

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA ADOPCIÓN DE LAS VARIEDADES CASTILLO® REGIONALES RESISTENTES A LA ROYA

Hernando Duque-Orrego^{*}; Huver Elías Posada-Suárez^{**}; Gabriel Alvarado-Alvarado^{**}

RESUMEN

DUQUE O., H.; POSADA F., H. E.; ALVARADO A., G. Análisis económico de la adopción de las variedades Castillo® regionales resistentes a la roya. Cenicafé 56(3):197-215. 2005.

El Centro Nacional de Investigaciones de Café desarrolló seis nuevas variedades de café con resistencia a la roya del cafeto, derivadas de la Variedad Castillo®, altamente productivas para su cultivo en regiones específicas de Colombia. Con el objetivo de contribuir en la toma de decisiones acerca de la difusión y adopción de las variedades Castillo® Naranja, Castillo® El Rosario, Castillo® Santa Bárbara, Castillo® Pueblo Bello, Castillo® Paraguaicito y Castillo® La Trinidad, y analizar el efecto relacionado con el mayor potencial productivo de las mismas, se describen los resultados de los análisis realizados para determinar sus ventajas económicas. Desde el punto de vista del riesgo en la adopción, el análisis marginal y los presupuestos parciales, existen ventajas económicas en la adopción de estas nuevas variedades de café; no obstante, la magnitud de las ventajas será diferencial, de acuerdo con las regiones estudiadas y la brecha en los rendimientos esperada. También, en aquellos casos en los que se busque la adopción temprana de estos materiales es viable hacerlo por siembra. Los resultados evidencian que existen ventajas objetivas que justifican la promoción y recomendar la adopción de estas nuevas variedades de café por parte de los caficultores de las regiones de influencia de las mismas.

Palabras claves: Variedades Castillo® regionales, Variedad Castillo®, *Coffea arabica*, productividad, adopción de tecnología, roya del cafeto, resistencia genética.

ABSTRACT

The National Coffee Research Center developed six new coffee varieties with coffee leaf rust resistance derived from the Variedad Castillo®, all of them are highly productive regarding its cultivation in specific Colombian regions. With the aim of contributing in the decision making process about the diffusion and adoption of these new coffee varieties Castillo® Naranja, Castillo® El Rosario, Castillo® Santa Bárbara, Castillo® Pueblo Bello, Castillo® Paraguaicito and Castillo® La Trinidad, the effect related to its greatest productive potential, the results of the analyses carried out to determine its economic advantages are described. From the perspective of the risk dealing with the adoption, marginal analysis and the partial budgets, there exist economic advantages in the adoption of these new coffee varieties. The magnitude of these advantages will be different according to the studied regions and the yield gap observed. In those cases in which coffee farmers try to make an early adoption of these varieties, it is viable to do it through sowing. These results make evident that there are objective advantages that justify promotion and the adoption recommendation of these new coffee varieties by the coffee farmers in their influence regions.

Keywords: Regional varieties, Variedad Castillo®, *Coffea arabica*, productivity, adoption of technology, coffee leaf rust, genetic resistance.

* Investigador Científico I. Economía. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Asistente de Investigación e Investigador Científico II, respectivamente. Disciplina de Mejoramiento Genético y Biotecnología. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

El Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé, en trabajo conjunto de las Disciplinas de Mejoramiento Genético y Biotecnología, desarrolló seis nuevas variedades de café de uso regional con resistencia a la roya del cafeto, las cuales tienen como atributo principal el ser más productivas que las actualmente cultivadas. Estas variedades fueron seleccionadas por adaptación específica a determinadas regiones del país y provienen de las Estaciones Experimentales de Cenicafé: El Rosario (Antioquia), Naranjal (Chinchiná), Paraguaicito (Quindío), La Trinidad (Tolima), Pueblo Bello (Cesar) y Santa Bárbara (Cundinamarca). Para su uso y disseminación regional, la Federación Nacional de Cafeteros las denominó como Variedad Castillo® El Rosario, Variedad Castillo® Naranjal, Variedad Castillo® Paraguaicito, Variedad Castillo® La Trinidad, Variedad Castillo® Pueblo Bello y Variedad Castillo® Santa Bárbara.

Para la obtención del germoplasma con resistencia completa e incompleta a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), se definieron los siguientes objetivos básicos: selección de materiales con resistencia completa e incompleta a la roya, con buenas características agronómicas y excelente calidad del grano y de la bebida; además de utilizar progenitores con amplia adaptación a los ambientes representativos de la caficultura para conformar variedades compuestas, mediante la mezcla de progenies avanzadas de selección. En este sentido, desde 1991 se inició un plan de actividades que tiene como finalidad: “..... la selección de nuevas progenies con resistencia completa e incompleta dentro de los materiales más avanzados de los proyectos de selección por resistencia durable a roya” (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8).

El proceso de selección de las nuevas variedades se realizó principalmente en la Estación Central Naranjal mediante pruebas

de progenies en las que se escogieron los genotipos promisorios, candidatos para conformar variedades compuestas e identificar grupos, que posteriormente se evaluaron regionalmente por adaptación a diversidad de ambientes. A partir del análisis de los resultados de campo se identificaron genotipos con adaptación específica para conformar así las variedades compuestas de uso regional. De esta manera y según la región se identificaron grupos de seis a diez progenies sobresalientes por ambiente de prueba, que conformaron dichas variedades. Su utilización puede extenderse a áreas cuyas condiciones agroecológicas sean relativamente análogas a las del lugar de evaluación. Esta estrategia de mejoramiento permite beneficiar a los caficultores con mayor producción relativa respecto a la mezcla general que conformó la Variedad Castillo®, menor amplitud en la mezcla en producción conservando la diversidad genética (progenie con mayor producción – progenie con menor producción), buenas características del grano y buena calidad en taza (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8).

