



**CONVENIO ORIUS BIOTECNOLOGÍA - CENICAFÉ  
DISCIPLINA DE FITOPATOLOGÍA**

**ÁNGELA MARÍA CASTRO TORO**

**INFORME ANUAL DE ACTIVIDADES  
OCTUBRE 2007 – SEPTIEMBRE 2008**

**CHINCHINÁ, CALDAS, OCTUBRE 2008**

# **EFFECTO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN EL CULTIVO DE CAFÉ**

## **RESUMEN**

En el efecto de la fertilización química y biológica en el cultivo de café, la información con un análisis de varianza y de contrastes ortogonales, mostró que en la tasa diaria de crecimiento de las plantas, en la variable altura, las dosis de fertilizante químico desde 352 Kg/ha/año de N, 147 Kg/ha/año de P y 386 Kg/ha/año de K (885 Kg/ha/año) hasta 88 Kg/ha/año de N, 37 Kg/ha/año de P y 96 Kg/ha/año de K (221 Kg/ha/año) y las dosis del fertilizante químico desde 198 Kg/ha/año de N, 74 Kg/ha/año de P y 194 Kg/ha/año de K (466 Kg/ha/año) hasta 30 Kg/ha/año de N, 13 Kg/ha/año de P y 33 Kg/ha/año de K (76 Kg/ha/año), aplicados en combinación con el insumo biológico BACTHON, presentaron diferencias estadísticas a favor de las plantas fertilizadas en relación con las plantas que no recibieron fertilización durante un ciclo productivo de 5 años. En el peso total de la planta, se presentaron diferencias estadísticas significativas entre las plantas no tratadas (2.950 g/planta) con las plantas fertilizadas con 885 Kg/ha/año y con las fertilizadas con 466 Kg/ha/año + el insumo biológico BACTHON (1.5 L/ha/año), registrando las plantas fertilizadas un peso promedio de 3.865 g y 4.046 g, respectivamente. En relación con la incidencia de la mancha de hierro en los frutos, al final del experimento, las plantas fertilizadas con 466 Kg/ha/año + el insumo biológico BACTHON (1.5 L/ha/año) presentaron el menor grado de enfermedad, detectándose diferencias estadísticas significativas al compararlas con las plantas que no recibieron la adición del fertilizante. En la variable producción, para la primera cosecha principal (año 2.004), las dosis del fertilizante químico desde 885 Kg/ha/año hasta 221 Kg/ha/año y las dosis del fertilizante químico desde 466 Kg/ha/año hasta 76 Kg/ha/año más el insumo biológico BACTHON desde 1.5 hasta 3.0 L/ha/año, no presentaron diferencias estadísticas con respecto a las plantas que no recibieron fertilización. En la segunda y tercera cosecha principal (años 2.005 y 2.006) las plantas fertilizadas con las dosis mencionadas anteriormente, tuvieron una mayor producción en comparación con las plantas no fertilizadas, presentando diferencias estadísticas significativas entre ellas, a excepción de la dosis de mayor reducción en los niveles de nutrimentos [76 Kg/ha/año + el insumo biológico BACTHON (3.0 L/ha/año)]. Estos resultados muestran que es posible reducir la dosis de fertilizantes simples con resultados productivos, y también que esta reducción de macroelementos acompañada de fertilizantes biológicos es una opción agronómica, económica y sostenible para la caficultura colombiana.

## **EXPERIMENTO PAT 1109**

### **RESPONSABLE:**

ANGELA MARÍA CASTRO TORO  
(Convenio ORIUS - CENICAFÉ)

### **LIDER:**

CARLOS A. RIVILLAS OSORIO  
Investigador Científico III  
Disciplina de Fitopatología

**COLABORADORES:**

Dra. ESTHER CECILIA MONTOYA R.

Investigadora Científica III

Disciplina de Biometría

**OBJETIVO GENERAL**

Uso de productos biológicos en el cultivo de café.

**OBJETIVO ESPECÍFICO**

Demostrar que el producto biológico BACTHON permite reducir la cantidad de fertilizante químico en plantas de café.

**RESULTADOS****SIEMBRA ORIGINAL**

En este experimento se evaluaron las variables de crecimiento (altura, número de cruces, ramas y hojas), presencia de Mancha de Hierro en frutos y la producción de café de un ciclo productivo. Al final del experimento también se evaluó la nutrición foliar de las plantas y el peso seco total de la planta. En el mes de Marzo de 2.007, se realizó la renovación por zoca del cultivo. En la actualidad, se continúa con la fertilización de las zocas, aplicando los mismos tratamientos que se evaluaron en la siembra original. Las evaluaciones de crecimiento y Mancha de Hierro del chupón definitivo, se iniciaron en el mes de Noviembre de 2.007, con intervalos de 4 meses entre evaluaciones.

Los tratamientos que se evaluaron, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Agrupación de tratamientos para análisis estadístico. Plan de fertilización de las plantas en etapa de crecimiento (años 2.002-2.003) y etapa productiva (años 2.004-2.006).

