y 37.5% a los 40 DDS, en forma foliar utilizando solución urea nitrato de amonio.

AS = 88 kg 18-46-0/ha y 30 kg 0-46-0/ha (25% N)

20 DDS = 82 l solución urea nitrato de amonio/ha (37.5% N)

40 DDS = 82 l solución urea nitrato de amonio/ha (37.5% N)

Tratamiento 10. . Se aplicó 25% de N a la siembra, 25% N a los 15 DDS, 25% N a los 30 DDS y 25% N a los 45 DDS, en forma foliar utilizando solución urea nitrato de amonio.

AS = 88 kg 18-46-0/ha y 30 kg 0-46-0/ha (25% N)

15 DDS = 55 l solución urea nitrato de amonio/ha (25% N)

30 DDS = 55 l solución urea nitrato de amonio/ha (25% N)

45 DDS = 55 l solución urea nitrato de amonio/ha (25% N)

Previo a la siembra se hicieron dos pases de rastra pesada, luego un pase con el arado de cincel, posteriormente se pasó el arado de discos, otro pase con la rastra pesada, y por ultimo un pase con la rastra fina, todo esto por las malas condiciones de humedad y compactación que presentaba el terreno. Las hileras se marcaron con la sembradora vacía a una distancia de 50 cm entre hileras, para posteriormente realizar la siembra manual.

La siembra se realizó manualmente, colocando una semilla por postura cada 10 cm en las hileras marcadas anteriormente, esto para asegurar una buena población. La fecha de siembra fue el 1 de febrero del año 2002, ocurriendo la germinación 10 días después el 11 de febrero del 2002. La distancia de siembra fue de 0.50 m entre hileras y 0.10 m entre plantas para una población teórica de 200,000 pl/ha. La fertilización se realizó como se describe en cada tratamiento.

Se realizaron dos controles de malezas, ambos fueron manuales, el primero a los 15 DDS, y luego a los 35 DDS. Para este ensayo no se utilizó ningún tratamiento químico, sin embargo la ZECE aplica normalmente productos como Basagran para el control de hojas anchas y Fusilade para gramíneas en parcelas comerciales de fríjol.

Se trató la semilla con Futur 300SC, a razón de 400cc de producto por quintal de semilla, aparte de eso no hubo necesidad de ningún tipo de control químico para plagas, ya que ninguna excedió los niveles críticos.

Se regó durante todo el ensayo irregularmente dos veces por semana, y el tiempo de riego vario entre dos horas en las primeras etapas del cultivo hasta los 45 días, equivalente a 26.2

mm semanales de agua, y en las últimas etapas se regó siempre dos veces por semana tres horas cada vez equivalente a 39 mm por semana. Se aplicó una lámina de 253 mm en todo el ciclo aproximadamente, siendo esta lámina total menor a los requerimientos de agua del cultivo, que es de 300-350 mm de agua distribuida durante el ciclo del cultivo.

La cosecha se realizó manualmente el 23 y 24 de abril del 2002, el área cosechada fueron las dos hileras centrales recortadas a cinco metros, posteriormente se tomaron datos de humedad y rendimiento. En cuanto al secado no hubo necesidad debido a que las muestras salieron del campo con un promedio de 13% de humedad.

Al finalizar la cosecha, se analizaron las siguientes variables fenológicas: días a floración, se tomó contando el número de días a partir de la siembra hasta que el 50% de las plantas estuvieran con sus botones florales abiertos; días a madurez fisiológica, se hizo visualmente observando las plantas hasta que el 50% de ellas obtuvieran un cambio de color en las vainas de verde a blanco hueso característico de la madurez fisiológica y altura de planta, midiendo la planta desde la base del suelo hasta la rama más alta, esta medición se realizó en diez plantas tomadas al azar del área cosechada. Además se analizó las variables de rendimiento: Kg/ha, se extrapoló de acuerdo a rendimiento de las plantas cosechadas/5m²; número de plantas en 5m², se tomó contando las plantas que se cosecharon en el área útil, y se contaron solamente las que tenían al menos una vaina; número de vainas por planta, se contaron las vainas de 10 plantas tomadas completamente al azar de cada parcela; número de granos por vainas, se contaron los granos de 20 vainas seleccionadas al azar; peso de 100 semillas, se homogenizó una muestra de grano obtenida del área útil, y se procedió a pesar 100 semillas en gramos. Se utilizó el programa "Statistical Analysis System" SAS® para el análisis de los datos de campo obtenidos del ensayo, a partir de estos se obtuvieron los indicadores estadísticos básicos, como ser probabilidades, R² y separaciones de medias.

