

MANEJO AGRONÓMICO PARA LA ESPECIE *COFFEA CANEPHORA* PIERRE, CULTIVADA EN SUELOS PARDOS DE LA REGIÓN ORIENTAL DE CUBA

Autoría principal: Alberto Pérez Díaz¹

Otros autores: Alberto Fernández Turro, Aniceto Blanco Peña, Carlos Bustamante González, Francisco Simón Ricardo, Ramón Rivera Espinosa y Ramiro Valdez Carmenates

Colaboradores: Gloria Martín Alonso, Belkis Peteira Fernández, Mayra Rodríguez, Lucía Holguines Zamora, Aldo López Gómez y Rolando Viñals Nuñez

Facultad Agroforestal de Montaña, Universidad de Guantánamo. Km 2 ½, carretera a El Salvador provincia de Guantánamo.

Otras entidades participantes: Instituto de Investigaciones Agroforestales. UCTB-Tercer Frente, Universidad de Oriente (UO). MES, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). MES, Universidad Agraria de La Habana (UNAH). MES

¹Autor de correspondencia. Correo electrónico aperez@fam.cuq.co.cu

Alberto Pérez Díaz (20%). Condujo la presentación del premio y parte de la investigación científica; participó en el montaje del diseño experimental; realizó la tabulación del resultado; presentó los resultados como parte del doctorado en ciencias agrícolas, así como en el grupo de experto de proyectos nacionales del CITMA, consejos científicos y eventos. Publicó los resultados en revistas de impacto. Preparó el informe técnico, defendió el resultado y introdujo el resultado.

Alberto Fernández Turro (19%). Participó en la presentación del premio y parte de la investigación científica; participó en el montaje del diseño experimental; realizó la tabulación del resultado; presentó los resultados como parte del doctorado en ciencias agrícolas, así como en el grupo de experto de proyectos nacionales del CITMA, consejos científicos y eventos. Publicó los resultados en revistas de impacto. Participó en el informe técnico y en la introducción del resultado.

Aniceto Blanco Peña (17%). Participó en parte de la investigación científica; participó en el montaje del diseño experimental; presentó los resultados como parte del doctorado en ciencias agrícolas, así como en eventos. Publicó los resultados en revistas del grupo 2. Participó en el informe técnico.

Carlos Bustamante González (17%). Participó en el montaje del diseño experimental; en la toma de muestras y su análisis; participó en la tabulación del resultado; presentó los resultados en consejos científicos y eventos. Participó en la confección y defensa del informe técnico y en la introducción del resultado.

Francisco Simón Ricardo (17%). Participó en el montaje del diseño experimental; en la toma de muestras y su análisis; participó en la tabulación del resultado; presentó los resultados en consejos científicos y eventos. Participó en la confección y defensa del informe técnico.

Ramón Rivera Espinosa (15%). Participó en el montaje del diseño experimental y su análisis, en la tabulación del resultado. Participó en la confección del informe técnico.

Ramiro Valdez Carmenates (15%). Participó en el montaje del diseño experimental y su análisis, en la tabulación del resultado. Participó en la confección del informe técnico.