AÑO	GRUPO	DOSIS					NÚMERO DE APLICACIONES/AÑO	
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Total	BACTHON	Químico	BACTHON
		Kg/ha/año			Kg/ha/año	L/ha		
2.002 2.003	Fertilizante Químico (Tratamientos 1, 2, 3 y 4)	174	92	81	347	-	3	-
		128	69	60	257	-	3	-
		87	46	41	174	-	3	-
		44	23	20	87	-	3	-
	Fertilizante Químico + BACTHON (Tratamientos 5, 7 y 9)	86	46	42	174	1.5	2	1
		58	32	28	118	1.5	2	1
		59	25	65	149	1.5	2	1
	Fertilizante Químico + BACTHON (Tratamientos 6, 8 y 10)	43	23	21	87	3.0	1	2
		29	16	14	59	3.0	1	2
		15	8	7	30	3.0	1	2
	BACTHON (Tto 11)	-	-	-	-	4.5	-	3
	T. Absoluto (Tto 12)	-	-	-	-	-	-	-

<b>2.004</b> <b>2.006</b>	Fertilizante	352	147	386	885	-	3	-
	Químico	264	110	289	663	-	3	-
	(Tratamientos 1, 2, 3 y 4)	176	74	193	443	-	3	-
		88	37	96	221	-	3	-
	Fertilizante	198	74	194	466	1.5	2	1
	Químico +	118	50	130	298	1.5	2	1
	BACTHON	60	26	66	152	1.5	2	1
	(Tratamientos 5, 7 y 9)							
	Fertilizante	89	37	97	223	3.0	1	2
	Químico +	59	25	65	149	3.0	1	2
	BACTHON	30	13	33	76	3.0	1	2
	(Tratamientos 6, 8 y 10)							
	BACTHON (Tto 11)	-	-	-	-	4.5	-	3
	T. Absoluto (Tto 12)	-	-	-	-	-	-	-

Para el análisis de los resultados, se realizó análisis de varianza y contrastes ortogonales. Para ello, se conformaron 5 grupos de tratamientos, dispuestos de la siguiente manera:

- Grupo 1: Fertilización Química: Dosis desde 885 Kg/ha/año hasta 221 Kg/ha/año (Tratamientos 1, 2, 3 y 4).
- Grupo 2: Fertilización Química + insumo biológico BACTHON: Dosis desde 466 Kg/ha/año hasta 152 Kg/ha/año + insumo biológico BACTHON (1.5 L/ha/año) (Tratamientos 5, 7 y 9).
- Grupo 3: Fertilización Química + insumo biológico BACTHON: Dosis desde 223 Kg/ha/año hasta 76 Kg/ha/año + insumo biológico BACTHON (3.0 L/ha/año) (Tratamientos 6, 8 y 10).
- Grupo 4: Fertilización Biológica BACTHON (4.5 L/ha/año) (Tratamiento 11).
- Grupo 5: Testigo Absoluto: Plantas sin fertilizar (Tratamiento 12).

En la Tabla 2, se observa que en la tasa diaria de crecimiento de las plantas, en las variables altura, número de cruces, ramas y hojas, en el grupo de la fertilización química, todas las dosis presentaron diferencias estadísticas en relación con las plantas que no se fertilizaron.

En el grupo donde se aplicó el Fertilizante Químico + el insumo biológico BACTHON [(Dosis desde 466 Kg/ha/año hasta 152 Kg/ha/año + el insumo biológico (1.5 L/ha/año)], en la variable altura, todas las dosis presentaron diferencias estadísticas con el Testigo y para las demás variables número de cruces y hojas, solo la dosis compuesta por 198 Kg/ha/año de N, 74 Kg/ha/año de P y 194 Kg/ha/año de K (466 Kg/ha/año) + el producto biológico BACTHON (1.5 L/ha/año) presentó diferencias estadísticas con las plantas no fertilizadas.

Se considera que en la aplicación del Fertilizante Químico (466 Kg/ha/año) junto con el producto biológico BACTHON, que es hecho a base de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisae*), mejoró la asimilación del fertilizante en las plantas, y se vio reflejado en un mayor desarrollo de las mismas.

Estas bacterias tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, que contribuyen al nitrógeno de la planta, son inductoras de efectos hormonales que mejoran el crecimiento y metabolismo de la planta, incrementan el desarrollo jugando un papel importante en el sistema radical, provocando un aumento en la toma de minerales y agua y presenta la actividad nitrato reductasa bacteriana en la raíz, que incrementa la acumulación de nitrato en plantas inoculadas.

En el grupo donde se aplicó el Fertilizante Químico + el insumo biológico BACTHON [(Dosis desde 223 Kg/ha/año hasta 76 Kg/ha/año + insumo biológico (3.0 L/ha/año)], en la variable altura, las dosis 223 y 149 Kg/ha/año + el producto biológico (3.0 L/ha/año), presentaron diferencias a favor de ellas, al compararlas con las plantas que no recibieron la adición del fertilizante.

Tabla 2. Tasas diarias de crecimiento para las variables altura, número de cruces, ramas y hojas y error de estimación para las dosis de cada grupo.

GRUPO	DOSIS				ALTURA		CRUCES		RAMAS		HOJAS	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	BACT	X	EE	X	EE	X	EE	X	EE
	Kg/ha/año			L/ha								
Fertilizante Químico	352	147	386	-	0.137*	0.002	0.030*	0.0004	0.053*	0.0006	1.323*	0.089
	264	110	289	-	0.132*	0.002	0.029*	0.0007	0.051*	0.001	1.199	0.111
	176	74	193	-	0.128*	0.002	0.028	0.0006	0.048	0.001	1.149	0.056
	88	37	96	-	0.127*	0.005	0.029*	0.001	0.050*	0.002	1.080	0.045
Fertilizante Químico (2) + BACTHON (1)	198	74	194	1.5	0.131*	0.005	0.029*	0.0005	0.050	0.001	1.410*	0.063
	118	50	130	1.5	0.125*	0.004	0.027	0.0009	0.048	0.001	1.100	0.059
	60	26	66	1.5	0.122*	0.003	0.027	0.0006	0.045	0.002	0.961	0.065
Fertilizante Químico (1) + BACTHON (2)	89	37	97	3.0	0.124*	0.006	0.028	0.001	0.048	0.003	1.084	0.104
	59	25	65	3.0	0.132*	0.006	0.029	0.001	0.048	0.002	1.161	0.039
	30	13	33	3.0	0.113	0.006	0.025	0.001	0.043	0.004	1.090	0.078
BACTHON	-	-	-	4.5	0.103	0.003	0.024	0.001	0.040	0.003	0.900	0.078
Sin Fertilizantes (Testigo Absoluto)	-	-	-	-	0.102	0.008	0.024	0.002	0.041	0.004	0.945	0.121

\* Diferentes al promedio de Testigo Absoluto, según prueba de Dunnet al 5%.