Se realizó un análisis económico, donde se obtuvieron los costos de producción y se estableció un precio de venta de frijol para semilla, haciendo énfasis en los costos diferenciales provocados por los tratamientos. A raíz de que varios de los costos como ser maquinaria y mano de obra se estima que son elevados para este estudio se creó un escenario según lo presupuestado, para poder obtener una mejor visión de los efectos económicos de los tratamientos, bajo un sistema normal.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variabes fenológicas. El análisis estadístico de estas variables (Cuadro 3), reveló que las aplicaciones foliares no tuvieron ninguna influencia significativa ($P \leq 0.20$) sobre las variables fenológicas que se midieron, que fueron: días a floración, días a madurez fisiológica y altura de planta, lo que significa que ningún tratamiento fue mejor que el otro, o que el cultivo se comportó de forma normal sin importar el tratamiento aplicado. Esto indica que se pueden hacer aplicaciones foliares y edáficas, y no se tendrán diferencias en la fenología de las plantas.

Los días a floración no mostraron diferencia significativa ($P \leq 0.20$), ya que el promedio de todos los tratamientos fue muy similar, y estos días estuvieron comprendidos entre el día 39 y 41 después de siembra, y su media fue de 39.75 días, siendo el comportamiento normal de esta característica entre 35 y 40 días de la variedad, se podría decir que esta variable no fue afectada por factores de manejo. Su coeficiente de variación fue de 4.07%, lo cual nos indica un buen manejo del ensayo. Los días a madurez fisiológica y la altura de planta, tampoco mostraron diferencias significativas, y se comportaron dentro del rango de la variedad que es de 70 a 75 días a madurez fisiológica. Además se observa un ajuste bajo al modelo, a pesar de que el ensayo tuvo un bajo coeficiente de variación para estas variables de 1.34% y 13.87 respectivamente.

Las fertilizaciones foliares provocaron daños al follaje, principalmente amarillamiento y quemado debido a las condiciones de estrés hídrico que presentaban las plantas al momento de la aplicación, lo que afectó la altura de planta, ya que a pesar de no haber diferencias significativas estadísticamente, se observaron diferencias aritméticas en esta variable, entre los promedios de los dos primeros tratamientos que son fertilizaciones edáficas y los demás que son fertilizaciones foliares. Estas condiciones de daños al área foliar pudieron provocar las diferencias en el rendimiento y en el ensayo en general. Cabe resaltar que las alturas obtenidas en el ensayo fueron muy bajas en relación a la altura promedio de la variedad que es de 50 cm, esto se debió posiblemente a la irregularidad de riego, provocando estrés temporales sobretodo en la parte más alta de los bloques.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos de fertilización foliar sobre la fenología del frijol, El Zamorano, Honduras, 2002.

Tratamientos	% de nitrógeno		Días a Floración	Días a madurez fisiológica	Altura de la planta (cm)
	Al suelo	Foliar			
1♠	100	0	40	72	26
2♣	100	0	40	72	27
3♦	50	50	40	71	24
4◊	50	50	40	71	26
5♦	25	75	41	71	23
6◊	25	75	40	72	22
7♦	50	50	40	72	25
8◊	50	50	39	72	25
9♦	25	75	39	70	21
10◊	25	75	40	72	25

♠= Fertilización según la ZECE, ♣= 2 fraccionamientos al suelo, ♦= 2 fraccionamientos foliares, ◊= 3 fraccionamientos foliares. Las variables contenidas en este cuadro no presentan diferencias significativas $P \leq 0.20$.