Al analizar estas nuevas variedades, desde el punto de vista de la factibilidad de su adopción por parte de los caficultores, debe considerarse que la inversión en nuevas tecnologías en cultivos perennes implica un compromiso irreversible de capital, en el cual puede generarse un flujo incierto de retornos (20). Como resultado de lo anterior, en la decisión de adoptar una nueva variedad de un cultivo perenne se incluye la posibilidad de obtener ventajas económicas reales, debido a la mayor espera para obtener retornos económicos (20); si esta opción no es evidente habrá retraso en la adopción.

Por tanto, se presentan los resultados de los análisis económicos del comportamiento en producción de las variedades regionales, con el propósito de contribuir a la toma de decisiones sobre la adopción de éstas y su difusión en las diferentes áreas cafeteras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Conceptos básicos. Para facilitar la comprensión de los análisis económicos es necesario tener en cuenta los conceptos de sistemas de producción y brecha de los rendimientos.

Desde un punto de vista muy general, los sistemas de producción se definen como un arreglo de componentes físicos conectados o relacionados de tal manera que forman y actúan como una unidad (21). Sin embargo, desde una perspectiva más específica, como lo es un sistema de producción de café, éste puede mirarse como un agroecosistema que se define como el complejo conformado por los organismos vivos y su ambiente (18).

De esta manera, el cultivo de café como sistema tiene un conjunto de entradas como: mano de obra, insumos, tierra y energía, entre otros, y una salida o producto final del sistema que es el café pergamino seco. De igual forma, en su interior el sistema está conformado por varios componentes, como la variedad de café, la densidad de siembra, los ciclos de renovación, la fertilización, la exposición solar, los ciclos de renovación, el manejo de arvenses, el manejo de enfermedades, el manejo de plagas, el tipo de crecimiento, la cosecha y el proceso de beneficio.

exposición solar, los métodos de renovación, el manejo de arvenses, el manejo de enfermedades, el manejo de plagas, el tipo de crecimiento, las formas de cosecha y el tipo de beneficio (Figura 1).

Para el análisis económico debe tenerse en cuenta que las nuevas variedades de café son sólo un componente del sistema, y el reemplazo de una variedad a otra de mayor productividad no implica otros cambios asociados a las otras variables, por tanto, no se generarán costos adicionales en la mayoría de los componentes del sistema relacionados con el manejo de las plantaciones, por la adopción de una nueva variedad de mayor productividad. De esta manera, únicamente los extra-costos relacionados con la cosecha y el beneficio del café y los mayores ingresos debidos a esa mayor productividad, son los que deben tenerse en cuenta al momento de elaborar los análisis económicos (Figura 1).

Con relación a la brecha de los rendimientos, algunos autores han planteado la existencia de diferencias que permiten comparar los rendimientos de los cultivos

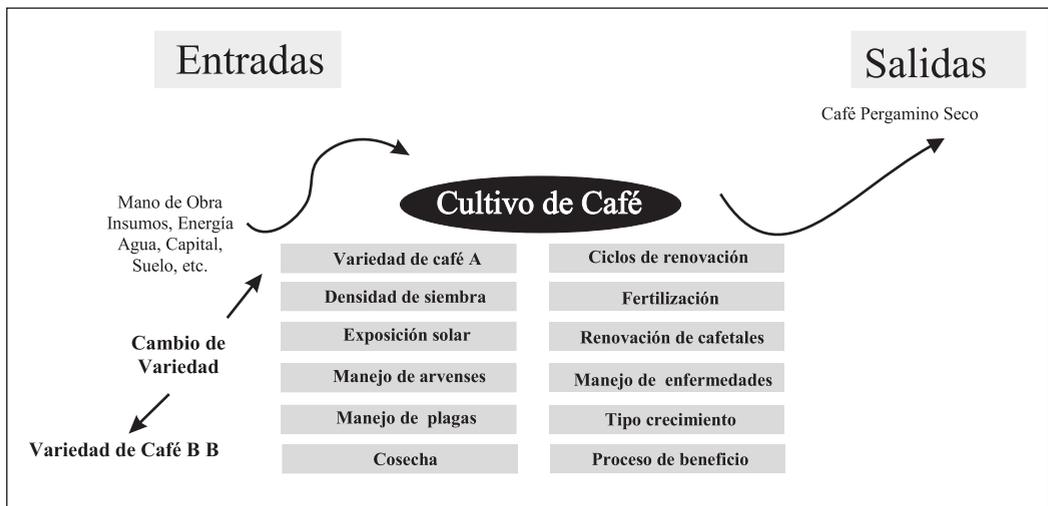


Figura 1. Diagrama del concepto de sistema de producción en café.

en distintos escenarios de manejo, desde los rendimientos obtenidos en las investigaciones realizadas en el centro experimental hasta los obtenidos por un agricultor, quien maneja su cultivo bajo condiciones y criterios de producción comercial (15, 17, 19, 22). De hecho, la brecha se define como la diferencia entre el rendimiento máximo alcanzable y el rendimiento obtenido por el agricultor (17). Así, el rendimiento máximo alcanzable corresponde al obtenido en los campos experimentales o el de los agricultores que poseen lotes que no presentan mayores restricciones físicas, biológicas o económicas, empleando las mejores prácticas de manejo. De otro lado, el rendimiento del agricultor corresponde al promedio observado en un área determinada, en un momento dado y para unas condiciones biofísicas específicas. En este sentido, se han identificado varios componentes de las brechas de los rendimientos, de acuerdo con lo descrito en la Figura 2.