Con el fin de entender y explicar mejor los resultados, en la Tabla 3, se muestra el estado inicial de las plantas a los 7 meses de establecidas en el campo, en donde se aprecia que todas las plantas empezaron con un crecimiento homogéneo, sin mostrar diferencias entre tratamientos en las 4 variables de crecimiento evaluadas.

Tabla 3. Variables de crecimiento y desarrollo en plantas de café (7 meses de establecidas en el campo). Julio de 2.002.

TTO	DOSIS				ALTURA (cm)	CRUCES (N°)	RAMAS (N°)	HOJAS (N°)
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	BACT				
	Kg/ha/año			L/ha				
Fertilizante Químico	352	147	386	-	55.5	10.8	12.4	89.5
	264	110	289	-	52.4	10.4	11.6	70.9
	176	74	193	-	49.6	9.7	11.6	80.3
	88	37	96	-	58.2	11.1	12.0	98.1
Fertilizante Químico (2) + BACTHON (1)	198	74	194	1.5	53.7	10.7	12.8	95.6
	118	50	130	1.5	49.6	9.9	12.2	88.7
	60	26	66	1.5	55.4	10.6	12.6	94.7

Fertilizante Químico (1) + BACTHON (2)	89	37	97	3.0	54.6	10.2	13.6	97.8
	59	25	65	3.0	53.8	10.4	12.1	75.0
	30	13	33	3.0	50.5	10.3	12.2	86.1
BACTHON	-	-	-	4.5	51.2	10.0	11.8	82.9
Testigo Absoluto	-	-	-		53.0	10.5	13.3	101.6

Con el mismo propósito de la Tabla 3, la Tabla 4, muestra el crecimiento y desarrollo de las plantas al final del experimento (5 años de establecidas en el campo). Es evidente que al aplicar la dosis compuesta por 352 Kg/ha/año de N, 147 Kg/ha/año de P y 386 Kg/ha/año de K (885 Kg/ha/año) y la dosis de 466 Kg/ha/año + el producto biológico BACTHON (1.5 L/ha/año), las plantas mostraron los mayores niveles de crecimiento en todas las variables evaluadas en relación con las plantas sin fertilizar. Las plantas a las cuales no se les adicionó fertilizantes y a las que solo se les aplicó el insumo biológico, tuvieron los valores más bajos en la altura, número de cruces, hojas y ramas de la planta.

Aplicar solo el insumo biológico BACTHON no es recomendable para obtener un mayor crecimiento de las plantas, ya que las bacterias necesitan de la presencia de los nutrimentos en el suelo, para cumplir con sus funciones y hacer que esos minerales sean de fácil asimilación por parte de las plantas.

Así mismo, la combinación del fertilizante químico con el insumo biológico BACTHON presenta mejoras en el crecimiento y desarrollo de las plantas, aspecto éste muy importante en la producción de café, ya que en el cafeto, la cosecha se produce casi en su totalidad en las ramas nuevas, por eso, a mayor número de ramas nuevas, mayor es la producción de café.

Tabla 4. Variables de crecimiento y desarrollo en plantas de café (final del experimento). Noviembre de 2.006.

TTO	DOSIS				ALTURA (cm)	CRUCES (Nº)	RAMAS (Nº)	HOJAS (Nº)
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	BACT				
	Kg/ha/año			L/ha				
Fertilizante Químico	352	147	386	-	255.6	52.0	85.7	1767.8
	264	110	289	-	236.8	48.5	79.0	1419.3
	176	74	193	-	235.0	47.6	79.0	1430.0
	88	37	96	-	244.8	50.4	82.8	1404.4
Fertilizante Químico (2) + BACTHON (1)	198	74	194	1.5	250.8	52.0	86.9	2037.6
	118	50	130	1.5	236.4	47.2	79.6	1614.6
	60	26	66	1.5	239.4	47.4	75.2	1526.3
Fertilizante Químico (1) + BACTHON (2)	89	37	97	3.0	237.6	47.6	80.2	1470.7
	59	25	65	3.0	244.4	47.7	76.9	1578.6
	30	13	33	3.0	221.6	44.9	74.3	1574.8
BACTHON	-	-	-	4.5	208.4	42.8	71.8	1380.3
Testigo Absoluto	-	-	-		207.2	44.8	74.0	1363.6

En las Figuras 1, 2 y 3, se presenta una relación entre la altura de las plantas de café con las diferentes dosis del fertilizante químico e insumo biológico aplicado. Al final del experimento fue evidente, que en el grupo donde solo se aplicó el fertilizante químico,

que la mayor altura de las plantas se obtuvo cuando se fertilizó con la dosis más alta (885 Kg/ha/año) (Figura 1).

En la Figura 2, se observa que al reducir el fertilizante a 446 Kg/ha/año + el insumo biológico BACTHON (1.5 L/ha/año) las plantas presentaron la mayor altura en comparación con las dosis 298 y 152 Kg/ha/año + el insumo biológico BACTHON (1.5 L/ha/año). En la Figura 3, se aprecia que reducir drásticamente el fertilizante químico [76 Kg/ha/año + el insumo biológico (3.0 L/ha/año)], causa un deterioro en el desarrollo de las plantas y muy seguramente también en la producción.