Rendimiento. Los tratamientos no tuvieron efectos significativos sobre el rendimiento ($P \leq 0.20$), sin embargo entre bloques si hubo una diferencia significativa ($P \leq 0.20$). Ver anexo 1. El coeficiente de variación para la variable rendimiento fue el mayor 47.92% lo que nos indica que de las variables tomadas fue la más afectada durante el ensayo, lo que implica un alto error experimental, y provocó diferencias en las parcelas las que fueron observadas visualmente. Además la frecuencia de riego en la etapa reproductiva no fue la apropiada, provocando estrés en esta etapa crítica. Cabe destacar que esto no se reflejó en el tamaño de grano.

Los tratamientos que mejor rendimiento obtuvieron fueron el 1 y 2, en los que no se aplicó nitrógeno foliarmente, sólo edáficamente, sin embargo no tuvieron ninguna diferencia significativa con respecto a los demás rendimientos. Los rendimientos más bajos fueron los del tratamiento 6 y 9 donde se aplicó el 75% del nitrógeno foliarmente, el primero con tres fraccionamientos a los 15, 30 y 45 días, y el segundo con dos fraccionamientos a los 20 y 40 días, pero sin mostrar diferencias significativas con los demás.

A pesar de la variabilidad visual de los datos provocada por el azar, estadísticamente se puede decir que cualquier tratamiento puede ser usado y estos no provocaran diferencias en los rendimientos.

Número de plantas en 5m². En promedio la población real obtenida fue de 150000 plantas/hectárea, siendo esta menor en un 25% a la población teórica de 200000 plantas/hectárea, que indica una germinación promedio de 75%. Entre los tratamientos no hubo diferencia significativa en el número de plantas.

Número de vainas por planta. Este fue el único de los componentes del rendimiento que presentó diferencia significativa ($P \leq 0.20$). Esta diferencia se da entre los tratamientos 1 y 2 que fueron aplicaciones edáficas, y el tratamiento 9 donde el 75% de nitrógeno fue aplicado

foliarmente, el cual fue casi duplicado en número de vainas por planta por los dos primeros tratamientos. Esta diferencia pudo haber sido provocada por daños provocados por el nitrógeno al follaje de la planta, debido al estrés hídrico que presentaban las mismas al momento de las aplicaciones foliares, esta diferencia se reflejó en el rendimiento. Pese a que no se observan diferencias significativas entre los rendimientos, se observó una diferencia aritmética entre estos, provocando posiblemente el bajo rendimiento del tratamiento 9.

El ajuste de los datos de vainas por planta al modelo es bajo (0.47), su coeficiente de variación es medio (29.29) que nos indica que el ensayo fue llevado de una forma confiable. En promedio de todos los tratamientos se obtuvieron 7.6 vainas por planta siendo el número más alto 9.6 correspondiente al tratamiento 1 que es el testigo (fertilización edáfica igual que la ZECE) y el valor más bajo fue el tratamiento 9 con 4.7 vainas por planta. Sin embargo los promedios obtenidos fueron bajos en comparación al promedio normal de la variedad de 29 vainas por planta.

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos de fertilización edáfica y foliar sobre el rendimiento y los componentes de rendimiento en frijol, El Zamorano, Honduras, 2002.

Tratamientos	% de nitrógeno		No de plantas en 5 m ²	No vainas por planta	No		Rendimiento (kg/ha)
	Al suelo	Foliar			granos por vaina	peso 100 semillas (gr)	
1♠	100	0	77	10 a	5.2	22	1718
2♣	100	0	74	9 a	5.0	21	1437
3♦	50	50	66	8 ab	4.1	21	863
4◇	50	50	68	9 ab	4.4	22	1148
5♦	25	75	71	7 ab	4.4	21	1064
6◇	25	75	58	5 ab	4.4	20	694
7♦	50	50	77	7 ab	4.8	20	1152
8◇	50	50	70	8 ab	5.0	21	1180
9♦	25	75	73	5 b	4.3	20	694
10◇	25	75	76	8 ab	4.9	21	1159

♠= Fertilización según la ZECE, ♣= 2 fraccionamientos al suelo, ♦= 2 fraccionamientos foliares, ◇= 3 fraccionamientos foliares. Promedios seguidos con letras diferentes en cada columna tienen diferencia significativa $P \leq 0.20$.