La brecha de los rendimientos tiene al menos dos componentes. El primero, la brecha I, se debe principalmente a factores que no son transferibles, tales como las condiciones ambientales de manejo específico o

las tecnologías disponibles en las Estaciones Experimentales, entre otras; por tanto, esta brecha no puede cerrarse. El segundo componente, la brecha II, se debe a las diferencias en las prácticas de manejo y ocurre cuando los agricultores no usan las dosis óptimas de insumos y emplean prácticas culturales por debajo de los parámetros recomendados por los técnicos. La brecha II es manejable y puede cerrarse si se dedican mayores esfuerzos tanto en investigación como en extensión, en un contexto de un apropiado soporte institucional.

Es necesaria la comprensión del concepto de las brechas, pues los análisis económicos que se presentan a continuación son realizados con base en los rendimientos experimentales. Por tanto, es de esperarse que las diferencias relativas en productividad observadas a favor de las nuevas variedades en comparación con el testigo experimental (Variedad Castillo®), deben conservarse en la finca, aunque muy probablemente la escala será inferior, de acuerdo con el concepto de las brechas de los rendimientos. Estas diferencias a escala comercial son las que deben justificar el cambio técnico hacia las nuevas variedades por parte de los caficultores.

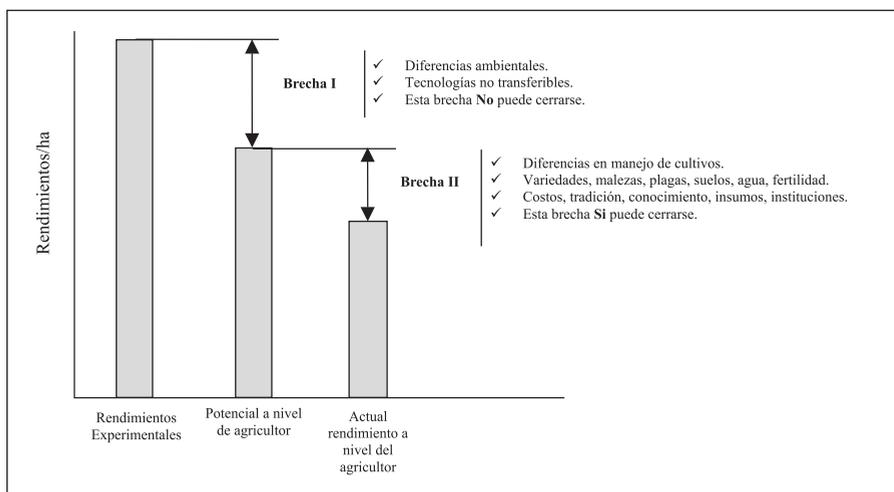


Figura 2.
Componentes de la brecha de los rendimientos.

Metodología. Con la información relacionada con las productividades experimentales de las progenies¹ se estimó el promedio de la productividad por año productivo del ciclo de cultivo para cuatro cosechas². Los análisis se realizaron sobre los promedios de productividad y no se incluyó la variabilidad asociada a dicha variable³. Las progenies analizadas, su productividad y la región en la cual se distribuyeron, se describen en la Tabla 1, teniendo en cuenta que la mezcla de las progenies por región constituye la nueva variedad regional.

Como puede observarse en la Tabla 1, la productividades de las variedades son diferenciales por zonas, lo cual representa la adaptación a ambientes más específicos y por lo cual se constituyen en variedades regionales.

Para los análisis económicos de estas nuevas variedades se incluyeron cinco tipos de acercamientos: el análisis de riesgo, el análisis marginal, el análisis de presupuestos parciales, la decisión de renovar por siembra y algunos aspectos relacionados con la complementariedad tecnológica.

Análisis de riesgo. Para realizar el análisis de riesgo en la adopción se empleó el método propuesto por Eskridge (15), que se basa en la probabilidad de obtener una cosecha con mayor o igual rendimiento al de un testigo⁴ o a un valor de referencia determinado (que correspondería a un resultado no deseado), en el contexto del análisis de decisiones. De hecho, uno de los atributos más importantes de las nuevas variedades regionales es su mayor productividad potencial. En este sentido se determinó dicha probabilidad, mediante la expresión:

Tabla 1. Progenies seleccionadas por Subestación Experimental y productividad promedio por año productivo/región⁴.

Antioquia		Caldas		Quindío		Tolima		Cesar		Cundinamarca	
Progenie	@/ha										
BH.1247	407,2	CU.1842	654,0	BH.1247	405,6	BG.459	424,8	CX.2178	360,8	BH.1247	181,6
CU.1778	412,0	CX.2385	648,0	BL.712	420,0	CU.1812	429,6	CX.2710	327,2	CU.1812	213,6
CU.1812	481,6	CU.1970	646,0	CU.1843	431,2	CU.1815	446,4	CU.1855	320,8	CU.1815	184,8
CX.2074	415,2	CU.1812	691,0	CU.1812	440,0	CX.2866	431,2	CX.2848	312,8	CU.2021	172,8
CU.1825	427,2	CX.2720	684,0	CU.1815	436,8					CU.1825	166,4
CU.2034	429,6	CU.1997	704,0	CU.1928	437,6					CU.2065	172,8
CU.1815	465,6	CX.2848	710,0	CU.1911	430,4					CU:1778	202,4
CX.2827	330,4	CX.2178	717,0	CU.2021	429,6						
CX.2178	344,8	CU.1827	715,0	CX.2074	410,4						
CU.1997	338,4	CX.2710	792,0	CX.2391	455,2						
CX.2848	336,0	CU.1855	715,0								
Promedio	380,9	Promedio	726,0	Promedio	429,5	Promedio	432,5	Promedio	327,3	Promedio	185,0

¹ Información suministrada por la Disciplina de Mejoramiento Genético y Biotecnología. Posada S., H. (Archivo *.xls – Progenies de alta productividad)

² En este promedio de productividad NO se incluye el año de levante, que es improductivo

³ El promedio de la productividad no se analizó dentro de un intervalo de confianza.