RESUMEN

Las investigaciones se desarrollaron en los macizos montañosos Sierra Maestra y Sagua – Nipe – Baracoa, como respuesta al problema ¿Es adecuado el manejo agronómico que se aplica actualmente a *C. canephora* cultivado en suelos Pardos de premontaña, para la expresión de su potencial de rendimiento?, para ello se trazó como objetivo, establecer un manejo agronómico eficiente para la especie *Coffea canephora* cultivada en suelos Pardos, que incluya la poda, la sombra, una fertilización racional nitrogenada en función del rendimiento esperado y un sistema tecnológico que propicie el manejo integrado de la broca del café *H hampei*. Se presentan como aspectos novedosos: el método de recepa y establecimiento de niveles de iluminación dentro del cafetal que contribuyen a la regeneración de la plantación de robusta en un menor espacio de tiempo, el manejo de la fertilización nitrogenada en función del rendimiento, el análisis foliar y los indicadores de calidad de suelo y se propone un sistema tecnológico de manejo cultural y fitosanitario del cultivo, con disminución significativa de las afectaciones de la broca del café. Los resultados lo avalan tres publicaciones en revista de la Web Science, siete en revistas del grupo 2, dos en revistas del grupo 4, tres premios CITMA Territoriales, tres tesis doctorales y dos resultados aprobados como logros por ciencia y técnica de la agricultura. Se obtiene una tecnología de manejo de la poda y de sombreo que permite obtener los mayores rendimientos agrícolas cuando se trabaja con una intensidad luminosa (IL) dentro del cafetal entre 60-80 %, un ciclo 3 años y se le dejan a los cafetos 3 ejes de recepa. Se encontró además, una respuesta positiva y significativa entre el rendimiento y la fertilización nitrogenada, similar en ambos sitios y ciclos ($R^2 > 93,6 \%$), de forma tal que en la medida que el rendimiento máximo estable fue mayor, se incrementaron las necesidades de fertilizantes, con relaciones beneficio/costo entre 4 y 7. El análisis foliar realizado en el mes de junio se comportó como un adecuado estimador del estado nutricional, estableciéndose criterios de interpretación del mismo para el cafeto *canephora*. Para el manejo de la broca del cafeto aplicar *B. bassiana* con frecuencia no mayores de 40 días y con un manejo de la cobertura bajo el sistema de plato limpio y una altura no mayor de 6cm.

COMUNICACIÓN CORTA

Introducción

En el programa para el incremento de la producción de café del Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña se proyecta, para el período 2010 – 2015, la siembra de 6 088,7 ha de *canephora*, que representan el 30 % de las áreas a sembrar en todo el país (Bustamante et al., 2010).

Sin embargo, se hace necesario establecer además, algunos componentes de la tecnología del cultivo, como los ciclos de poda, el manejo de la sombra y la conducción de tallos, la nutrición nitrogenada pues las plantaciones de Robusta en Cuba fueron establecidas a partir de las normativas técnicas para el cafeto *arábico*, lo que puede implicar un manejo agronómico diferente.

De igual forma, las condiciones agroecológicas exigentes, para el desarrollo óptimo del cultivo, favorecen el desarrollo de plagas, enfermedades y malezas, que contribuyen a mermar grandemente el rendimiento de las cosechas y en algunos casos ocasionan la total destrucción de estos, de ahí la necesidad de lograr un manejo integrado de una de las principales plagas que afectan al cultivo, como la broca del café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari), registrada su aparición en Cuba en 1995.

Por lo que, ¿Es adecuado el manejo agronómico que se aplica actualmente a *C. canephora* cultivado en suelos Pardos de premontaña, para la expresión de su potencial de rendimiento?

A partir de este problema, se establecieron los siguientes objetivos:

1. Establecer una tecnología de poda y manejo de sombra en cafetales de la variedad Robusta cultivada en suelos Pardos.
2. Establecer un sistema de fertilización racional nitrogenada en función del rendimiento esperado, algunos indicadores del suelo y el estado nutricional nitrogenado del cafeto.
3. Contribuir a desarrollar un sistema tecnológico que propicie el manejo integrado de la broca del café *H hampei*.

Novedad científica de la investigación:

1. Se determina un método de resepa y establecimiento de niveles de iluminación dentro del cafetal que contribuyen a la regeneración de la plantación de robusta en un menor espacio de tiempo.
2. Se hace un aporte al conocimiento sobre el manejo nutrimental de una especie poco estudiada en las condiciones de Cuba y se evalúa el efecto de la fertilización N sobre algunos indicadores químicos y microbiológicos del suelo y se propone una metodología para la adecuación de la fertilización N, a partir del análisis foliar.
3. Se propone un sistema tecnológico de manejo cultural y fitosanitario del cultivo, que propicia la disminución significativa de las afectaciones de la broca del café en

el territorio con un impacto positivo desde el punto de vista económico y medioambiental.

