

TÍTULO

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA BIOLÓGICA DEL PRODUCTO “Nano-Gro™”, FERTILIZANTE VEGETAL ORGÁNICO, EN APLICACIÓN A LA SEMILLA EN PRESIEMBRA Y FOLIAR EN EL CULTIVO DE FRIJOL EN LA REGIÓN TROPICAL DE VERACRUZ, MÉXICO.

2. LABORATORIO DE PRUEBA

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

3. OBJETIVOS

Determinar la eficiencia biológica del producto Nano-Gro en aplicación a la semilla en presiembra y foliar, en el cultivo de frijol. **Nano-Gro™** es un fertilizante agrícola inorgánico.

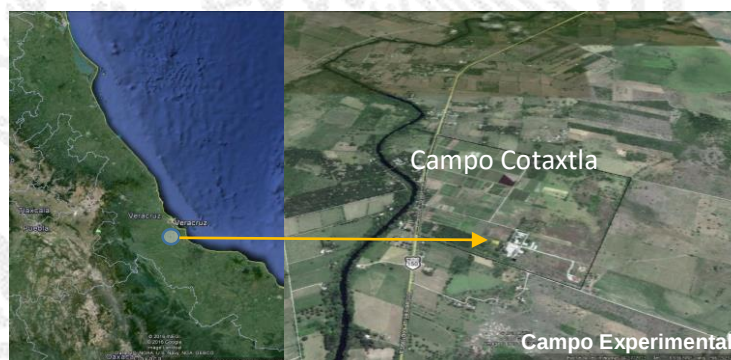
4. No. DE EXPERIMENTOS: Uno.

5. FECHA DE INICIO DEL EXPERIMENTO: 5 de octubre de 2017.

6. FECHA DE TERMINACIÓN DEL EXPERIMENTO EN CAMPO: 31 de enero de 2018

7. UBICACIÓN Y CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DONDE SE EFECTUARÁ EL ESTUDIO

El experimento se establecerá en un invernadero tropical ubicado en el Campo Experimental Cotaxtla, en la Esmeralda, Municipio de Medellín de Bravo, ver, km 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba, con coordenadas 18°56′09.96″ N y 96°11′42.32″W.



8. FORMULACIÓN DEL PRODUCTO “NANO GRO”

Nombre comercial: Nano-Gro

Cuadro 1. Formulación de Nano-Gro.

Compuesto	Composición química
Sulfuro de Fe	2.48×10^{-9} % por pellet
Sulfato de Co	2.48×10^{-9} % por pellet
Sulfato de Al	2.48×10^{-9} % por pellet
Sulfato de Ni	2.48×10^{-9} % por pellet
Sulfato de Mn	2.48×10^{-9} % por pellet
Sulfato de Mg	2.48×10^{-9} % por pellet
Sulfato de Ag	2.48×10^{-9} % por pellet
Azúcar grado farmacéutico	99.99 % por pellet

9. CULTIVO

El cultivo de prueba es frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Negro Comapa, con hábito de crecimiento indeterminado y erecto, planta arbustiva tipo II, con guías medianas, grano negro, opaco y pequeño. La floración ocurre entre los 43 y 45 días en siembras de temporal y humedad residual y llega a la madurez fisiológica entre los 70 y 75 días. La altura del dosel es de alrededor de 44 cm. apto para siembra en lugares con suelos que presentan buen drenaje y con lluvias de 700 a 1200 mm anuales (Estados de San Luis Potosí, Chiapas, Guerrero y Veracruz). En suelos vertisoles y fluvisoles de la planicie Huasteca (Oriente de San Luis Potosí, Norte de Veracruz y Sur de Tamaulipas); regiones que presentan condiciones similares de clima y suelo.

10. PARÁMETROS DE MEDICIÓN

- Biomasa de raíz
- Días a floración
- Altura de plantas.
- Diagnostico nutrimental foliar.
- Biomasa de hoja indicadora.
- Materia seca de planta completa.
- Rendimiento de grano.
- Fitotoxicidad.
-

11. APLICACIÓN DEL PRODUCTO.

A) Aplicación a la semilla en presembrado: Se diluye una cápsula del producto Nano-Gro en 5 litros de agua por cada 10 kilos de semilla, lo que hace 3 capsulas del producto en 15 litros de agua para tratar 30 kilos de semilla por hectárea. Se remojan las semillas por 40 segundos, se dejan orear a que sequen a la sombra y se procede a la siembra.