⁴ El testigo utilizado en la pruebas fue la mezcla de un grupo de progenies derivadas de Caturra x Híbrido de Timor que con posterioridad se denominó Variedad Castillo®

$P(\mu_i \leq \text{valor crítico de referencia})$

<<1>>

Donde:

P = Probabilidad.

μ = Promedio de la productividad de la nueva variedad, en cada región.

i = Cada región considerada

($i = 1, 2, \dots, 6$).

El valor crítico o valor de referencia, está dado por el promedio de la productividad de la Variedad Castillo® en cada región, la cual fue utilizada como testigo local en todos los casos.

En este análisis, se asumió una distribución normal de la variable de interés X_i (productividad de las nuevas variedades regionales), con una media μ_i y una varianza σ_i^2 .

$$X_i \sim N(\mu_i, \sigma_i^2)$$

<<2>>

Donde:

i = Representa cada región

($i = 1, 2, \dots, 6$).

Por tanto, si se cumplía este supuesto, se transformaba la variable de interés a una variable normal estándar⁵ Z (17), así:

$$Z = VC_i - \frac{\mu_i}{\sigma_i}$$

<3>>

Donde:

VC_i = Valor crítico de productividad, en cada región.

μ_i = Promedio de productividad de la nueva variedad en cada región.

σ_i = Desviación estándar de la productividad de la nueva variedad, en cada región.

Debido a que la variable normal estándar facilita encontrar la probabilidad de que dicha variable asuma valores dentro de un rango dado, ésta se expresó para este caso como:

$$P(Z \leq \frac{VC_i - \mu_i}{\sigma_i}) \quad \text{<<4>>$$

Con el valor de Z obtenido en <4>, se buscó en las Tablas de distribución normal la probabilidad correspondiente y dependiendo de dicha probabilidad se determinó el nivel de riesgo en la adopción de las nuevas variedades de café.

Para establecer si la variable promedio de productividad por hectárea en un año productivo del ciclo, en las nuevas variedades de café, presentaba una distribución normal se empleó la prueba de Shapiro – Wilks (con una significancia del 5%). Esta prueba es una de las de mayor sensibilidad a la no normalidad y es especialmente útil en muestras pequeñas, cuando $n \leq 50$ (6). La prueba se realizó con las siguientes hipótesis:

H_0 : La variable procede de una distribución normal

H_a : La variable no procede de una distribución normal

Siendo el criterio de decisión mantener H_0 si el $P_{\text{valor}} > 0,05$, momento en el cual se constataba que la variable se distribuía normalmente.

De igual forma, para ilustrar mejor el nivel de riesgo, éste puede establecerse en términos del número de cosechas que presentarían productividades iguales o inferiores al testigo. Con un ciclo total de 20 años para un cultivo de café (un ciclo de siembra y tres de zoca), correspondientes a 16 cosechas de café, el número de cosechas esperadas con productividades superiores al testigo, se estimó mediante la siguiente expresión:

$$\#cosechas\ esperadas (>testigo) = \#cosechas - [\#cosechas * P(<=testigo)]$$

<<5>>

Análisis marginal. Es el proceso que considera cambios marginales⁶ o cambios incrementales en una decisión y determina si dado un cambio se mejorarán los resultados de quien toma las decisiones. En este sentido, se estima el beneficio neto marginal (10), el cual corresponde a la diferencia entre el valor del aumento en productividad de la nueva tecnología (ingreso marginal), menos el valor del incremento en los costos asociados a la producción extra (costo marginal). Así, se revelan los beneficios netos marginales por hectárea debidos a la adopción de una práctica o una tecnología, que en este caso es la variedad de café. El beneficio marginal se estimó mediante la siguiente expresión:

$$BMN/ha = \sum_{i=1}^x [IM_i - CM_i]$$

<<6>>

Donde:

BNM = Beneficio neto marginal
 IM_i = Ingreso marginal derivado de la arroba *i*.
 CM_i = Costo marginal asociado a la arroba *i*.
 X = Mayor producción de café de la nueva variedad [total arrobos de cps⁷]

Mediante el análisis marginal, también se estimó la tasa de retorno marginal por hectárea, la cual indicó la relación entre el beneficio neto marginal y el costo marginal, expresándose en forma porcentual. La tasa de retorno marginal se determinó mediante la siguiente expresión:

$$TRM = \sum_{i=1}^x \left[\frac{BNM_i}{CM_i} * 100 \right]$$

<<7>>

Donde:

TRM = Tasa de retorno marginal
 BNM_i = Beneficio neto marginal derivado de la arroba *i*.
 CM_i = Costo marginal asociado a la arroba *i*.
 X = Mayor producción de café de la nueva variedad [total arrobos de cps].

Análisis de presupuestos parciales. La técnica de los presupuestos parciales es utilizada para evaluar el valor potencial de los cambios en las formas de producción (9), como es el caso de la incorporación de nuevas tecnologías. Esta técnica es particularmente útil para evaluar, entre otros, cambios en diferentes prácticas de producción (11), como una nueva variedad, e involucra en el análisis sólo los factores que intervienen en dicho

⁵ La variable se centra y estandariza

⁶ En el caso del café, los cambios marginales a veces son de baja magnitud (pocas arrobos), pero también los hay de mayor magnitud (mayor número de arrobos). Por tanto, son relativos.

cambio. Debe enfatizarse que mediante esta técnica se evalúa la introducción o variación en algún o algunos de los componentes tecnológicos en un sistema de producción que representan cambios parciales, con referencia a una situación actual o preestablecida.