Número de granos por vaina. El ajuste de estos datos al modelo fue muy bajo $R^2 = 0.38$ sin embargo su coeficiente de variación también fue bajo lo que indica un manejo del ensayo confiable, además no hubo ninguna diferencia significativa entre los diferentes tratamientos. El promedio de granos por vaina del ensayo fue de 4.64, bajo comparado con el promedio normal que es de 6 granos por vaina.

Peso de 100 semillas. Este componente del rendimiento no tuvo diferencias significativas, el coeficiente de variación obtenido fue muy bajo, un poco mayor a 5%, y su $R^2 = 0.30$ nos

indica que estos datos no se ajustaron al modelo. El promedio de 21 gramos por 100 semillas se encuentra dentro del rango de peso de la variedad que es de 21-23 g.

Función ajustada del rendimiento. Esta función se determinó a través de una regresión para determinar las variables que afectan significativamente el rendimiento.

La ecuación de regresión que mejor se ajustó fue

$$\text{Rend.}(Y) = -1666.17(B_0) + 12.97(X_1) + 139.79(X_2) + 171.82(X_3)$$

$X_1 = \# \text{plantas}/5\text{m}^2$

$X_2 = \# \text{vainas}/\text{planta}$

$X_3 = \text{granos}/\text{vaina}$

Esta indica que para este ensayo las variables # de plantas/5m², # de vainas/planta y # de granos/vaina, son las que determinan el rendimiento.

Análisis económico. En el cuadro 5 se muestran las rentabilidades obtenidas a partir de un análisis económico. Los resultados indicaron que sólo los tratamientos 1 y 2 tuvieron rentabilidad positiva, los demás fueron negativos lo cual se podría explicar por el alto costo de mano de obra y de maquinaria en que se incurrió en el ensayo. La mano de obra es elevada porque la siembra y las dos deshierbas se hicieron manuales, y se utilizó mucha maquinaria en la preparación del terreno ya que se encontraba en malas condiciones.

Se creó un escenario, para ajustar los costos a condiciones normales del cultivo y no los gastos extraordinarios en que se incurrió (Cuadro 6). Nos damos cuenta que utilizando los costos como de maquinaria y mano de obra según lo presupuestado, los tratamientos más rentables serían los tratamientos 1 y 2, siendo estos los de fertilización únicamente edáfica, además tratamientos 4, 5, 7 y 8 que son aplicaciones foliares con urea y nitrato de amonio, por otra parte el tratamiento que más pérdida refleja es el tratamiento 9. Estos resultados son un reflejo de los rendimientos y el costo de los fertilizantes foliares y su aplicación. Como se ha venido explicando estos pudieron haber sido afectados por varios factores.

Cabe destacar que el escenario se creó debido a que varios costos son demasiado elevados en este ensayo, como ser: maquinaria y mano de obra, debido a las condiciones difíciles y anormales que presentó el terreno, y a un incremento de la mano de obra por la siembra y las deshierbas manuales. El costo de riego, se estima es muy elevado. En el escenario se consideró los costos según lo presupuestado, en lo que se refiere a maquinaria, además aparece la siembra y la primera deshierba de forma mecánica reduciendo los costos de mano de obra.

Cabe resaltar que los costos por unidad de nitrógeno son más altos con la solución urea nitrato de amonio (262 lbs/kg de N) que con urea que es de 7.65 lbs/kg de N, lo cual se refleja en un incremento considerable de los insumos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Estado de resultados real de los tratamientos en la producción de frijol, El Zamorano, Honduras, 2002.