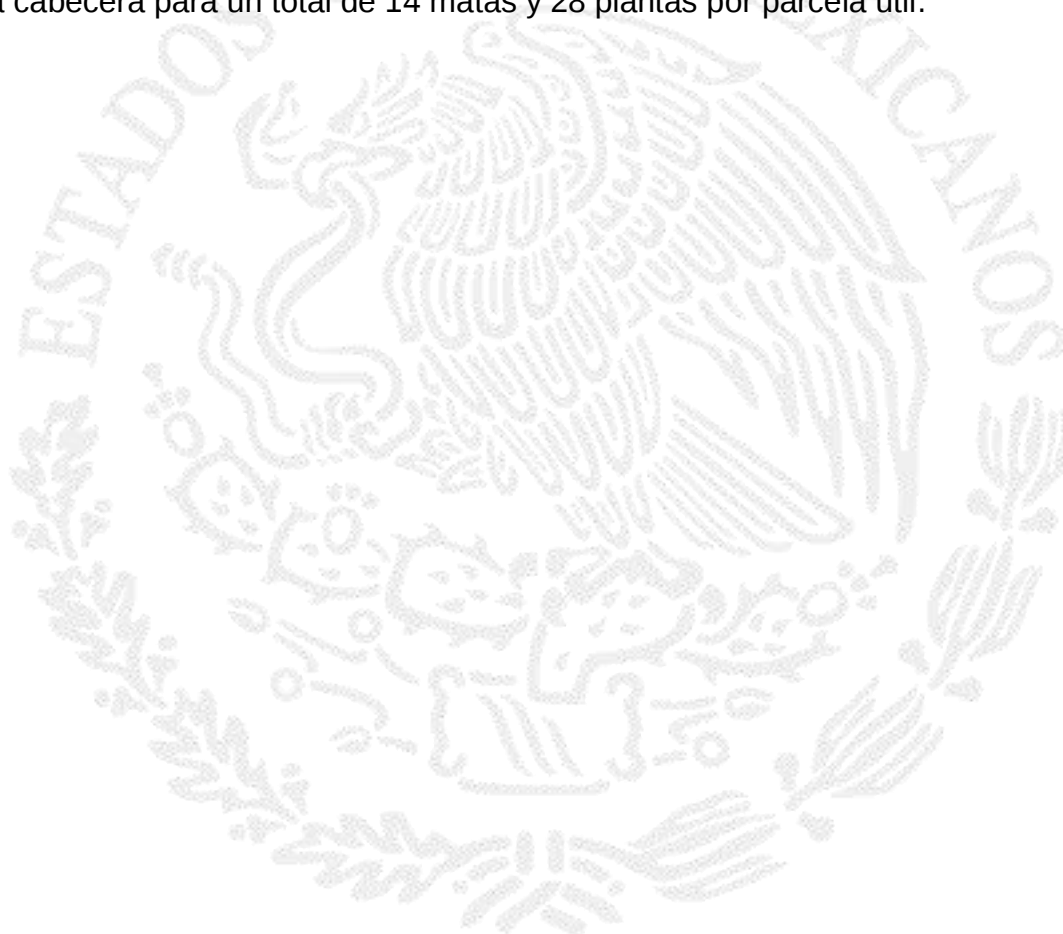
B) Aplicación foliar: Se realizará una aplicación foliar en etapa vegetativa 2-4 v, antes de la floración, para lo que se preparará una solución disolviendo 10 capsulas de Nano-Gro en 100 litros de agua por hectárea. Con esto se realiza una sola aplicación foliar en las primeras horas de la mañana, asegurándose que queden completamente cubiertas las plantas con esta solución.

12. DISEÑO EXPERIMENTAL

Bloques completos al azar con 8 tratamientos y cuatro repeticiones, para un total de 32 unidades experimentales.

13. TAMAÑO DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental estuvo conformada por una cama de 3 m de largo con siembra a doble hilera, con 0.60 m de separación entre hileras, 0.40 m de separación entre matas y 1.60 m de separación entre centros de cama. Como parcela útil se consideraron los 2 surcos de 2.0 m de largo, librando 0.50 m en cada cabecera para un total de 14 matas y 28 plantas por parcela útil.



14. TRATAMIENTOS

Cuadro 2. Tratamientos de aplicados en el experimento de evaluación de Nano-Gro en frijol.

N° TRAT.	TRATAMIENTO	APLICACIÓN A LA SEMILLA	APLICACIÓN AL SUELO N-P-K	APLICACIÓN FOLIAR
1	Testigo	0	00-00-00	
2	Testigo	0	00-00-00	Nano Gro
3	Tratamiento a la semilla	Nano Gro	00-00-00	0
4	Tratamiento a la semilla	Nano Gro	00-00-00	Nano Gro
5	Testigo F.Q. (50-40-00)	0	50-40-00	0
6	Testigo F.Q. (50-40-00)	0	50-40-00	Nano Gro
7	Tratamiento a la semilla	Nano Gro	50-40-00	0
8	Tratamiento a la semilla	Nano	50-40-00	Nano Gro

15. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES INVERNADERO

Figura 1. Distribución de Tratamientos en invernadero.

RI 1		RII 2		RIII 5		RIV 4
RI 2		RII 7		RIII 8		RIV 7
RI 3		RII 6		RIII 2		RIV 3
RI 4		RII 3		RIII 4		RIV 1
RI 5		RII 8		RIII 7		RIV 8
RI 6		RII 5		RIII 6		RIV5
RI 7		RII 4		RIII 3		RIV 2
RI 8		RII 1		RIII 1		RIV 6