Para ello, la investigación se desarrolló en tres localidades de los macizos montañosos Sierra Maestra y Sagua – Nipe – Baracoa (Tercer Frente, Sagua de Tánamo y El Salvador), realizándose un grupo de experimentos relacionados con el establecimiento de una tecnología de manejo para el canephora, que incluya, la sombra, el ciclo de poda, el número de tallos adecuados para el desarrollo de la especie, las dosis de N que garanticen altos rendimientos y un adecuado estado nutricional y por último el manejo de la broca del cafeto mediante alternativas biológica (*B. bassiana*) integrado al manejo de la cobertura viva del suelo.

2. Resultados obtenidos

Los mayores rendimientos agrícolas se alcanzaron, cuando se trabaja con una intensidad luminosa entre 60-80%, un ciclo 3 años y se le dejan a los cafetos 3 ejes de recepa. Al relacionar mediante un Análisis de Regresión al rendimiento agrícola alcanzado por el cafetal con cada uno de los indicadores biológicos evaluados a los cafetos, se observó que: en cuanto los indicadores longitud de los ejes, diámetro de los ejes, diámetro de la copa y número de ramas (Tabla 1), el ajuste de las ecuaciones lineales reflejan que hubo una relación lineal significativa positiva, lo que permite establecer que en la medida en que éstos indicadores incrementaron sus valores durante el estudio, hubo una mejor contribución de ellos con el rendimiento agrícola alcanzado por el cafetal después de manejados los árboles de sombra y los cafetos.

Tabla 1. Análisis de Regresión de los indicadores biológicos evaluados contra el indicador agronómico Rendimiento agrícola.

Indicadores	Función	R ² (%)
Rend. Vs Long. ejes	$Y = -0.261574 + 0.00780481 * X$	69.43
Rend. Vs D. ejes	$Y = -1.93705 + 0.911561 * X$	72.61
Rend. Vs D. copa	$Y = -0.323337 + 0.0102906 * X$	61.08
Rend. Vs N. ramas	$Y = -151526 + 0.46668 * X$	54.67
Rend. Vs AF	$Y = -19.6961 + 1.69914 * X - 0.0322431 * X^2$	88.57

Leyenda: D. ejes: diámetro de los ejes, D. copa: diámetro de la copa, AF. Área foliar

Otro aspecto encontrado, fue la relación positiva encontrada entre las dosis óptimas de N y los rendimientos máximos estables anuales, para las diferentes cosechas en ambos ciclos productivos ($R^2 > 93,65 \%$), lo que indicó que el esquema de recomendación de dosis de fertilizante N, en función de los rendimientos máximos anuales, es válido a su vez para cualquiera de los sitios y ciclos. Las dosis de fertilizantes propuestas para alcanzar rendimientos máximos estables en cada sitio y ciclo productivo, incrementaron la actividad microbiana del suelo. Las dosis propuestas, no afectaron la materia orgánica de los suelos. Se encontró disminución del pH del suelo respecto a su estado inicial aunque los valores de este indicador, encontrados luego de la fertilización nitrogenada con el sistema propuesto, se encontraban dentro del rango establecido para el cafeto.

A partir del estado nutricional asociado a los contenidos de N foliar determinados en el mes de junio y a la relación obtenida entre las dosis óptimas de N y los rendimientos máximos estables anuales en ambos sitios estudiados, se propone una integración de estos resultados para la corrección de la fertilización nitrogenada del cafeto Robusta.