CONCEPTO	COSTO POR HECTAREA EN LEMPIRAS									
	trat 1	trat 2	trat 3	trat 4	trat 5	trat 6	trat 7	trat 8	trat 9	trat 10
Insumos	1883	1883	1883	1883	1927	1927	4304	4304	5585	5585
% costo total	12%	12%	12%	12%	12%	12%	23%	23%	28%	28%
Maquinaria y equipo	6732	6732	6732	6732	6732	6732	6732	6732	6732	6732
% costo total	42%	42%	42%	41%	41%	41%	36%	36%	34%	34%
Mano de obra	5279	5279	5319	5359	5319	5359	5319	5359	5319	5359
% costo total	33%	33%	33%	33%	33%	33%	29%	29%	27%	27%
Costos Indirectos	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248
% costo total	14%	14%	14%	14%	14%	14%	12%	12%	11%	11%
COSTOS DIRECTOS	13894	13894	13934	13974	13978	14018	16355	16395	17636	17676
COSTOS INDIRECT	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248
COSTO TOTAL	16142	16142	16182	16222	16226	16266	18603	18643	19884	19924
PRECIO SEMILLA/kg	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
PRODUCCIÓN	1718	1437	863	1148	1064	694	1152	1180	694	1159
INGRESO BRUTO	24052	20118	12082	16072	14896	9716	16128	16520	9716	16226
INGRESO NETO	7910	3976	-4100	-150	-1330	-6550	-2475	-2123	-10168	-3698
RENTABILIDAD (%)	49	25	-25	-1	-8	-40	-13	-11	-51	-19

Los números sombreados corresponden a los costos diferenciales.

Cuadro 6. Estado de resultados según escenario presupuestado en la producción de frijol, El Zamorano, Honduras, 2002.

CONCEPTO	COSTO POR HECTAREA EN LEMPIRAS									
	trat 1	trat 2	trat 3	trat 4	trat 5	trat 6	trat 7	trat 8	trat 9	trat 10
Insumos	1883	1883	1883	1883	1927	1927	4304	4304	5585	5585
% costo total	14%	15%	15%	15%	15%	15%	28%	28%	34%	33%
Maquinaria y equipo	6361	6126								
% costo total	48%	48%	47%	47%	47%	47%	40%	40%	37%	37%
Mano de obra	2639	2639	2679	2719	2679	2719	2679	2719	2679	2719
% costo total	20%	20%	21%	21%	21%	21%	17%	18%	16%	16%
Costos Indirectos	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248
COSTOS DIRECTOS	10883	10648	10688	10728	10732	10772	13109	13149	14390	14430
COSTOS INDIRECT	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2248
COSTO TOTAL	13131	12896	12936	12976	12980	13020	15357	15397	16638	16678
PRECIO SEMILLA/kg	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
PRODUCCION	1718	1437	863	1148	1064	694	1152	1180	694	1159
INGRESO BRUTO	24052	20118	12082	16072	14896	9716	16128	16520	9716	16226
INGRESO NETO	10921	7222	-854	3096	1916	-3304	771	1123	-6922	-452

RENTABILIDAD . 83 56 -7 24 15 -25 5 7 -42 -3

Los números sombreados corresponden a los costos diferenciales.