16. VARIABLES DE RESPUESTA.

- a) Biomasa de raíz. Al inicio de la floración. Estimación en dos plantas por repetición, para un total de 8 plantas por tratamiento y repetición.
- b) Días a floración. Se toma cuando está abierta la primera flor en el 50% de las plantas del cultivo, se ha iniciado la etapa 6, cuando la primera flor está abierta corresponde al primer botón formado
- c) Altura de plantas. A la madurez fisiológica, Medida desde la base de la planta hasta la hoja bandera; 20 plantas por tratamiento y repetición.
- d) Diagnostico nutrimental foliar al inicio de floración. (Muestreo de 10 plantas por tratamiento y repetición (hoja más recientemente madura extendida).
- e) Biomasa de hoja indicadora al inicio de floración. Peso seco de Muestra para el diagnóstico nutrimental (hoja más recientemente madura extendida).
- f) Materia seca de planta completa a la madurez fisiológica. Muestreo de plantas completas en 3 metros lineales de dos surcos centrales, por tratamiento y repetición.
- g) Rendimiento total de vainas. Peso de vainas de 2 surcos centrales de 2.0 m de largo 4 surcos centrales de 4 metros de largo, con estimación de plantas cosechadas para corregir rendimiento por población.
- h) Fitotoxicidad. Con el fin de determinar si el producto ejerce algún efecto fitotóxico sobre el cultivo de frijol, se evaluará cualquier sintomatología anormal de las plantas, flores y frutos con respecto a las observadas en el testigo absoluto, usando los valores de la escala EWRS (European Weed Research Society).

Cuadro 3. Escala logarítmica de toxicidad la EWRS (Burril et al., 1977).

Valor	Efecto sobre el cultivo	% de Fitotoxicidad al cultivo
1	Sin efecto	0.0-1.0
2	Síntomas muy ligeros	1.0-3.5
3	Síntomas ligeros	3.5-7.0
4	Síntomas que no se reflejan en el rendimiento	7.0-12.5
Límite de aceptabilidad		
5	Daño medio	12.5-20.0
6	Daño elevado	20.0-30.0
7	Daño muy elevado	30.0-50.0
8	Daño severo	50.0-99.0
9	Muerte completa	99.0-100.0

17. MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se efectuarán análisis de varianza para un diseño experimental de bloques completos al azar para cada una de las variables de respuesta estimadas. Para las variables que muestren significancia estadística entre tratamientos, se realizara una Prueba de Tukey (0.05) para determinar los mejores tratamientos.

18. CALENDARIO DE ACTIVIDADES

Cuadro 4. Calendario de actividades

ACTIVIDAD	2017			2018
	Oct	Nov	Dic	Enero
Prep. Suelo				
Muestreo de suelo				
Siembra	x			
Control malezas	x	x		
Fertilización	x			
Control Plagas	x	x		
Aplicación Tratamientos	x	x		
Muestreo vegetal	x		x	
Toma de datos	x	x	x	
Análisis químico de muestras			x	
Cosecha			x	
Escritura de informe técnico			x	x
Entrega de informe técnico				x

RESULTADOS.

a) Biomasa de raíz.

La primera fase de evaluación fue el peso de raíz completa, en el cuadro 1 se indican los resultados obtenidos por tratamiento y repetición. Se obtuvieron valores en un intervalos de 0.21 1 0.41 gramos por planta (Cuadro 5)

Cuadro 5. Biomasa de raíz (g/planta) en muestreo al inicio de la floración.

TRAT.	Descripción Tratamiento	RI	RII	RII	RIV	Promedio
1	Testigo absoluto	0.23	0.21	0.18	0.2	0.21
2	Nano-Gro foliar	0.15	0.16	0.2	0.31	0.21
3	Nano-Gro a la semilla	0.37	0.38	0.51	0.37	0.41
4	Nano-Gro a la semilla + Foliar	0.28	0.19	0.26	0.27	0.25
5	Fert. Quím. (50-40-00)	0.25	0.31	0.31	0.33	0.30
6	Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro foliar	0.37	0.35	0.36	0.33	0.35
7	Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla	0.39	0.34	0.41	0.42	0.39
8	Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar	0.29	0.29	0.33	0.38	0.32

Como se observa en el Cuadro 5, el peso más alto fue para T3 seguido por T7 y T6. El análisis de varianza (Cuadro 6), muestra que hay diferencia altamente significativa entre los tratamientos ($p>0.05$), lo que nos indica que si hubo respuesta a la aplicación de Nano-Gro.

Cuadro 6. Análisis de varianza para biomasa de raíz.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F tablas	F calculada
Tratamientos	7	0.17335	0.024764	13.75	0.000**
Repeticiones	3	0.01241	0.004136	2.30	0.107
Error	21	0.03782	0.001801		
Total	31	0.22357			

Para determinar los mejores tratamientos se realizó la prueba de Tukey (Cuadro 7).

Cuadro 7. Prueba de Tukey (0.05) para medias de Peso de raíz ((g/planta), con los 8 tratamientos aplicados.

Tratamiento	Clase por Tukey (0.05)
T3 Nano-Gro a la semilla	0.4075 A
T7 Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla	0.3900 A B
T6 Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro foliar	0.3525 A B C
T8 Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar	0.3225 A B C
T5 Fert. Quím. (50-40-00)	0.3000 B C
T4 Nano-Gro a la semilla + Foliar	0.2500 C D
T2 Nano-Gro foliar	0.2050 D
T1 Testigo absoluto	0.2050 D

En el cuadro 7, es notorio que T3 con Nano-Gro a la semilla tuvo el más alto peso de raíz, seguido por T7 a base de fertilización química y Nano-gro a la semilla, aunque son estadísticamente iguales a T6 y T8, observándose que en ambos casos el tratamiento de Nano-Gro a la semilla fue el más alto en cuanto peso de raíz. El tratamiento más bajo fue el testigo absoluto.

b) Días a floración.