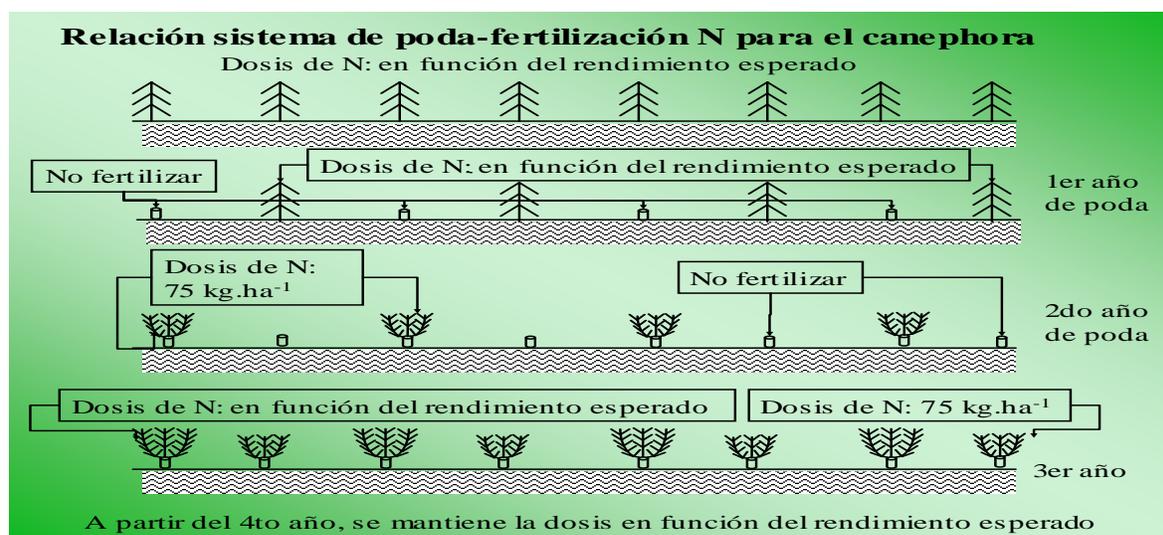
En el caso de obtener contenidos foliares entre 2,8 – 3,10 % de N (95 – 100 % del RME), se deben mantener las dosis recomendadas para ese año. Para contenidos inferiores a 2,79 % N (< 94 % del RME), se comienzan a corregir las dosis propuestas (Tabla 2).

Tabla 2. Integración del análisis foliar con los resultados de recomendación de dosis de nitrógeno al cafeto Robusta; así como ejemplos de corrección de la dosis de nitrógeno.

Rendimientos esperados (t.ha ⁻¹ café oro)			1,25 ± 0,2	1,7 ± 0,2	2,1 ± 0,2
Dosis N recomendada (kg.ha ⁻¹) fraccionada al 50 % en abril y octubre			100	150	200
% N Foliar	Estado nutricional asociado	RME (%)	Sistema de corrección de dosis según análisis foliar realizado en el mes de junio		
3,01 - 3,10	Óptimo	100	Mantener el sistema de fertilización propuesto		
2,80 - 3,00	Adecuado	95 - 99			
2,41 - 2,79	Bajo	70 - 94	Corregir la dosis de fertilización propuesta		
< 2,40	Muy Bajo	< 69			

RME. Rendimiento máximo estable

Al integral el manejo de la poda del cafeto con la aplicación de N (Esquema 1), se propone que en el primer año de la poda no se debe fertilizar y a partir del 2^{do} año realizar una fertilización con dosis de 75 kg.ha⁻¹ de N a las plantas podadas y luego se realizará en función del rendimiento esperado.



Esquema 1. Relación manejo de la poda-fertilización N en el cafeto canephora.

Para determinar la influencia integral, se realizó un análisis discriminante canónico con los resultados de todas las variables de manejo agronómico del cafetal y los modos de aplicación de las aspersiones con *B. bassiana* para cada periodo de evaluación (Figura 1). Los resultados que se obtuvieron en esta investigación mostraron que las aplicaciones de *B. bassiana* deben realizarse con frecuencia no mayores de 40 días con intensidad luminosa entre el 60-70% y con un manejo de la cobertura viva ya sea de arvenses o del acomodo de *T. zebrina* como piso verde bajo el sistema de plato limpio y una altura no mayor de 6cm.