En la variable número de hojas, se registro un mayor número de hojas en la dosis más alta del fertilizante químico (885 Kg/ha/año) (Figura 4). Con la reducción del fertilizante químico [446 Kg/ha/año + el insumo biológico BACTHON (1.5 L/ha/año)] las plantas presentaron el mayor número de hojas en comparación con las demás dosis y el Testigo (Figura 5). Las hojas en las plantas juegan un papel importante, ya que la cantidad de ellas, está relacionada con la producción de café. Se estima que es necesario disponer, cinco meses antes de la maduración de la cosecha, de 18,5m<sup>2</sup> de hojas o de 7.400 hojas para producir cinco Kg de café cereza (un kilogramo de café pergamino seco).

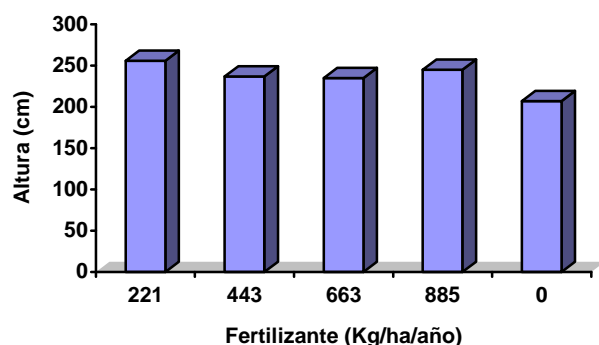


Figura 1. Altura de las plantas de café, con la aplicación de diferentes dosis de fertilizante químico (final del experimento).

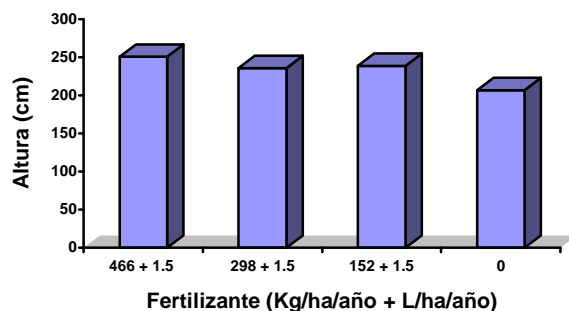


Figura 2. Altura de las plantas de café, con la aplicación de diferentes dosis de fertilizante químico + el insumo biológico (1.5 L/ha/año) (final del experimento).

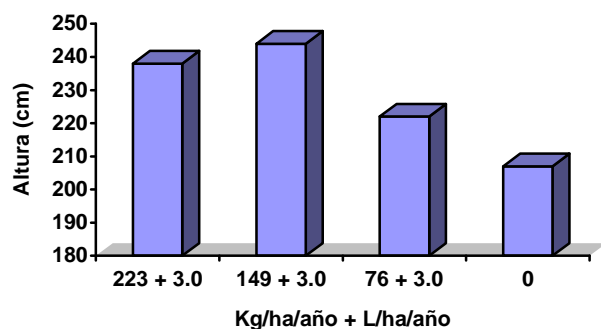


Figura 3. Altura de las plantas de café, con la aplicación de diferentes dosis de fertilizante químico + el insumo biológico (3.0 L/ha/año) (final del experimento).

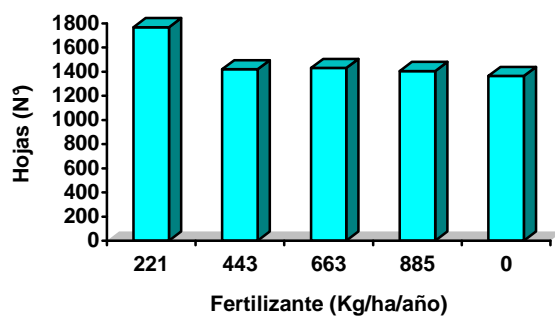


Figura 4. Número de hojas de plantas de café, con la aplicación de diferentes dosis de fertilizante químico (final del experimento).

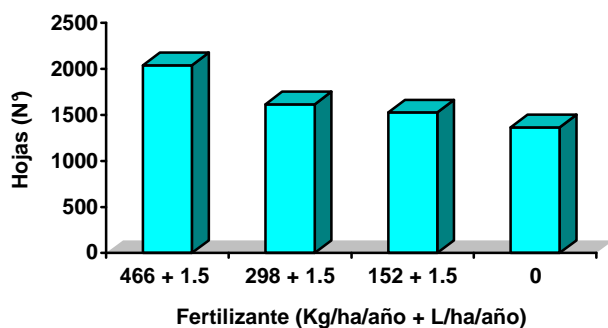


Figura 5. Número de hojas de plantas de café, con la aplicación de diferentes dosis de fertilizante químico + el insumo biológico BACTHON (1.5 L/ha/año) (final del experimento).



En la Tabla 5, se presenta el peso seco total de la planta, el cual es similar al obtenido en el crecimiento y desarrollo de las plantas, siendo las mismas dosis, 885 Kg/ha/año del fertilizante químico y 466 Kg/ha/año + el producto biológico BACTHON (1.5 L/ha/año), las que presentaron los mayores pesos de las plantas, mostrando diferencias estadísticas significativas a favor de ellas, al compararlas con las plantas sin fertilizar.

Tabla 5. Promedio del Peso total (12 plantas) y error de estimación para las dosis de cada grupo.