Esta variable también fue estimada para determinar si hay efecto del Nano-gro. En el Cuadro 8 se muestran los resultados obtenidos, se obtuvieron valores de 45 a 47.75 días. Con el análisis de varianza (Cuadro 9) encontró diferencia altamente significativa entre tratamientos ($p > 0.05$).

Cuadro 8. Días a floración con los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Repeticiones (Días)				Promedio
	R1	R2	R3	R4	
1. Testigo absoluto	48	48	48	47	47.75
2. Nano-Gro foliar	46	45	45	45	45.25
3. Nano-Gro a la semilla	47	47	48	47	47.25
4. Nano-Gro a la semilla + Foliar	47	46	45	47	46.25
5. Fert. Quím. (50-40-00)	46	45	46	45	45.5
6. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro foliar	47	47	48	48	47.5
7. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla	46	47	48	47	47
8. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar	45	45	45	45	45

Cuadro 9. Análisis de varianza para días a floración.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F tablas	F calculada
Tratamientos	7	32.8750	4.6964	11.78	0.000 **
Repeticiones	3	0.6250	0.2083	0.52	0.672 N.S.
Error	21	8.3750	0.3988		
Total	31	41.8750			

Como se observa en el cuadro 8, de manera general se obtuvieron valores de 45 a 47.75 días a la floración entre todos los tratamientos, con una diferencia de 2.75 días entre el tratamiento con más días a floración T1 (Testigo) y T8 (Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar) que tuvo el menor tiempo. Aunque para esta variable la mayor ventaja es para el tratamiento con el menor tiempo a floración, por lo que el mejor tratamiento fue T8 (F.Q. + Nano-Gro a la semilla y foliar), seguido por T2 (Nano-Gro foliar), seguidos por T5 (Fertilización química) y T4 (Nano-gro a la semilla + foliar). Aunque estadísticamente no hubo diferencia significativa entre este grupo de tratamientos (Clase C), si fueron superiores estadísticamente al testigo por su menor tiempo a floración, como se observa en el Cuadro 10 en la Prueba de Tukey.

Cuadro 10. Prueba de Tukey para días a floración.

Tratamiento	Clase por Tukey (0.05)
T1 Testigo absoluto	47.75 A
T6 Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro foliar	47.50 A B
T3 Nano-Gro a la semilla	47.25 A B
T7 Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla	47.00 A B
T4 Nano-Gro a la semilla + Foliar	46.25 B C
T5 Fert. Quím. (50-40-00)	45.50 C
T2 Nano-Gro foliar	45.25 C
T8 Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar	45.00 C

c). Altura de plantas la madurez fisiológica.

Esta variable (Cuadro 11) mostro valores de 2.44 a 2.68 m, lo que fue sorprendente, ya que la altura promedio de las plantas de frijol cultivado a cielo abierto es de 0.44 m, sin embargo las condiciones del medio de crecimiento producido por el invernadero favorecieron este desarrollo, aunque el análisis de varianza (Cuadro 12) no mostro significancia entre tratamientos, lo que nos indica que no hubo efecto de Nano-Gro sobre esta variable, lo que posiblemente ocurrió por el gran desarrollo en general de todas las plantas.

Cuadro 11. Altura de plantas a la madurez fisiológica.

Tratamiento	1	2	3	4	Promedio
1. Testigo absoluto	2.28	2.44	2.52	2.51	2.44
2. Nano-Gro foliar	2.89	2.70	2.52	2.28	2.60
3. Nano-Gro a la semilla	2.65	2.87	2.62	2.38	2.63
4. Nano-Gro a la semilla + Foliar	2.64	2.73	3.02	2.10	2.62
5. Fert. Quím. (50-40-00)	2.88	2.65	2.57	2.64	2.68
6. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro foliar	2.83	2.85	2.52	2.24	2.61
7. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla	2.63	2.41	2.46	2.40	2.47
8. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar	2.98	2.32	2.51	2.54	2.59

Cuadro 12. Análisis de varianza para altura de plantas a la madurez fisiológica

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F tablas	F calculada
Tratamientos	7	0.9735	0.13908	1.67	0.172 N.S.
Repeticiones	3	0.5411	0.13527	1.63	0.206 N.S.
Error	21	1.6608	0.08304		
Total	31	3.1905			

d) Diagnostico nutrimental foliar al inicio de floración.

Los resultados del análisis de nutrientes en hojas (Cuadro 13) nos muestran niveles Bajos de N en todos los tratamientos (1.90 a 2.52 % de N total) a excepción del T3 con aplicación de Nano-Gro a la semilla, el que muestra contenido Normal de N total con 3.40 % de N total en base seca.

En cuanto al contenido de P, en todos los tratamientos se obtuvieron valores considerados como Normales (0.33-0.42%), no mostrando diferencia entre tratamientos, por clasificación nutrimental.