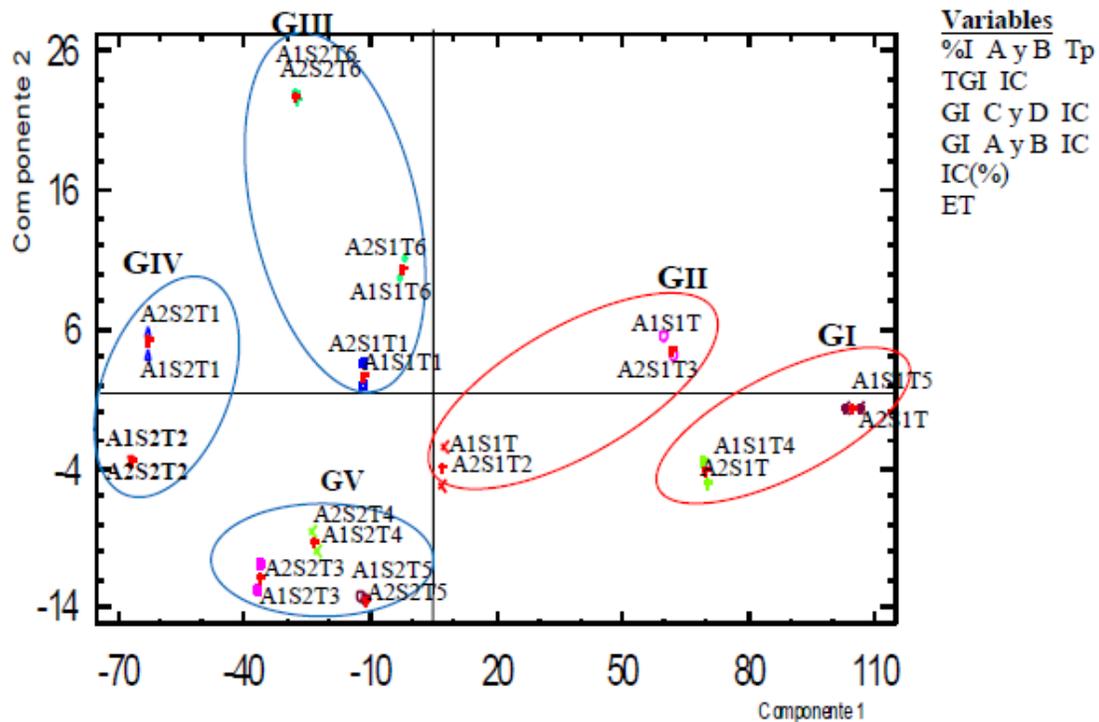


Figura 1. Distribución de las diferentes variantes de manejo sobre la base de un análisis discriminante canónico. T1: F(30) S(180); T2: F(60) F(90) S(180); T3: S(60) F(90) F(120) F(150) S(180); T4: F(60) F(100) F(140) F(180); T5: F(50) F(60) F(90) F(120) F(150) F(180); T6: S(60) S(180). F(Foliar); S(Suelo); (#) Días posterior a la segunda floración; A1:2004; A2: 2005; S1: IL =60-70%; S2: IL =40-50%.

3. Propuesta de manejo integral para la especie *C. canephora*.

Se proponen tres tecnologías de manejo para la especie *Coffea canephora* cultivada en suelos Pardos, así para alcanzar rendimientos superiores a 1 t.ha⁻¹ café oro en la especie. *canephora*, es necesario establecer un nivel de sombreado a doble estratificación con intensidad luminosa entre el 60-80 %, un ciclo 3 años para el cafeto y 3 ejes de recepa. Fertilizar en función del rendimiento esperado y un adecuado estado nutricional determinado por el análisis foliar en el mes de junio. Se recomienda además para el manejo de la broca del cafeto aplicar *B. bassiana* con frecuencia no mayores de 40 días y con un manejo de la cobertura bajo el sistema de plato limpio y una altura no mayor de 6cm.