GRUPO	DOSIS				X	E.E
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	BACT		
	Kg/ha/año			L/ha		
Fertilizante Químico	352	147	386	-	3865.3*	190.0
	264	110	289	-	4024.2*	296.1
	176	74	193	-	3551.5	119.4
	88	37	96	-	3668.8	248.1
Fertilizante Químico (2) + BACTHON (1)	198	74	194	1.5	4046.0*	334.2
	118	50	130	1.5	3279.9	531.0
	60	26	66	1.5	3574.7	287.2
Fertilizante Químico (1) + BACTHON (2)	89	37	97	3.0	2854.1	587.0
	59	25	65	3.0	3817.9	307.6
	30	13	33	3.0	3415.2	423.8
BACTHON	-	-	-	4.5	3241.9	240.2
Sin Fertilizantes (Testigo Absoluto)	-	-	-	-	2950.4	175.9

\*Diferentes al promedio de testigo absoluto, según prueba de Dunnet al 5%.

Con respecto a la Mancha de Hierro en los frutos, se presenta la información obtenida al inicio, intermedio y final del experimento. Es evidente que a medida que transcurrió el tiempo, la incidencia de la enfermedad aumentó en todas las dosis de cada grupo de tratamientos.

A medida que las plantas envejecen y producen varias cosechas, hay una gran demanda de nutrimentos, presentándose a la vez, un deterioro en ellas, lo que hace que sean más susceptibles al ataque de hongos como *Cercospora coffeicola*. En este experimento, en la última evaluación realizada, la incidencia de la Mancha de Hierro en frutos fue la más alta en comparación con las demás evaluaciones.

Todas las dosis presentaron niveles altos de la enfermedad, a excepción de la dosis de 466 Kg/ha/año del fertilizante químico + el producto biológico BACTHON (1.5 L/ha/año), que presentó diferencias estadísticas significativas con las plantas no fertilizadas (Tabla 6). Con la dosis de 466 Kg/ha/año del fertilizante químico + el biológico BACTHON (1.5 L/ha/año) las plantas presentaron un mayor crecimiento, debido posiblemente a la mejor asimilación de nutrientes por parte de la planta, aspecto que también se vio reflejado en la presencia de mancha de hierro en los frutos, ya que esta enfermedad está relacionada con la nutrición de las plantas, y a una mayor y balanceada nutrición menor es el grado de mancha de hierro

Tabla 6. Promedio de mancha de hierro en frutos de café (12 plantas) y error de estimación para las dosis de cada grupo, en diferentes períodos del experimento.

GRUPO	DOSIS				INCIDENCIA (%) DE LA MANCHA DE HIERRO EN FRUTOS									
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	BACT	Jul/03		Nov/04		Nov/05		Mar/06		Nov/06	
	Kg/ha/año			L/ha	χ	E.E	χ	E.E	χ	E.E	χ	E.E	χ	E.E
Fertilizante Químico	352	147	386	-	0.9*	2.0	4.9	3.8	11.3	6.2	8.9	4.2	21.1	2.0
	264	110	289	-	1.9	3.6	3.8	3.5	11.1	5.7	8.2	4.0	22.5	3.6
	176	74	193	-	1.3*	0.9	8.0	6.9	12.6	7.4	7.2	3.8	22.7	6.2
	88	37	96	-	1.3*	0.6	8.6	4.6	19.7	11.2	8.4	3.9	35.9	2.8
Fertilizante Químico (2)	198	74	194	1.5	1.0*	0.8	7.1	5.1	11.1	8.0	2.0	0.9	5.4*	0.8
+ BACTHON (1)	118	50	130	1.5	1.5*	3.3	4.4	3.3	11.8	7.4	6.3	2.7	23.0	3.3
	60	26	66	1.5	1.4*	3.7	4.3	3.6	18.0	8.2	6.7	3.3	26.9	3.7
Fertilizante Químico (1)	89	37	97	3.0	1.6	3.8	5.3	4.3	10.8	7.2	2.9	1.3	17.2	3.8
+ BACTHON (2)	59	25	65	3.0	1.9	2.8	7.4	5.7	9.8	6.1	7.2	4.2	30.3	2.8
	30	13	33	3.0	1.2*	2.6	9.2	7.0	19.9	9.6	7.7	3.7	30.8	2.6
BACTHON	-	-	-	4.5	1.8	6.7	7.3	4.0	17.8	9.1	9.0	4.0	23.2	6.7
Sin Fertilizantes (T. Absoluto)	-	-	-	-	4.5	6.0	12.4	8.0	25.5	13.7	17.1	8.4	35.0	6.0

\*Diferentes al promedio de Testigo Absoluto, según prueba de Dunnet al 5%, para los meses de Jul/03 y Nov/06.

El comportamiento de la severidad de la Mancha de Hierro en los frutos, fue similar a lo ocurrido en la incidencia, donde también fue aumentando con el envejecimiento de las plantas. Cabe anotar, que en este trabajo, la severidad de la Mancha de Hierro en los frutos fue baja, ya que la mayoría de granos afectados se encontraron solo en la escala 1 y 2, donde el grado de daño en el fruto es muy leve (Tablas 7, 8 y 9).

Tabla 7. Promedio de severidad de Mancha de Hierro en frutos de café (12 plantas) y error de estimación para las dosis de cada grupo (inicio del experimento) (Julio/03).