El contenido de K foliar mostro resultados sin una tendencia clara para esta variable, ya que hubo mucha variación entre tratamientos, posiblemente favorecido por la variación entre plantas, ya que aún se tenía un desarrollo irregular de plantas al momento del muestreo, favorecido también posiblemente porque este nutriente tiene alta movilidad dentro de las plantas, y presenta contenidos algo más bajos de lo normal, sin que esto sea indicador de deficiencia, ya que los estándares de clasificación nutrimental son generales para frijol y no específicos para la variedad utilizada, además de que

visualmente las plantas no mostraron síntomas de deficiencia de potasio ni de algún otro nutriente durante todo el desarrollo de la planta.

Cuadro 13. Contenido nutrimental en hojas recientemente maduras, muestreadas al inicio de floración.

Tratamiento	% en Materia seca					ppm en materia seca			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
1. Testigo absoluto	2.52	0.33	2.36	1.05	0.35	81	9.1	5	15
2. Nano-Gro foliar	2.18	0.38	1.60	1.10	0.35	69	7.3	7	12
3. Nano-Gro a la semilla	3.40	0.42	1.72	1.25	0.35	69	7.4	8	11
4. Nano-Gro a la semilla + Foliar	2.40	0.36	2.28	1.05	0.30	67	8.5	7	13
5. Fert. Quím. (50-40-00)	2.25	0.44	2.92	1.05	0.30	77	8.3	10	14
6. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro foliar	1.90	0.39	2.60	1.15	0.30	77	8.0	5	14
7. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla	2.05	0.36	2.28	1.10	0.35	78	8.5	5	14
8. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar	2.38	0.33	1.76	1.05	0.30	77	7.0	2	12
Nivel optimo	3.0-6.0	0.3-0.7	2.0-4.0	1.0-3.0	0.35-1.0	50-200	8 - 30	35- 60	50-100

Indicador de colores: Normal, Bajo

El contenido de Ca mostro valores dentro del intervalo considerado normal (1.05-1.15 %) sin mucha variabilidad entre valores, considerándose que no hubo efecto de tratamientos sobre la clasificación nutrimental de los valores obtenidos.

En cuanto al Mg, se obtuvieron valores en un intervalo de 0.30 a 0.35% con poca variabilidad entre los valores, aunque T4, T5, T6 y T8 mostraron valores ligeramente más bajos que el contenido considerado normal, pero sin mostrar alguna tendencia entre tratamientos tanto con fertilización química, como con Nano-Gro.

El contenido de Fe mostro valores en un intervalo de 67 a 81 ppm, pero dentro de la clasificación agronómica considerada como normal.

Respecto al contenido de Cu, se obtuvieron valores en un intervalo de 7.0 a 9.1 ppm, con T2, T3 y T8 ligeramente más bajos que el intervalo considerado normal. Pero no se observó una tendencia marcada hacia alguno de los tratamientos

El nutriente Zn, tuvo valores desde 2 a 10 ppm, aunque todos los tratamientos se encuentran dentro de la clasificación agronómica considerada como Bajo, sin mostrar una tendencia hacia algún tratamiento.

El nutriente manganeso mostro valores muy debajo de los valores considerados normales, aunque todos los tratamientos mostraron este comportamiento, no habiéndose observado una tendencia hacia algún tratamiento en especial

Para el caso de los micronutrientes se aplicó un fertilizante foliar para corregir su deficiencia y que esto no interfiriera con la respuesta a los tratamientos aplicados.

e) Biomasa de hoja indicadora al inicio de floración.

Se obtuvieron valores de 0.18 g para el testigo a 0.38 g/hoja para T3 (Cuadro 14). El análisis de varianza mostro diferencias altamente significativas entre tratamientos (Cuadro 15)

Cuadro 14. Biomasa de hojas muestreadas a la floración (g/hoja)

Tratamiento	RI	RII	RIII	RIV	Promedio
1. Testigo absoluto	0.14	0.19	0.18	0.20	0.18
2. Nano-Gro foliar	0.15	0.16	0.17	0.31	0.20
3. Nano-Gro a la semilla	0.37	0.38	0.39	0.37	0.38
4. Nano-Gro a la semilla + Foliar	0.34	0.19	0.26	0.27	0.27
5. Fert. Quím. (50-40-00)	0.25	0.31	0.31	0.25	0.28
6. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro foliar	0.37	0.35	0.36	0.27	0.34
7. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla	0.39	0.14	0.41	0.42	0.34
8. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar	0.29	0.31	0.33	0.26	0.30

Cuadro 15. Análisis de varianza para biomasa de hojas muestreadas a la floración.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F tablas	F calculada
Tratamientos	7	0.13650	0.019500	4.73	0.003**
Repeticiones	3	0.01056	0.003520	0.85	0.480 N.S.
Error	21	0.08652	0.004120		
Total	31	0.23357			

La prueba de Tukey para biomasa de hojas (Cuadro 16) nos muestra como mejor a T3 (Nano-Gro a la semilla), con una diferencia de 0.20 g/hoja sobre el testigo absoluto, lo que representa un incremento del 48%, seguido por T7 (Nano-Gro a la semilla con fertilización química 50-40-00 con incremento de 0.16 g/hoja, lo que representa un 41.18% de incremento sobre el testigo. En esta misma clase están T6, T8, T5 y T4 combinados con fertilización química, sin diferencia estadística entre ellos por clase (Clase A) en la Prueba de Tukey; los tratamientos más bajos fueron T1 (testigo, T2 (Nano-Gro a la semilla y T4 (Nano-gro semilla + foliar), todos estos sin fertilización química.