4. CONCLUSIONES

- Las aplicaciones foliares no provocaron ningún cambio fenológico en el cultivo. En general las características fenológicas se comportaron de forma normal en todos los tratamientos comparados con lo estipulado para la variedad.
- Algunas aplicaciones foliares con nitrógeno provocaron daños al follaje, principalmente amarillamiento y quemado.
- Las aplicaciones foliares no mostraron ningún efecto significativo en el rendimiento, ni en los componentes del mismo, sin embargo sí presentaron diferencias aritméticas que se deben tomar en cuenta, ya que las aplicaciones edáficas presentaron mejores resultados que las foliares.
- Los fraccionamientos de las aplicaciones no mostraron ninguna ventaja como se ha teorizado en vista de la mejor eficiencia de uso del nitrógeno en los momentos críticos del cultivo.
- La fertilización edáfica tradicional utilizada por la ZECE, mostró diferencias aritméticas en rendimiento y sus componentes comparadas con los tratamientos de fertilización foliar debido al azar, sin embargo estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. El único de los componentes de rendimiento que mostró diferencias significativas entre tratamientos fue el número de vainas por planta, en el cual se observó que las aplicaciones edáficas superaron significativamente a uno de los tratamientos de fertilización foliar con 75% de nitrógeno con solución urea nitrato de amonio.
- Las fertilizaciones con urea y con la solución urea nitrato de amonio funcionan de igual forma en cuanto a características fenológicas y de rendimiento se refiere, siendo el mayor problema el elevado costo de la solución urea nitrato de amonio, lo que la hace menos económica que la urea.
- En este ensayo, sólo los tratamientos 1 y 2 que corresponden a fertilizaciones edáficas resultaron ser económicamente rentable. Los tratamientos en los que se aplicó solución urea nitrato de amonio, resultaron menos rentables debido al alto costo de esta.

5. RECOMENDACIONES

- Continuar con esta experimentación en las dos épocas del año, postrera y verano, controlando de mejor manera factores como el riego y el control de malezas, que pueden enmascarar verdaderos efectos.
- Realizar futuras aplicaciones foliares durante las horas de la mañana para evitar el estrés hídrico, o después de regar el cultivo, con esto nos aseguraremos de no causar daño al follaje de las plantas.
- Continuar probando con otros ensayos de este tipo al no se lograr definir el mejor fraccionamiento de las fertilizaciones foliares por lo que se tiene que tratando de manejar de mejor manera factores como el riego, para que no influya en los resultados, además medir mediante análisis foliares el estado nutricional del cultivo durante el ensayo.
- Utilizar como fuente de nitrógeno en fertilizaciones foliares en fríjol urea, ya que es más económica que la solución urea nitrato de amonio.
- Seguir evaluando la fertilización foliar, ya que puede ser la más importante alternativa con que cuenta Zamorano para mejorar el manejo de los suelos, y suplir más eficientemente los requerimientos de nitrógeno del cultivo.
- Validar este ensayo en un área más grande, siendo lo ideal que se haga directamente en el pivote central, y con un menor número de tratamientos eliminando los tratamientos con aplicaciones de nitrato de amonio, ya que su costo es elevado, para analizar realmente la eficiencia de este tipo de fertilización en un sistema de riego real, y no con aplicaciones con bombas de mochila como se realizó el ensayo.
- Definir frecuencia de utilización determinando niveles de nitrógeno en el suelo antes y después del ensayo.

6. LITERATURA CITADA

Baligar, V. C.; Duncan, R. R. 1991. Crops as enhancers of nutrients use. Academic Press, Inc. San Diego. 574p.

Black, C. A. 1993. Soil fertility evaluation and control: Soil testing and lime requirement. Iowa. USA. Lewis Publishers. 731p.

Burbano, L.; Erazo, A.; Orozco, M.; Garcés, E. 1990. Efecto de la fertilización nitrogenada en la incidencia de *Fusarium oxysporum*, f. Sp. *Dianthi* y *Heterodera trifolii* G. En clavel. *Agronomía Colombiana*. 7: 61-69.

Castillo, M. 2001. Evaluación de alternativas de fertilización foliar con macronutrientes en maíz. Proyecto Especial del Programa de Ingeniería Agronómica. Zamorano. Honduras. 47p.

Díaz, F.; Laing, D. 1983. Efecto de la fertilización foliar en el rendimiento y el contenido de carbohidratos, nitrógeno, fósforo y potasio en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Agronomía Tropical*. 34(1-3): 167-187. (en línea). Consultado el 15 abr 2002. Disponible en http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v34_1-3/v343a013.html.

Escalante, A.; Rodríguez, M.; Escalante, E. 1999. Efecto del nitrógeno en la producción y abscisión de órganos reproductivos en frijol. *Agronomía Mesoamericana* 10(1): 47-53.