Teniendo en consideración todos los resultados obtenidos en esta investigación, es posible, establecer un paquete tecnológico para ser integrado al actual programa de manejo, fertilización y defensa contra la broca del café, que se basa, en esencia en el manejo de condiciones agroecológicas claves para la producción de café en Cuba, mediante labores agro y fitotécnicas al cultivo, diseñadas en esta investigación, para incrementar los rendimientos agrícolas.

II. Descripción científico-técnica detallada del resultado y su impacto económico.

Los resultados obtenidos lo avalan tres publicaciones en revista de la Web Science (1 en Pesquisa Agropecuaria Brasileira y 2 en Journal Life of Science), siete en revistas del grupo 2 (3 en Protección Vegetal, 1 en Cultivos Tropicales y 3 en Centro Agrícola), dos en revistas del grupo 4 (Revista Café y Cacao Certificada por el CITMA), tres premios CITMA Territoriales (2010,2011 y 2012).

Los resultados además formaron parte de la integración de tres tesis doctorales:

1. Manejo de la sombra en la regeneración de la variedad Robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner). Su influencia en el desarrollo vegetativo y la producción de café oro”. 2004.
2. Contribución del manejo agronómico y de aplicación de *Beauveria bassiana* sobre la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari).2010.
3. Fertilización y requerimientos de nitrógeno para plantaciones de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner var. Robusta cultivada en suelos Pardos de la región oriental premontañosa de Cuba. 2011

A partir de estos resultados se proponen tres tecnologías que deben de ser realizada de forma integral, si se quieren obtener rendimientos por encima de 1 t.ha⁻¹ de café oro, ellas son:

TECNOLOGIA 1 “Manejo de la sombra y la poda en la regeneración de la variedad Robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner)”: establecer un nivel de sombreado a doble estratificación con intensidad luminosa entre el 60-80 %, un ciclo 3 años para el cafeto y 3 ejes de recepa, lo que garantizará granos de mayor calidad y ganancias de 4836.00 pesos .ha⁻¹ y su integración con la fertilización nitrogenada.

TECNOLOGÍA 2 “Sistema racional de fertilización nitrogenada para diferentes fases de cultivo de *Coffea canephora*”: Se propone un sistema de fertilización nitrogenada en función del rendimiento, el análisis foliar y sin deterioro de las propiedades químicas y microbiológicas del suelo, con ahorro de fertilizantes en relación a lo recomendado para la especie *Coffea arabica* entre 37-120 kg.ha⁻¹ de N (Tabla 1) y con una relación B/C entre 6 y 7 (Tabla 2), integrando además un análisis foliar en el mes de junio.

TECNOLOGÍA 3 “Estrategias de manejo de las condiciones agroecológicas dentro del cafetal y de las aplicaciones de *B. bassiana* para el Programa de Defensa Contra la Broca del Café”: manejo de la broca del cafeto aplicar *B. bassiana* con frecuencia no mayores de 40 días y con un manejo de la cobertura bajo el sistema de plato limpio y una altura no mayor de 6cm, lo cual logrará altos rendimientos y B/C superiores a 1 (Figura 1 y Tabla 3).

Tabla 1. Sistema racional de fertilización nitrogenada recomendado para diferentes fases del cultivo de *Coffea canephora* cultivado sobre suelos Pardos en condiciones de premontaña en sus dos primeros ciclos.