Los presupuestos parciales están basados en el principio de que pequeños cambios en la producción podrán tener uno o más de los siguientes efectos:

- 1) Originar costos adicionales en los que se incurre
- 2) Eliminar o reducir algunos retornos
- 3) Originar retornos adicionales que son recibidos
- 4) Eliminar o reducir algunos costos

Para este análisis se empleó la siguiente matriz:

Impactos negativos \$	Impactos positivos	\$
Costos adición. (1)	Retornos adición. (3)	
Retornos reduc. (2)	Costos reducidos (4)	
A. Total (1+2)	B. Total (3+4)	
Cambio Neto en		
Ingreso		
(B-A)	0	

En el lado izquierdo de la matriz se introdujeron y totalizaron los efectos negativos del cambio técnico, que en este caso correspondieron sólo a los costos adicionales de cosecha y beneficio correspondientes a la producción extra. En el lado derecho, se introdujeron los impactos positivos de la innovación y se totalizaron. La no adopción del cambio técnico (en este caso la nueva variedad), si el efecto neto en términos económicos es positivo, conllevaría a un costo de oportunidad representado por la diferencia [B-A].

El efecto neto del cambio es equivalente a la suma de los efectos positivos (3+4),

menos la suma de los efectos negativos (1+2). Para el caso de las nuevas variedades de café, si el efecto neto es positivo el cambio es viable, de lo contrario no serían recomendables.

Renovación por siembra. Debido a que probablemente algunos caficultores pueden estar interesados en realizar adopciones tempranas de estas nuevas variedades, se incluyó el análisis económico para la renovación por siembra en lugar de hacerlo por zoca, si corresponde con los ciclos de renovación.

Complementariedad tecnológica. Adicionalmente, se hicieron algunas consideraciones relacionadas con la complementariedad tecnológica y sus implicaciones al adoptar nuevas variedades de café.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en la Tabla 1 y la información experimental, se determinaron las productividades base del testigo en cada una de las localidades, el incremento porcentual en productividad de las nuevas variedades, la productividad de las nuevas variedades y la diferencia en productividad, expresada en arrobas de café pergamino seco. Estas estimaciones tienen como base el promedio de la producción/ha por año productivo del ciclo del cultivo y son la base para los análisis económicos que se presentan a continuación (Tabla 2).

1. Análisis de riesgo. En la investigación tendiente al mejoramiento genético de los cultivos existe interés en varios campos tales como el desarrollo y la evaluación de nuevos materiales, así como el establecimiento de diferencias con los materiales que van a ser reemplazados. De igual forma es necesario realizar las recomendaciones para su uso,

estableciéndose las condiciones ambientales en las cuáles un material genético es mejor que otro.

El análisis de decisiones es útil en las dos últimas etapas del proceso de investigación (evaluación y recomendación), pues permite generar elementos para comprender la viabilidad de los nuevos materiales y estimular su adopción. En este acercamiento uno de los aspectos que se atiende es el riesgo, entendido como la probabilidad de obtener cosechas con productividades menores o iguales a la del testigo (Variedad Castillo®) o a un valor crítico considerado.

En la Tabla 3 se presentan los resultados del análisis de normalidad para las variedades regionales según el test de Shapiro-Wilks.

Debido a que la variable productividad se distribuyó normalmente en todas las localidades, se aplicó la metodología de Eskridge (Figura 3) (16).

Los resultados obtenidos, expresados en términos de probabilidad de obtener cosechas inferiores o iguales a las del testigo regional, se presentan en la Tabla 4.

En la Tabla 4 se observa que la localidad con relativo mayor riesgo es la del Rosario, con 15% de probabilidad de obtener una productividad inferior a la de la Variedad Castillo®. Para las otras regiones dicha probabilidad es igual o menor al 5%, encontrándose que para el caso de La Trinidad, según los resultados, no se obtendrían cosechas iguales o inferiores al valor crítico considerado.

Si estos resultados se observan desde otra perspectiva, por ejemplo en términos del número de cosechas que se presentarían iguales o inferiores al testigo regional, es evidente que el nivel de riesgo en la adopción es bajo y que la decisión de cultivar dichas variedades redundaría en resultados positivos para el caficultor. Por ejemplo, si un lote de café se siembra para cuatro ciclos

Tabla 2. Productividades de las nuevas variedades Castillo® regionales

Variables	Localidad					
	El Rosario	Naranjal	Paraguacito	La Trinidad	Pueblo Bello	Santa Bárbara
Productividad base (testigo, A)	325,6	636,3	385,6	396,8	291,2	156,8
Incremento porcentual (%)	17	14	11	9	12	18
Productividad nueva variedad (B)	380,9	726,0	429,5	432,5	327,3	185,0
Desviación estándar nuevas variedades (@ cps)	53,6	41,6	14,6	9,33	21,1	17,2
Diferencia en @ cps (A - B)	55,3	89,7	43,9	35,7	36,1	28,2

⁷ cps = café pergamino seco

Tabla 3. Resultados del test de normalidad para la variable productividad de las Variedades Castillo® Regionales.