GRUPO AGRIMARTIN. 1999. Fertilizantes Foliare. (en línea). Consultado el 15 abr 2002. Disponible en <http://www.agrimartin.com/3.htm>

Harder, H.J.; Carlson R. E.; Shaw, R. H. 1982. Leaf photosynthetic response to foliar fertilizers applied to corn plants during grain fill. *Agronomy Journal* 74: 759-761.

Infoagro, 2002. Guía del cultivo del frijol. (en línea). Consultado el 2 abr 2002. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/tecnologia/frijol.html>

Océano. 2000. Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería. Barcelona, España. 1028p.

Rosas, J.C. 1998. El Cultivo del frijol Común en América Tropical. Zamorano, Honduras. Zamorano Academic Press. 52p.

S: ANDO Y CIA. 2002. Consideraciones Generales. (en línea). Consultado el 10 abr 2002.
Disponible en http://www.usuarios.arnet.com.ar/bimar/_private/consngen.htm

7. ANEXOS

ANEXO 1. Significancia de los resultados estadísticos

Niveles de significancia para las variables de rendimiento con coeficientes de variación y determinación.

Fuentes de Variación	Rendimiento (kg/ha)	No. plantas en 5m ²	No. de vainas por planta	No. de granos por vaina
Bloque	0.1469	0.5532	0.1201	0.1151
Tratamiento	0.2343	0.7595	0.0812	0.395
CV%	47.92	20.42	29.29	15.74
R ²	0.41	0.22	0.47	0.38

Niveles de significancia para las variables de rendimiento con coeficientes de variación y determinación.

Fuentes de Variación	Días a Floración	Días a madurez fisiológica	Altura de la planta (cm)
Bloque	0.8844	0.0334	0.2206
Tratamiento	0.9339	0.2261	0.4017
CV%	4.07	1.34	13.87
R ²	0.13	0.46	0.35

ANEXO 2. Determinación de la función de producción

2002 136

The SAS System

09:23 Wednesday, May 1,

The GLM Procedure

Dependent Variable: rend

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	11955391.84	3985130.61	153.95	<.0001
Error	36	931887.60	25885.77		
Corrected Total	39	12887279.44			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	rend Mean
0.927689	14.48246	160.8905	1110.934

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
nplt	1	5962796.908	5962796.908	230.35	<.0001
vaiplt	1	5567316.103	5567316.103	215.07	<.0001
granvai	1	425278.828	425278.828	16.43	0.0003

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
nplt	1	943408.275	943408.275	36.45	<.0001
vaiplt	1	2992288.293	2992288.293	115.60	<.0001
granvai	1	425278.828	425278.828	16.43	0.0003

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	-1666.175791	178.5076375	-9.33	<.0001
nplt	12.975270	2.1493002	6.04	<.0001
vaiplt	139.792594	13.0020839	10.75	<.0001
granvai	171.822482	42.3909963	4.05	0.0003

$\text{REND} = -1666.17 + 12.97(\text{NPLANTAS}) + 139.8 (\text{VPLANTA}) + 171.82(\text{GRANOS POR VAINA})$

ANEXO 3. Costos de producción por tratamiento por hectárea.