Cuadro 16. Prueba de Tukey para biomasa de hojas a la floración.

Tratamiento	Clase por Tukey (0.05)
3. Nano-Gro a la semilla	0.38 A
7. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla	0.34 A B
6. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro foliar	0.34 A B
8. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar	0.30 A B C
5. Fert. Quím. (50-40-00)	0.28 A B C
4. Nano-Gro a la semilla + Foliar	0.27 A B C
2. Nano-Gro foliar	0.20 B C
1. Testigo absoluto	0.18 C

f) Materia seca de plantas a la madurez fisiológica.

Se obtuvieron valores de 95.32 g/planta para el Testigo a 239.10 g/planta para T7 (Cuadro 17).

Cuadro 17. Materia seca de plantas a la madurez fisiológica.

Tratamiento	RI	RII	RIII	RIV	Promedio
1. Testigo absoluto	141.20	137.60	172.60	207.80	164.80
2. Nano-Gro foliar	87.80	93.00	152.80	207.90	135.38
3. Nano-Gro a la semilla	250.10	242.30	206.70	242.40	235.38
4. Nano-Gro a la semilla + Foliar	83.80	100.10	89.70	107.70	95.33
5. Fert. Quím. (50-40-00)	95.70	169.80	86.40	197.10	137.25
6. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro foliar	152.80	134.30	203.70	277.60	192.1
7. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla	216.90	210.10	261.30	268.20	239.13
8. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar	103.10	204.80	176.40	148.8	158.28

El análisis de varianza para esta variable resulto altamente significativo (Cuadro 14), lo que indica que hubo respuesta en esta variable a los tratamientos aplicados. Aunque también se encontró diferencia altamente significativa entre repeticiones, posiblemente favorecida por la gran variabilidad entre plantas que se observa de manera general en las plantas de frijol.

Cuadro 18. Análisis de varianza para biomasa de plantas a la madurez fisiológica.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F tablas	F calculada
Tratamientos	7	70209	10030	8.19	0.000 **
Repeticiones	3	18184	6061	4.95	0.009**
Error	21	25706	1224		
Total	31	114099			

La prueba de Tukey para materia seca de planta (Cuadro 15) nos indica que el mejor tratamiento fue T7 (Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla) con 239.13 g/planta, seguido por T3 (Nano-Gro a la semilla), aunque resultan iguales estadísticamente a T6,

T1 (testigo) y T8 (Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar). Aunque en este caso también T7 y T3 fueron los mejores en cuanto al valor más alto de biomasa.

Cuadro 19. Prueba de Tukey para biomasa de plantas (Hojas + tallos) a la madurez fisiológica.

Tratamiento	Clase por Tukey (0.05)
7. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla	239.13 A
3. Nano-Gro a la semilla	235.38 A B
6. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro foliar	192.1 A B C
1. Testigo absoluto	164.8 A B C
8. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar	158.3 A B C
5. Fert. Quím. (50-40-00)	137.3 B C
2. Nano-Gro foliar	135.4 B C
4. Nano-Gro a la semilla + Foliar	95.32 C

g) Numero de granos y vainas por planta.

Para la variable número de granos por vaina (Cuadro 20) se obtuvieron valores promedio de 4.6 a 5.9 granos por vaina, con el mayor valor para T2 (Nano-Gro foliar), T1 (Testigo absoluto) y T4, T6, sin una tendencia clara entre tratamientos, por lo que el análisis de varianza no fue estadísticamente significativo (Cuadro 21) y se puede considerar que no hubo efecto de los tratamientos sobre esta variable.

Cuadro 20. Numero de granos por vaina.

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	Promedio
1. Testigo absoluto	5.4	6.3	5	5.1	5.5
2. Nano-Gro foliar	5.3	7	6.1	5.1	5.9
3. Nano-Gro a la semilla	5.1	5	4.6	3.5	4.6
4. Nano-Gro a la semilla + Foliar	6.4	4.7	5.4	5.1	5.4
5. Fert. Quím. (50-40-00)	5.1	4.3	5.4	4	4.7
6. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro foliar	4.9	6.3	5.2	5	5.4
7. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla	4.7	5.2	4.56	5.8	5.1
8. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar	4.5	5.2	5	4.4	4.8

Cuadro 21. Análisis de varianza para número de granos por vaina.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F tablas	F calculada
Tratamientos	7	5.713	0.8162	2.10	0.089 N.S.
Repeticiones	3	2.265	0.7549	1.94	0.154 N.S.
Error	21	8.167	0.3889		
Total	31	16.145			

En cuanto al número de vainas por planta, (Cuadro 22), se obtuvieron valores de 49.85 a 71 vainas por planta, obteniéndose el mayor número de vainas para el tratamiento 7 (Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla), aunque no hubo diferencia estadística entre los tratamientos (Cuadro 23), por lo que se considera no hubo efecto de los tratamientos sobre esta variable. Aunque resulta notable que T7 (Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla) mostro el valor más alto, como ha ocurrido con otras variables anteriormente discutidas.