GRUPO	DOSIS				SEVERIDAD (%) DE LA MANCHA DE HIERRO EN FRUTOS									
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	BACT	Grado 1		Grado 2		Grado 3		Grado 4		Grado 5	
	Kg/ha/año			L/ha	χ	E.E	χ	E.E	χ	E.E	χ	E.E	χ	E.E
Fertilizante Químico	352	147	386	-	0.63	0.25	0.12	0.06	0.13	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	264	110	289	-	1.33	0.62	0.58	0.25	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
	176	74	193	-	0.92	0.37	0.36	0.09	0.03	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00
	88	37	96	-	0.65	0.08	0.38	0.17	0.20	0.09	0.07	0.02	0.02	0.02
Fertilizante Químico (2)	198	74	194	1.5	0.67	0.18	0.10	0.04	0.09	0.03	0.03	0.02	0.08	0.05
+ BACTHON (1)	118	50	130	1.5	1.12	0.38	0.22	0.10	0.11	0.06	0.01	0.01	0.02	0.02
	60	26	66	1.5	0.93	0.25	0.40	0.26	0.06	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01
Fertilizante Químico (1)	89	37	97	3.0	1.10	0.39	0.27	0.08	0.14	0.03	0.11	0.08	0.01	0.01
+ BACTHON (2)	59	25	65	3.0	1.02	0.25	0.44	0.30	0.29	0.18	0.12	0.08	0.12	0.84
	30	13	33	3.0	0.80	0.16	0.31	0.15	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
BACTHON	-	-	-	4.5	1.09	0.21	0.43	0.21	0.11	0.05	0.00	0.00	0.14	0.13
Sin Fertilizantes (T. Absoluto)	-	-	-	-	3.07	0.94	1.07	0.36	0.38	0.30	0.03	0.03	0.00	0.00

Tabla 8. Promedio de severidad de Mancha de Hierro en frutos de café (12 plantas) y error de estimación para las dosis de cada grupo (Noviembre/04).

GRUPO	DOSIS				SEVERIDAD (%) DE LA MANCHA DE HIERRO EN FRUTOS									
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	BACT	Grado 1		Grado 2		Grado 3		Grado 4		Grado 5	
	Kg/ha/año			L/ha	χ	E.E	χ	E.E	χ	E.E	χ	E.E	χ	E.E
Fertilizante Químico	352	147	386	-	3.84	0.72	0.70	0.31	0.37	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
	264	110	289	-	3.45	1.07	0.28	0.13	0.10	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
	176	74	193	-	6.86	1.77	0.69	0.19	0.43	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
	88	37	96	-	4.63	1.00	2.62	0.89	1.23	0.49	0.17	0.17	0.00	0.00
Fertilizante Químico (2) + BACTHON (1)	198	74	194	1.5	4.60	1.81	1.47	1.00	0.44	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
	118	50	130	1.5	3.26	1.05	1.05	0.37	0.12	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	60	26	66	1.5	3.56	1.25	0.43	0.20	0.27	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
Fertilizante Químico (1) + BACTHON (2)	89	37	97	3.0	4.33	1.21	0.79	0.26	0.17	0.11	0.04	0.04	0.00	0.00
	59	25	65	3.0	5.73	2.80	1.14	0.48	0.49	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
	30	13	33	3.0	6.99	3.30	1.77	0.94	0.45	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
BACTHON	-	-	-	4.5	4.08	0.84	2.78	1.60	0.55	0.49	0.08	0.08	0.00	0.00
Sin Fertilizantes (T. Absoluto)	-	-	-	-	2.61	3.76	1.52	0.58	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 9. Promedio de severidad de Mancha de Hierro en frutos de café (12 plantas) y error de estimación para las dosis de cada grupo (final del experimento) (Noviembre/06).

GRUPO	DOSIS				SEVERIDAD (%) DE LA MANCHA DE HIERRO EN FRUTOS									
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	BACT	Grado 1		Grado 2		Grado 3		Grado 4		Grado 5	
	Kg/ha/año			L/ha	χ	E.E	χ	E.E	χ	E.E	χ	E.E	χ	E.E
Fertilizante Químico	352	147	386	-	9.70	1.24	6.58	0.50	4.84	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00
	264	110	289	-	10.1	1.68	6.51	0.95	5.85	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00
	176	74	193	-	8.88	2.25	8.40	2.45	5.42	1.84	0.00	0.00	0.00	0.00
	88	37	96	-	13.4	1.44	12.4	1.79	10.0	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fertilizante Químico (2) + BACTHON (1)	198	74	194	1.5	3.22	0.23	1.35	0.45	0.70	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00
	118	50	130	1.5	8.31	0.96	9.34	1.64	4.93	1.29	0.41	0.41	0.00	0.00
	60	26	66	1.5	13.1	1.38	7.91	1.19	5.88	1.74	0.00	0.00	0.00	0.00
Fertilizante Químico (1) + BACTHON (2)	89	37	97	3.0	8.27	1.71	6.47	1.53	2.51	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00
	59	25	65	3.0	11.3	1.40	9.39	0.92	9.59	1.24	0.00	0.00	0.00	0.00
	30	13	33	3.0	11.5	0.99	11.2	1.32	8.18	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
BACTHON	-	-	-	4.5	9.19	2.77	7.51	2.12	6.55	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sin Fertilizantes (T. Absoluto)	-	-	-	-	16.8	3.59	10.6	2.60	7.59	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00

En la Tabla 10, se presenta la producción de café cereza recolectada en los años 2.004, 2.005 y 2.006 (años de plena producción). Para el primer año de cosecha, ninguna de las dosis pertenecientes a cada uno de los grupos de tratamientos, presentaron diferencias estadísticas significativas con respecto al Testigo Absoluto.

En los años 2.005 y 2.006, todas las dosis presentaron diferencias estadísticas significativas en relación con el Testigo a excepción de la dosis donde se redujo sustancialmente la aplicación de nutrimentos, compuesta por 30 Kg/ha/año de N, 13 Kg/ha/año de P y 33 Kg/ha/año de K (76 Kg/ha/año) + el insumo biológico BACTHON (3.0 L/ha/año), que presentó una producción similar a la obtenida en las plantas que no recibieron fertilizantes. En esta variable como en las anteriores, las plantas con la dosis de 466 Kg/ha/año del fertilizante químico + el insumo biológico BACTHON (1.5 L/ha/año), tuvieron una mayor producción de café cereza que las demás dosis en los diferentes grupos de tratamientos.