Localidad	Estadístico de Shapiro-Wilks	P_valor	Decisión	Distribución
El Rosario	0,900575	0,180124	Mantener Ho	Normal
Naranjal	0,888368	0,128281	Mantener Ho	Normal
Paraguaicito	0,957645	0,745072	Mantener Ho	Normal
La Trinidad	0,872235	0,459096	Mantener Ho	Normal
Pueblo Bello	0,867360	0,441762	Mantener Ho	Normal
Santa Bárbara	0,902696	0,361714	Mantener Ho	Normal

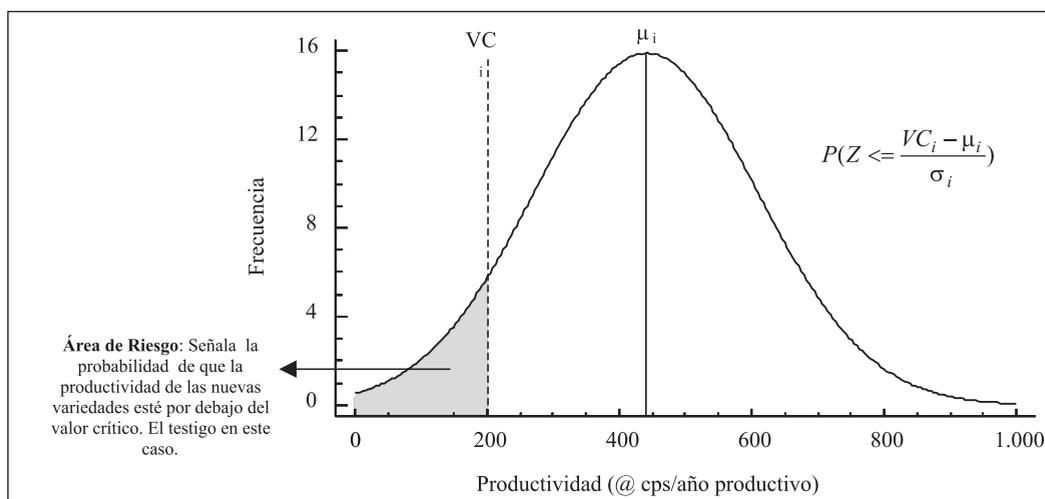


Figura 3. Descripción gráfica de la estimación de la probabilidad de obtener productividades inferiores a las del testigo.

Tabla 4. Probabilidad de obtener en las variedades Castillo® regionales cosechas inferiores o iguales a la Variedad Castillo®.

Localidad	Probabilidad ≤ testigo (%)
El Rosario	15,1
Naranjal	1,58
Paraguaicito	0,13
La Trinidad	0,0
Pueblo Bello	4,36
Santa Bárbara	5,05

de cultivo, uno de siembra y tres de zoca y la duración de cada ciclo es de 5 años (4 cosechas), se obtendrían 16 cosechas. El número de cosechas esperadas con productividades superiores al testigo, se estimaría mediante la siguiente expresión,

$$\#cosechas\ esperadas (>testigo) = \#cosechas - [\#cosechas * P(<=testigo)]$$

Los resultados del número de cosechas para las variedades regionales con probabilidad de productividad media mayor a la de la Variedad Castillo®, se presentan en la Tabla 5.

Con base en estos resultados, es evidente que el nivel de riesgo en la adopción es bajo y que la decisión de cultivar dicha variedad redundaría en resultados positivos para el caficultor. Sin embargo, el resultado más desfavorable se presentaría en la localidad El Rosario, pero aun en este caso sólo en aproximadamente dos cosechas de las 16, se esperaría una productividad inferior o igual a la del testigo.

Análisis marginal. Con la adopción de la nueva variedad se generan unos costos adi-

cionales asociados a la cosecha y beneficio, pero a la vez se originan retornos adicionales asociados también a la mayor productividad de la variedad, y en este sentido, se analizan sólo los costos e ingresos que varían.

Para justificar el cambio se analizó qué ocurre con la producción extra de la variedad, lo cual se entiende como un cambio marginal. Inicialmente, se estimó el beneficio neto marginal de la siguiente arroba generada por la mayor productividad (cambio pequeño inicial), teniendo en cuenta sólo los costos e ingresos marginales asociados a la producción de esa arroba (Tabla 6).

De acuerdo con los valores presentados en la Tabla 6, la primera arroba equivale a:

$$BMN / @cps = [\$40.000 - \$16.375] = \$23.625$$

De esta manera, para la primera arroba obtenida de la mayor productividad de las nuevas variedades se observan ventajas económicas. Así, si a partir de la primera arroba producida una nueva variedad de café presenta diferencias estadísticas significativas con relación a otra variedad, serán evidentes las ventajas en su adopción. Pero además,

Tabla 5. Número de cosechas de las variedades regionales superiores a la Variedad Castillo® (para cuatro ciclos de producción, 16 cosechas)⁸

Localidad	Número de cosechas mayor al testigo
El Rosario	13,6
Naranjal	15,7
Paraguaicito	15,97
La Trinidad	16
Pueblo Bello	15,3
Santa Bárbara	15,2

⁸ La variable número de cosechas es una variable discreta. Sin embargo no se aproximó al siguiente número entero, para ilustrar más acerca de la probabilidad.

Tabla 6. Beneficio neto marginal de la siguiente arroba producida por las variedades regionales

Item	Cálculo ⁹	Valor (\$)
1. Costo recolección siguiente arroba cps	62,5kg cc/@ * \$230/kg cc	14.375
2. Costo del beneficio	1@ cps * \$2.000/@ cps	2.000
3. Costo marginal siguiente arroba		16.375 (A)
4. Ingreso Marginal siguiente arroba	1@ cps * \$40.000/@ cps	40.000 (B)
5. Beneficio Neto Marginal@	(B-A)	23.625

aun con precios inferiores a \$30.000 por arroba de café pergamino seco, el beneficio neto marginal sería positivo.