Cuadro 22. Numero de vainas por planta.

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	Promedio
1. Testigo absoluto	52.2	43	67	75.4	59.4
2. Nano-Gro foliar	113	42.4	69.2	48.2	68.2
3. Nano-Gro a la semilla	76.6	63.4	65	55.8	65.2
4. Nano-Gro a la semilla + Foliar	62.4	57.4	37.2	42.4	49.85
5. Fert. Quím. (50-40-00)	79.8	94.2	50.8	59	70.95
6. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro foliar	74	65.6	52.6	48.4	60.15
7. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla	125	43.6	71.6	43.8	71.0
8. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar	70.4	80	43	54.2	61.9

Cuadro 23. Análisis de varianza para número de vainas por planta

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F tablas	F calculada
Tratamientos	7	1414	202.0	0.58	0.766 N.S.
Repeticiones	3	3833	1277.7	3.66	0.029*
Error	21	7335	349.3		
Total	31	12581			

h). Rendimiento de grano.

Se obtuvieron rendimientos de 1451.8 a 2119.7 kg/ha de grano (Cuadro 24), el cual se puede considerar alto para frijol negro en el trópico, pero que fue favorecido por el buen desarrollo de plantas en condiciones de invernadero.

Cuadro 24. Rendimiento de grano en kg/ha al ajustado al 14 % de humedad

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	Promedio
1. Testigo absoluto	1603.2	1567.5	1567.5	1389.4	1531.9
2. Nano-Gro foliar	1531.9	1389.4	1567.5	1318.2	1451.8
3. Nano-Gro a la semilla	1995.0	2173.2	2066.3	1923.7	2039.5
4. Nano-Gro a la semilla + Foliar	2137.5	1924.1	1888.2	1745.7	1923.9
5. Fert. Quím. (50-40-00)	1745.7	1745.7	1959.4	1460.7	1727.9
6. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro foliar	1888.2	2458.0	1816.9	1888.2	2012.8
7. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla	1995.0	2458.2	2101.9	1923.8	2119.7
8. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar	1745.7	1745.7	1710.0	2101.9	1825.8

El análisis de varianza (Cuadro 25) resulto altamente significativo entre tratamientos, aunque también entre repeticiones, favorecido posiblemente por la gran variabilidad que se tiene entre las plantas, como se ha mencionado anteriormente.

Cuadro 25. Análisis de varianza para rendimiento de grano en Kg/ha ajustado al 14 % de humedad

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F tablas	F calculada
Tratamientos	7	1337680	191097	7.82	0.000**
Repeticiones	3	447697	149232	6.11	0.004**
Error	21	513118	24434		
Total	31	2298496			

Al comparar los rendimientos de grano mediante la prueba de Tukey (Cuadro 26), el rendimiento más alto se obtuvo con T7 (Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla), seguido por T3 (Nano-Gro a la semilla), y estos tratamientos en que se aplicó Nano-Gro a la semilla tanto solo como combinado con fertilización química, también han sido los más altos con otras de las variables estudiadas en esta evaluación, aunque en este caso son

estadísticamente iguales por clase al resto de los tratamientos (T6, T4, T8, T5), a excepción de T1 (Testigo) y T2 (Nano-Gro foliar) que fueron los más bajos.

Cuadro 26. Prueba de Tukey para rendimiento de grano en kg/ha, ajustado al 14 % de humedad.

Tratamiento	Clase por Tukey (0.05)
7. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla	2119.7 A
3. Nano-Gro a la semilla	2039.5 A
6. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro foliar	2013.0 A
4. Nano-Gro a la semilla + Foliar	1923.9 A B
8. Fert. Quím. (50-40-00) + Nano-Gro semilla + foliar	1825.8 A B C
5. Fert. Quím. (50-40-00)	1728.0 A B C
1. Testigo absoluto	1531.9 B C
2. Nano-Gro foliar	1451.8 C

h) Fitotoxicidad.

No se observaron síntomas de toxicidad atribuibles a los tratamientos de Nano-Gro, durante el desarrollo de las plantas ni en el periodo posterior a su aplicación foliar (Cuadro 27), por lo que puede considerarse que no hay efecto toxico visual a Nano-Gro, tanto aplicado a la semilla como en aplicación foliar, y se considera Aceptable, de acuerdo a la Tabla de Limites de Aceptabilidad del Cuadro 22.

Cuadro 27. Efecto de toxicidad a las aplicaciones de Nano-Gro a las aplicaciones de Nano-Gro a la semilla y foliar.

Valor	Efecto sobre el cultivo	% de Fitotoxicidad al cultivo
1	Sin efecto	0.00
2	Síntomas muy ligeros	0.00
3	Síntomas ligeros	0.00
4	Síntomas que no se reflejan en el rendimiento	0.00
Límite de aceptabilidad		
5	Daño medio	12.5-20.0
6	Daño elevado	20.0-30.0

7	Daño muy elevado	30.0-50.0
8	Daño severo	50.0-99.0
9	Muerte completa	99.0-100.0

Conclusiones.