COSTO POR HECTAREA EN LEMPIRAS										
CONCEPTO	trat 1	trat 2	trat 3	trat 4	trat 5	trat 6	trat 7	trat 8	trat 9	trat 10
Semilla	980	980	980	980	980	980	980	980	980	980
Tratador de semillas	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
Urea	300	300	300	300	338	338	75	75	0	0
18-46-0	450	450	450	450	360	360	450	450	360	360
0-46-0	0	0	0	0	96	96	0	0	96	96
Nitrato de amonio	0	0	0	0	0	0	2646	2646	3996	3996
Insumos	1883	1883	1883	1883	1927	1927	4304	4304	5585	5585
% costo total	12%	12%	12%	12%	12%	12%	23%	23%	28%	28%
Maquinaria y equipo										
Rastreada	909	909	909	909	909	909	909	909	909	909
Cincelada	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325
Arada	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292
Sembradora (vacía)	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
Riego	5120	5120	5120	5120	5120	5120	5120	5120	5120	5120
Maquinaria y equipo	6732									
% costo total	42%	42%	42%	41%	41%	41%	36%	36%	34%	34%
Mano de obra										
Siembra	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
1 deshierba	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040
2 deshierba	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040
Aplicación fertilizantes	533	533	573	613	573	613	573	613	573	613
Cosecha	1066	1066	1066	1066	1066	1066	1066	1066	1066	1066
Mano de obra	5279	5279	5319	5359	5319	5359	5319	5359	5319	5359
% costo total	33%	33%	33%	33%	33%	33%	29%	29%	27%	27%
Costos Indirectos	2248									
% costo total	14%	14%	14%	14%	14%	14%	12%	12%	11%	11%
COSTOS DIRECTOS	13894	13894	13934	13974	13978	14018	16355	16395	17636	17676
COSTOS INDIRECTOS	2248									
COSTO TOTAL	16142	16142	16182	16222	16226	16266	18603	18643	19884	19924
PRECIO/kg	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
PRODUCCION	1718	1437	863	1148	1064	694	1152	1180	694	1159
INGRESO BRUTO	24052	20118	12082	16072	14896	9716	16128	16520	9716	16226
INGRESO NETO	7910	3976	-4100	-150	-1330	-6550	-2475	-2123	-10168	-3698
RENTABILIDAD (%)	49	25	-25	-1	-8	-40	-13	-11	-51	-19

Los números marcados con color gris corresponden a los costos diferenciales.

ANEXO 4. Estado de resultados según escenario presupuestado en la producción de frijól, El Zamorano, Honduras, 2002.

COSTO POR HECTAREA EN LEMPIRAS										
CONCEPTO	trat 1	trat 2	trat 3	trat 4	trat 5	trat 6	trat 7	trat 8	trat 9	trat 10
Semilla	980	980	980	980	980	980	980	980	980	980
Tratador de semillas	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
Urea	300	300	300	300	338	338	75	75	0	0
18-46-0	450	450	450	450	360	360	450	450	360	360
0-46-0	0	0	0	0	96	96	0	0	96	96
Nitrato de amonio	0	0	0	0	0	0	2646	2646	3996	3996
Insumos	1883	1883	1883	1883	1927	1927	4304	4304	5585	5585
% costo total	14%	15%	15%	15%	15%	15%	28%	28%	34%	33%
Maquinaria y equipo										
Rastreada	303	303	303	303	303	303	303	303	303	303
Cincelada	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325
Arada	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292
Siembra	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
Riego	5120	5120	5120	5120	5120	5120	5120	5120	5120	5120
Cultivada	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235
Maquinaria y equipo	6361	6126								
% costo total	48%	48%	47%	47%	47%	47%	40%	40%	37%	37%
Mano de obra										
2 deshierba	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040
Aplicación fertilizantes	533	533	573	613	573	613	573	613	573	613
Cosecha	1066	1066	1066	1066	1066	1066	1066	1066	1066	1066
Mano de obra	2639	2639	2679	2719	2679	2719	2679	2719	2679	2719
% costo total	20%	20%	21%	21%	21%	21%	17%	18%	16%	16%
Costos indirectos	2248									
COSTOS DIRECTOS	10883	10648	10688	10728	10732	10772	13109	13149	14390	14430
COSTOS INDIRECTOS	2248									
COSTO TOTAL	13131	12896	12936	12976	12980	13020	15357	15397	16638	16678
PRECIO/kg	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
PRODUCCIÓN	1718	1437	863	1148	1064	694	1152	1180	694	1159
INGRESO BRUTO	24052	20118	12082	16072	14896	9716	16128	16520	9716	16226
INGRESO NETO	10921	7222	-854	3096	1916	-3304	771	1123	-6922	-452
RENTABILIDAD	83	56	-7	24	15	-25	5	7	-42	-3

Los números marcados con color gris corresponden a los costos diferenciales.