Con el fin de estimar la cantidad de café producido en @cps/ha/año, en la Tabla 11, se observa como se proyectaron las producciones obtenidas con las diferentes dosis de fertilizantes utilizadas en este experimento. En el último año de cosecha (2.006), la producción de café en las plantas fertilizadas con 466 Kg/ha/año del fertilizante químico + el insumo biológico BACTHON (1.5 L/ha/año) es de 502 @cps/ha/año, en comparación con las plantas que recibieron la dosis más alta de fertilización química (885 Kg/ha/año) que cosecharon 373 @cps/ha/año y con las plantas que no recibieron fertilización, de 215 @cps/ha/año. Este resultado muestra la importancia de una adecuada fertilización de las plantas para no incurrir en pérdidas de producción. Se observó también que el hecho de aplicar cantidades excedidas de fertilizante químico no incide en la obtención de una mayor producción y por último, se evidenció una mayor producción, al reducir la cantidad de fertilizante químico y combinarlo con el insumo biológico BACTHON.

Con respecto a la calidad del café obtenido en este experimento, el rendimiento en trilla siempre registró valores por debajo de 92.8, sin mostrar diferencias estadísticas entre las plantas fertilizadas con las no fertilizadas.

Tabla 10. Promedio de producción en kilogramos de café cereza de 12 plantas, y error de estimación para las dosis de cada grupo (años 2.004, 2.005 y 2.006).

GRUPO	DOSIS				PRODUCCIÓN CAFÉ CEREZA (Kg)					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	BACT	2004		2005		2006	
	Kg/ha/año			L/ha	χ	E.E	χ	E.E	χ	E.E
Fertilizante Químico	352	147	386	-	45.6	4.5	44.1*	4.0	43.6*	3.2
	264	110	289	-	39.1	5.1	42.5*	3.0	37.8*	0.7
	176	74	193	-	41.5	3.7	41.8*	3.1	35.4*	1.1
	88	37	96	-	53.3	6.9	44.3*	3.8	34.5*	3.6
Fertilizante Químico (2) + BACTHON (1)	198	74	194	1.5	51.1	5.1	48.8*	1.6	49.7*	1.0
	118	50	130	1.5	46.7	5.9	42.1*	4.6	35.8*	2.4
	60	26	66	1.5	48.9	6.1	43.1*	3.5	31.8*	2.0
Fertilizante Químico (1) + BACTHON (2)	89	37	97	3.0	48.6	6.9	45.8*	2.8	42.4*	4.0
	59	25	65	3.0	35.9	2.7	39.4*	3.6	36.5*	1.4
	30	13	33	3.0	44.4	5.0	32.3	2.0	29.6	2.4
BACTHON	-	-	-	4.5	40.6	8.4	22.8	1.7	27.2	1.8
Sin Fertilizantes (T. Absoluto)	-	-	-	-	38.1	6.7	25.1	2.6	25.6	2.8

\*Diferentes al promedio de Testigo Absoluto, según prueba de Dunnet al 5%.

Tabla 11. Estimación de la producción @ cps ha/año (años 2.004, 2.005 y 2.006).

GRUPO	DOSIS				PRODUCCIÓN @ cps ha/año.		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	BACT	2.004	2.005	2.006
	Kg/ha/año			L/ha			
Fertilizante Químico	352	147	386	-	438	405	369
	264	110	289	-	379	387	336
	176	74	193	-	405	377	307
	88	37	96	-	527	408	311
Fertilizante Químico (2) + BACTHON (1)	198	74	194	1.5	500	442	437
	118	50	130	1.5	463	376	306
	60	26	66	1.5	484	401	279
Fertilizante	89	37	97	3.0	477	418	381

Químico (1)	59	25	65	3.0	350	356	315
+ BACTHON (2)	30	13	33	3.0	428	292	236
BACTHON	-	-	-	4.5	397	196	218
Sin Fertilizantes (T. Absoluto)	-	-	-	-	365	221	207

En la evaluación de la parte nutricional de las plantas, se determinó la cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y cenizas presentes en hojas, ramas y tallo. En relación con la presencia de nitrógeno, fósforo, calcio y cenizas, no se detectaron diferencias estadísticas significativas de ninguna de las dosis con respecto al Testigo Absoluto.

En relación con la presencia de potasio en las plantas; en la hoja, todas las dosis pertenecientes al grupo donde se aplicó el fertilizante químico, presentaron diferencias estadísticas a favor de ellas al compararlas con el Testigo. La dosis de 466 Kg/ha/año + el insumo biológico BACTHON (1.5 L/ha/año) y la dosis compuesta por 118 Kg/ha/año de N, 50 Kg/ha/año de P, y 130 Kg/ha/año de K (298 Kg/ha/año) + el insumo biológico (1.5 L/ha/año), presentaron diferencias estadísticas con respecto a las plantas no fertilizadas. En las ramas, la dosis de 885 Kg/ha/año de fertilizante químico, presentó diferencias estadísticas en relación con las plantas no tratadas. En el tallo, ninguna de las dosis presentó diferencias estadísticas con el Testigo Absoluto (Tabla 12).

En plantas inoculadas con bacterias fijadoras de nitrógeno, además de mejorarse varios parámetros radicales, también se mejoran algunos parámetros foliares. Estos cambios son atribuidos directamente a los efectos positivos que tiene la bacteria sobre la asimilación de minerales por la planta. Se sugiere que el mayor elemento implicado es el nitrógeno en forma de nitrato de amonio. Sin embargo, otros elementos como  $\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Rb}^+$  también juegan un papel importante en la interacción planta-bacteria. El aumento en la asimilación de minerales resulta en un incremento en la acumulación tanto de materia seca como de minerales en el tallo y las hojas. Estas bacterias tienen la capacidad de interactuar con Rubisco, una enzima de la planta que juega un papel fundamental como reserva de nitrógeno para el metabolismo, de tal manera que es clave para la producción de biomasa.