Sin embargo, debe considerarse que la decisión de adopción no deberá estar limitada a un cambio tan marginal, por tanto, en la Tabla 2 se presentan las diferencias de producción en arrobas entre las nuevas variedades y el testigo, lo cual permite estimar el impacto económico con mayor certeza. Si sobre esta base se asume que una finca cafetera tiene un promedio de productividad por hectárea por año del ciclo, de 150@ cps y se introduce un cambio de variedad, asumiéndose incrementos diferenciales porcentuales en productividad, es posible observar los cambios marginales individuales. En la Figura 4 se observa la magnitud de la sumatoria de los cambios marginales individuales en la curva de Beneficio Neto Marginal.

Puede concluirse que el cambio es ampliamente favorable en la medida que el incremento porcentual es mayor, lo cual es obvio, pero también debe resaltarse que aun en incrementos porcentuales pequeños, como por ejemplo 0,5%, 1% y 1,5%, se observan ventajas hacia las nuevas variedades. Sin embargo, llevar a cabo dicho cambio

también dependerá de las expectativas del caficultor.

En cuanto a la tasa de retorno marginal para la primera arroba obtenida, que es el cambio más pequeño obtenido de la mayor la producción de las nuevas variedades, se observa lo siguiente:

$$TRM = \left[\frac{\$23.625}{\$16.375} * 100 \right] = 144\%$$

De esta manera, es evidente que la tasa de retorno marginal es alta, lo que indica ventajas positivas hacia el cambio técnico. En la formulación de recomendaciones a partir de un análisis marginal es necesario estimar esta tasa pues ella debe ser superior a la tasa de retorno mínima aceptable para los agricultores, debido a que ellos requieren llevar a cabo inversiones adicionales (costos marginales) y por tanto, considerarán los ingresos adicionales (ingresos marginales).

La experiencia del Cimmyt (10), a través de evidencia empírica, demuestra que en la mayoría de las situaciones la tasa de retorno mínima aceptable oscila entre 50 y 100%. Si

⁹ Supuestos: (1) costo recolección, \$230/kg café cereza; (2) conversión, 62,5kg café cereza/@ cps; (3) costo beneficio, \$2.000/@ cps; (4) precio de venta \$40.000/@ cps.

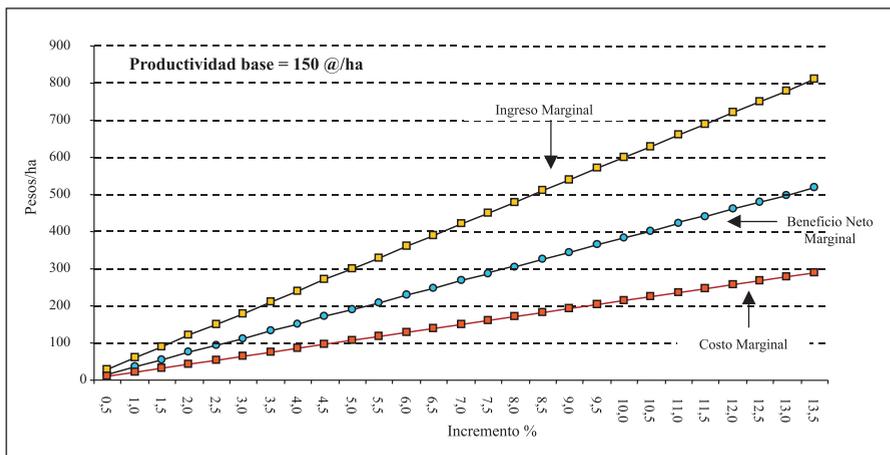


Figura 4. Beneficio neto marginal para incrementos diferenciales porcentuales en productividad

la tecnología es nueva para el agricultor y requiere el desarrollo de nuevas habilidades y destrezas, la tasa mínima esperada es del 100% pero si por el contrario, la tecnología representa un ajuste sencillo a la práctica actual (cambio en la dosis del fertilizante, por ejemplo), una tasa mínima del 50% podría ser aceptable. Adicionalmente, si el cambio de la tecnología representa una tasa de retorno superior al 100% es correcto considerarla apropiada para la mayoría de los casos de cambio técnico.

Si con un cambio tan pequeño, como la primera arroba de extra producción, la tasa marginal de retorno es alta, para el caso de las nuevas variedades que presentan incrementos porcentuales entre 9 y 18%, el impacto económico final será por tanto, de mayor magnitud. De esta manera, el cambio técnico propuesto en la adopción de las nuevas variedades de café es también viable, visto desde la tasa de retorno marginal de la nueva tecnología.

Análisis de presupuestos parciales. La técnica de los presupuestos parciales es otra forma de evaluar los cambios o ajustes económicos implícitos en la adopción de una variedad

de café con mayor productividad. Mediante ésta, se evalúa la introducción o variación en algún o algunos de los componentes tecnológicos en un sistema de producción y que representan cambios parciales con referencia a una situación actual o preestablecida. De acuerdo con lo propuesto en la metodología, se construyó la siguiente matriz (Tabla 7), para el caso de El Rosario como ejemplo base, tomando como referencia un año productivo del ciclo.

Para el caso de la Variedad Castillo® El Rosario el cambio neto en ingreso es positivo lo que indica también que el cambio técnico es económicamente viable. De esta manera al realizar el análisis de presupuestos parciales para las seis localidades los efectos netos en ingreso son positivos en todos los casos, tal como se aprecia en la Tabla 8.