Etapas de desarrollo del cafeto	Sistema propuesto para <i>C. canephora</i>		Instructivo Técnico del Cafeto basado en <i>C. arabica</i> *		Diferencias (2 – 1)
	Rendimiento esperado	Dosis a aplicar (1)	Rendimiento esperado	Dosis a aplicar (2)	
	(t.ha ⁻¹ café oro)	(kg.ha ⁻¹ de N)	(t.ha ⁻¹ café oro)	(kg.ha ⁻¹ de N)	(kg.ha ⁻¹ de N)
Establecimiento					
Primer año		90		127	37
Segundo año		100		145	45
Poda (segundo ciclo)					
Primer año después de la poda		75		127	52
Etapas productivas (para ambos ciclos)	1,00 – 1,36	100	1,00 – 1,36	228	128
	1,36 – 1,50	120	1,36 – 1,50	240	120
	1,50 – 1,80	150	1,50 – 1,80	250	100
	> 1,80	200	> 1,80	268	68

* MINAG (1993).

Tabla 2. Análisis económico de la fertilización nitrogenada.

	Dosis N óptima (kg.ha ⁻¹)	R.M.E. (t.ha ⁻¹)	Valor de la producción (\$/ha ⁻¹)*	Costos de producción (\$/ha ⁻¹)*	Ganancia (\$/ha ⁻¹)*	Beneficio económico (\$/ha ⁻¹)*	Costo relativo (\$/ha ⁻¹)*	Rel B/C
Primer ciclo	100	0,82	12964,20	1540,02	11424,18	4762,52	770,98	6,18
	113	1,34	21185,40	2403,94	18781,46	7584,19	1111,31	6,82
	128	1,88	29722,80	3328,93	26393,87	15621,81	2085,39	7,49
	122	1,47	23240,70	2626,46	20614,24	9133,49	1301,11	7,02
Segundo ciclo	75	0,84	13280,40	1545,49	11734,91	4081,08	661,92	6,17
	100	1,22	19288,20	2194,51	17093,69	6321,63	950,97	6,65
	200	2,02	31936,20	3612,50	28323,70	17126,42	2319,88	7,38
	200	2,01	31778,10	3596,14	28181,96	15709,05	2156,25	7,29

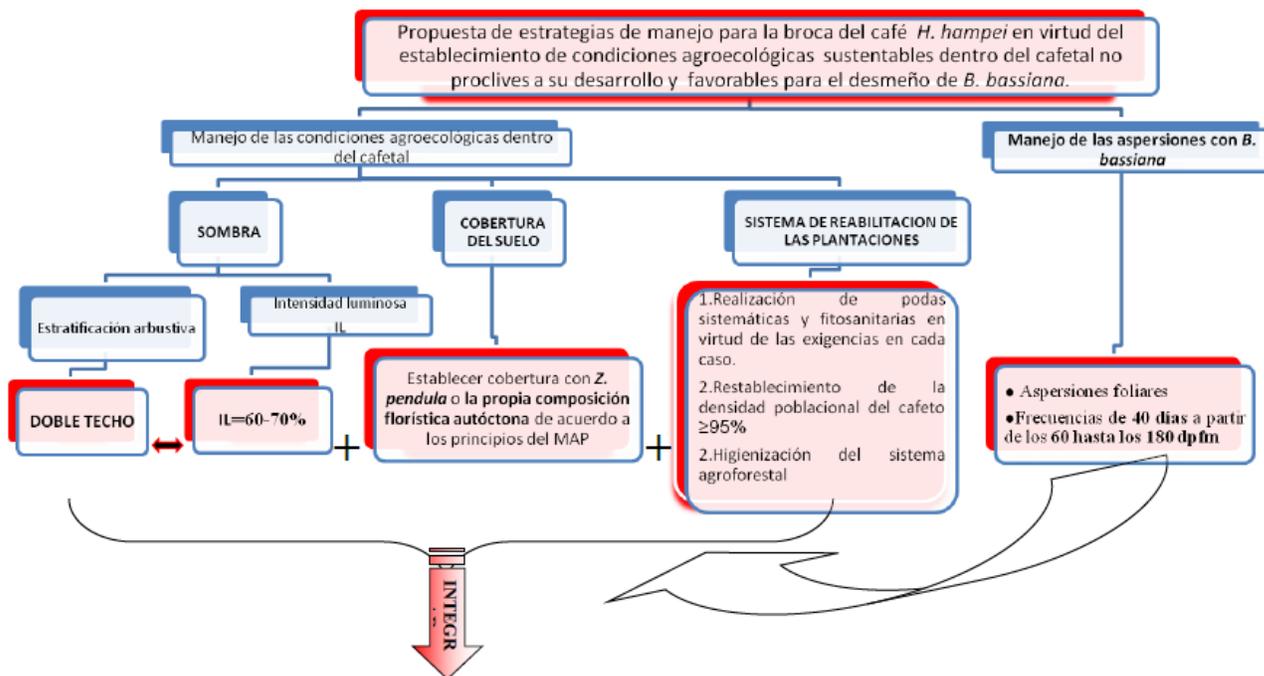
Rel B/C: Relación Beneficio/Costo; R.M.E. rendimiento máximo estable (café oro). Valores expresados en CUP.