Tabla 12. Promedio de potasio (12 plantas) y su error de estimación para las dosis de cada grupo

GRUPO	DOSIS				HOJA		RAMA		TALLO	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	BACT	ȳ	E.E	ȳ	E.E	ȳ	E.E
	Kg/ha/año			L/ha						
Fertilizante Químico	352	147	386	-	2.334*	0.070	1.252*	0.079	0.430	0.022
	264	110	289	-	2.210*	0.110	1.100	0.062	0.422	0.018
	176	74	193	-	1.930*	0.076	1.120	0.035	0.378	0.015
	88	37	96	-	1.824*	0.095	1.028	0.021	0.408	0.015
Fertilizante Químico (2) + BACTHON (1)	198	74	194	1.5	1.854*	0.129	1.074	0.102	0.368	0.020
	118	50	130	1.5	1.832*	0.128	1.048	0.084	0.394	0.014
	60	26	66	1.5	1.390	0.108	0.944	0.016	0.370	0.024
Fertilizante Químico (1) + BACTHON (2)	89	37	97	3.0	1.766	0.203	1.036	0.082	0.356	0.022
	59	25	65	3.0	1.998*	0.106	1.072	0.071	0.396	0.025
	30	13	33	3.0	1.396	0.144	0.942	0.098	0.348	0.028

BACTHON	-	-	-	4.5	1.014	0.181	0.690	0.105	0.348	0.017
Sin Fertilizantes (Testigo Absoluto)	-	-	-	-	1.252	0.237	0.868	0.122	0.392	0.023

\* Diferentes al promedio de Testigo Absoluto, según prueba de Dunnet al 5%.

La presencia de magnesio en la planta, mostró que tanto en la hoja como en el tallo, todas las dosis pertenecientes al grupo donde se aplicó el fertilizante químico, presentaron diferencias con respecto al Testigo. Así mismo, en la hoja, todas las dosis desde 223 Kg/ha/año hasta 76 Kg/ha/año + el insumo biológico BACTHON (3.0 L/ha/año), presentaron diferencias estadísticas en relación con las plantas no fertilizadas. En las ramas, no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre las dosis evaluadas y el Testigo Absoluto (Tabla 13).

Tabla 13. Promedio de magnesio (12 plantas) y su error de estimación para las dosis de cada grupo

GRUPO	DOSIS				HOJA		RAMA		TALLO	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	BACT	↘	E.E	↘	E.E	↘	E.E
	Kg/ha/año			L/ha						
Fertilizante Químico	352	147	386	-	0.272*	0.016	0.168	0.016	0.090*	0.004
	264	110	289	-	0.266*	0.014	0.154	0.005	0.084*	0.004
	176	74	193	-	0.260*	0.024	0.168	0.017	0.086*	0.005
	88	37	96	-	0.318*	0.022	0.160	0.009	0.092*	0.002
Fertilizante Químico (2) + BACTHON (1)	198	74	194	1.5	0.310	0.020	0.174	0.013	0.086*	0.005
	118	50	130	1.5	0.332	0.034	0.232	0.063	0.096	0.005
	60	26	66	1.5	0.398	0.037	0.208	0.033	0.096	0.004
Fertilizante Químico (1) + BACTHON (2)	89	37	97	3.0	0.312*	0.027	0.164	0.013	0.088	0.004
	59	25	65	3.0	0.324*	0.013	0.184	0.021	0.094	0.004
	30	13	33	3.0	0.314*	0.018	0.160	0.011	0.262	0.155
BACTHON	-	-	-	4.5	0.472	0.031	0.230	0.059	0.108	0.006
Sin Fertilizantes (Testigo Absoluto)	-	-	-	-	0.422	0.022	0.174	0.011	0.112	0.006

\* Diferentes al promedio de Testigo Absoluto, según prueba de Dunnet al 5%.

## COMENTARIOS

- ❖ En las condiciones experimentales de este estudio, se pudo reducir la cantidad de fertilizante químico desde la dosis de 352 Kg/ha/año de N, 147 Kg/ha/año de P y 386 Kg/ha/año de K (885 Kg/ha/año) hasta 88 Kg/ha/año de N, 37 Kg/ha/año de P y 96 Kg/ha/año de K (221 Kg/ha/año), sin alterar el crecimiento de las plantas y la producción de café.
- ❖ Con la dosis de 198 Kg/ha/año de N, 74 Kg/ha/año de P y 194 Kg/ha/año de K (466 Kg/ha/año) + el insumo biológico BACTHON (1.5 L/ha/año), se obtuvo el mayor peso seco de las plantas, la mayor producción y el menor grado de incidencia de mancha de hierro en los frutos de las plantas de café.
- ❖ La aplicación del insumo biológico BACTHON solo, no presenta ningún beneficio en el desarrollo y producción de las plantas de café.

- ❖ Es recomendable evaluar las diferentes dosis de fertilizantes químicos aplicados solos o en combinación con el insumo biológico BACTHON, para valorar su efecto en el desarrollo y producción de las plantas de café, en condiciones diferentes de clima y suelo a las ya estudiadas.
- ❖ Se hace necesario que los Comités cafeteros y el IPA, validen los mejores resultados obtenidos en este trabajo, estableciendo el experimento en diferentes sitios.
- ❖ Realizar otras investigaciones con el fin de ampliar los conocimientos a cerca de la dinámica de la relación suelo, microorganismos y planta de café.