1. Hubo efecto positivo de Nano-Gro sobre el desarrollo de raíz, al inducir a una mayor biomasa. Resultando más alto el tratamiento T3 con aplicación de Nano-Gro a la semilla y T7 con aplicación de Nano-Gro a la semilla combinado con fertilización química (50-40-00).
2. En días a floración se obtuvo respuesta altamente significativa con el tratamiento T8 de Nano-Gro aplicado a la semilla y foliar, combinado con fertilización química, con 2.75 días de diferencia en comparación al testigo.
3. La variable altura de planta mostro valores de 2.44 a 2.68 m para los diferentes tratamientos, estimulado por las condiciones del cultivo en invernadero, pero no se observó respuesta significativa a los tratamientos aplicados.
4. En el diagnostico nutrimental realizado en muestreos de hojas a la floración hubo contenido Bajo de N en todos los tratamientos (1.90 a 2.52 % de N total) a excepción del T3 en que se aplicó Nano-Gro a la semilla, que mostro un contenido Normal de N total con 3.40 % de N total en base seca, el resto de los nutrientes P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn no mostraron respuesta a la aplicación de los tratamientos aplicados.
5. La variable biomasa de hoja indicadora muestreada a la floración, mostro diferencia altamente significativa entre tratamientos, mostrándose superiores los tratamientos T3 (Nano-Gro a la semilla), con una diferencia de 0.20 g/hoja sobre el testigo absoluto, lo que representa un incremento del 48%, seguido por T7 (Nano-Gro a la semilla con fertilización química 50-40-00 con incremento de 0.16 g/hoja, lo que representa un 41.18% de incremento sobre el testigo.
6. Materia seca de planta a la madurez fisiológica mostro respuesta positiva altamente significativa a los tratamientos aplicados, destacándose el tratamiento T7 (Fertilización Química. (50-40-00) + Nano-Gro semilla con 239.13 g/planta, superando al testigo T1 con 74.33 g/planta, aunque no hubo diferencia significativa entre estos de acuerdo a la prueba de Tukey ($p>0.05$) le siguió en segundo lugar T3 (Nano-Gro a la semilla).
7. Las variables número de granos por vaina y numero de vainas por planta no mostraron respuesta significativa a los tratamientos aplicados.
8. Rendimiento de grano mostro respuesta altamente significativa a los tratamientos aplicados con rendimientos de grano que variaron de 1451.8 a 2119.7 kg/ha. El rendimiento más alto se obtuvo con T7 (Fertilización Química. (50-40-00) + Nano-Gro semilla) con un rendimiento de 2119.7 kg/ha de grano, seguido por T3 (Nano-Gro a la semilla) con 2039.5 kg/ha de grano.

9. No se observaron síntomas de toxicidad en planta con la aplicación de Nano-Gro a la semilla ni con la aplicación foliar.
10. En general el mejor tratamiento de Nano-Gro fue cuando se aplica a la semilla y combinado con fertilización química.

Anexo 1. Narrativa fotográfica



Figura 1. Preparación de camas de siembra



Figura 2. Perforado de acolchado plástico



Figura 3. Desarrollo de plantas



Figura 4. Desarrollo de plantas



Figura 5. Maduración de vainas en T3.



Figura 6. Maduración de vainas en T5

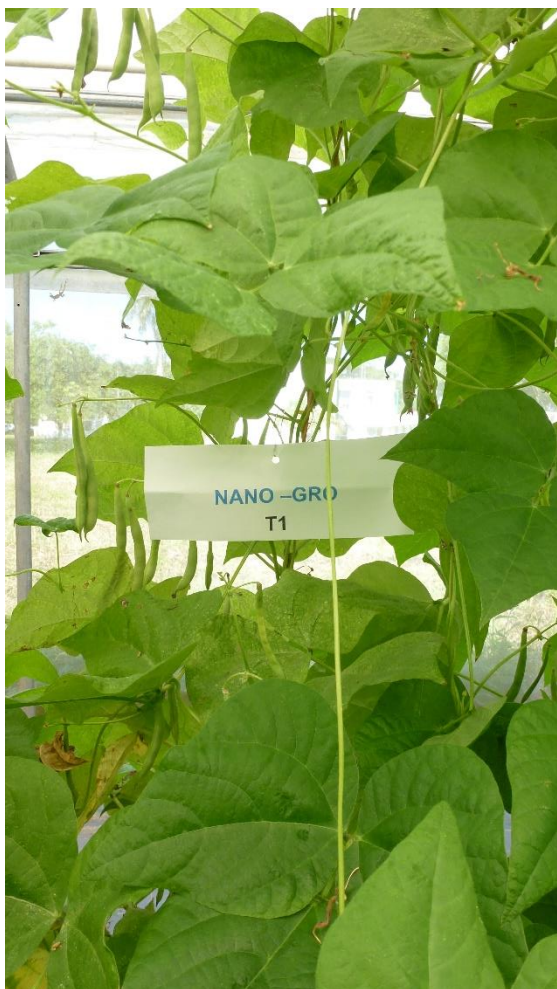


Figura 7. Maduración de vainas en Testigo T1



Figura 8. Maduración de vainas en T2



Figura 9. Maduración de vainas en T4



Figura 10. Maduración de vainas en T7



Figura 11. Maduración de vainas en T8