Análisis económico (USD).

Testigo (N ₀ P ₄₀ K ₁₆₀)	Dosis óptima (kg.ha ⁻¹ N)	R.M.E (t.c.oro.ha ⁻¹)	Incremento respecto al testigo (t.c.oro.ha ⁻¹)	Ganancia (USD.ha ⁻¹)* con el uso de fertilizantes respecto al testigo
0,60 t.c.oro.ha ⁻¹	100	1,30	0,70	1496,019
	150	1,80	1,20	2564,60
	200	2,00	1,40	2992,038

Precio del café robusta (ICO, 2012)..... 2137.17 USD/tonelada

Precio de la urea: 353.75 USD/TM (Index Mundi, diciembre, 2011)



ACTUAL PROGRAMA DE DEFENSA CONTRA LA BROCA DEL CAFÉ

Figura 1. Estrategias de manejo de las condiciones agroecológicas dentro del cafetal y de las aplicaciones de *B. bassiana* para el Programa de Defensa Contra la Broca del Café

Tabla 3. Valoración económica del efecto del manejo de *H. hampei* a partir del valor de los rendimientos y su relación beneficio costo a partir de parámetros indicadores recomendados por FAO (1980) citado por Riera (2004)

Variantes	Red t. ha ⁻¹	IC (%)	Costo de las Aplicaciones			GRS \$. ha ⁻¹	OG \$. ha ⁻¹	GTMB \$. ha ⁻¹	VP \$/ t	B /C
			NA	GTB \$. ha ⁻¹	CTA \$. ha ⁻¹					
S1T2	1,26	5,44	2	64.500	74.500	13.41	438.25	526.16	1323.48	2.51
S1T3	1,78	4,52	5	161.25	186.00	13.41	438.25	637.66	1796.92	2.82
S1T4	2,00	2,20	4	129.00	149.00	13.41	438.25	600.66	2108.96	3.51

III. La acreditación de la introducción del resultado y de su impacto en la sociedad

Los resultados obtenidos han sido avalados por el Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña, de la provincia de Guantánamo y el Laboratorio Provincia de Sanidad Vegetal relacionado con el manejo de la broca del cafeto y publicado dentro de los principales logros científicos del 2012 en el Boletín de Divulgación de resultados y noticias del trabajo científico del MES.

Se aprobaron además como logro y registrado en ciencia y técnica de la agricultura y avalado por el Instituto de Investigaciones Agroforestales (INAF) dos resultados que formar parte de esta propuesta de manejo:

1. Influencia de la fertilización nitrogenada en *Coffea canephora* durante 10 años sobre algunas propiedades químicas y microbiológicas de suelos Pardos.
2. Metodología para la adecuación de la fertilización nitrogenada del cafeto robusta cultivado en suelos Pardos en función de los contenidos de N foliar.