Renovación por siembra. En el manejo de cafetales una alternativa de renovación comúnmente utilizada es la renovación por zoca, la cual se aplica al lote de mayor edad de la finca de acuerdo con los ciclos de renovación establecidos. Sin embargo, después de 2 ó 3 zoqueos que equivalen a 15 ó 20 años, los caficultores renuevan sus

Tabla 7. Análisis de los presupuestos parciales para la variedad regional, Variedad Castillo® El Rosario.¹⁰

Impactos Negativos/ha	\$	Impactos Positivos/ha	\$
Costos Adicionales (1)	906.389	Retornos Adicionales (3)	2'214.080
Retornos Reducidos (2)	0	Costos Reducidos (4)	0
A. Total (1+2)	906.389	B. Total (3+4)	2'214.080
Cambio Neto en Ingreso/ha (B-A)	1'307.691		

Tabla 8. Presupuestos parciales de las seis variedades regionales

Localidad	Cambio Neto en Ingreso (\$)/ha
El Rosario	1.307.691
Naranjal	2.119.706
Paraguaicito	1.038.517
La Trinidad	843.696
Pueblo Bello	591.282
Santa Bárbara	666.792

cafetales normalmente mediante siembras nuevas, por lo que éste sería uno de los momentos adecuados para llevar a cabo el cambio de variedad y comenzar la adopción de una nueva. En este caso no se incurriría en costos adicionales en la adopción de la tecnología pues los lotes a renovar por siembra ya cumplieron su ciclo normal de producción.

No obstante, es probable que algunos caficultores se interesen en adoptar tempranamente estas nuevas variedades y decidan renovar por siembra con la nueva variedad, lotes que originalmente estaban dentro de la planeación de renovación por zoca. Ante esta situación, se analiza la viabilidad de la renovación por siembra, asumiendo que la mayor productividad de las nuevas variedades está en capacidad de absorber los costos

adicionales que implica la renovación por siembra en lugar de hacerlo por zoca.

Acerca de las diferencias en costos entre renovar por siembra o hacerlo mediante zoca, los análisis económicos indican una diferencia de 50% en costos a favor del zoqueo convencional (corte a 30cm del suelo) (13). Para densidades de 10.000 plantas/ha, la diferencia puede equivaler a \$2.250.000/ha¹¹, partiendo de los supuestos descritos en la Tabla 9.

Con estos supuestos se analiza la viabilidad de efectuar la renovación por siembra de acuerdo con un horizonte temporal de cinco años y cuatro cosechas. En la Tabla 10 se analizan solamente los costos y los ingresos adicionales generados por la mayor producción de los nuevos materiales de café.

¹⁰ Supuestos: (1) costo recolección, \$230/kg café cereza; (2) conversión, 62,5 kg café cereza/@ cps; (3) costo beneficio, \$2.000/@ cps; (4) precio de venta \$40.000/@ cps.

¹¹ Sin tener en cuenta resiembras y fertilizaciones, cuyos costos pueden ser similares en ambos casos.

De acuerdo con la Tabla 10, el Valor Presente Neto del flujo neto obtenido por el cambio técnico es positivo, por tanto, la opción de renovar por siembra en lugar de hacerlos por zoca es viable si se busca una adopción temprana de estas nuevas variedades.

En este mismo sentido y como información complementaria, se estimó el tiempo necesario para recuperar la inversión de la renovación por siembra (\$2.250.000 de sobre costo). Se tuvo en cuenta el ingreso derivado del incremento en la producción como fuente de recursos para absorber la

Tabla 9. Supuestos básicos para la renovación de un cafetal por siembra.

Variable	Supuesto
Producción base	220@/ha (por año del ciclo)
Incremento porcentual de la nueva variedad	13,6% ¹²
Incremento en producción física	29,92@ cps/ha (por año del ciclo)
Conversión café cereza a pergamino seco	62,5kg cc por arroba
Costo adicional por la renovación por siembra	\$2.250.000
Costo de la recolección	\$230/kg cc
Costo del Beneficio	\$2.000/@ cps
Precio de venta del café	\$40.000/@ cps
Tasa de descuento ¹³	4,7%

Tabla 10. Evaluación económica de la renovación por siembra con las nuevas variedades regionales

	Edad del cafetal (años)				
	1	2	3	4	5
Costos					
Renovación	2.250.000	0	0	0	0
Recolección	0	430.100	430.100	430.100	430.100
Beneficio	0	59.840	59.840	59.840	59.840
Total Costos (A)	2.250.000	489.940	489.940	489.940	489.940
Ingresos					
Café	0	1.196.800	1.196.800	1.196.800	1.196.800
Total Ingresos (B)	0	1.196.800	1.196.800	1.196.800	1.196.800
Flujo Ingresos actualizado	0	1.142.400	1.090.473	1.040.906	993.592
Flujo Neto (B-A)	2.250.000	706.860	706.860	706.860	706.860
Valor Presente Neto (VPN)	270.416				

¹² La tasa de descuento corresponde a la tasa real de interés más tres puntos adicionales como prima de riesgo.

¹³ Mestre M., A. Respuesta en productividad de acuerdo con la densidad de siembra en variedad Colombia. Comunicación personal, Chinchiná, Noviembre/2000

mayor inversión de la renovación. El flujo de ingresos se actualizó a su valor presente y así se construyó el flujo acumulado, de tal manera que cuando este flujo acumulado supera el costo de la inversión, ésta se ha recuperado (Figura 5).

Para el caso de las variedades regionales, la inversión realizada en la renovación por siembra se recupera a los tres años de establecida la plantación antes de finalizar el primer ciclo, éste es un tiempo corto si se considera que una nueva siembra puede tener una vida útil de 15 a 20 años. De acuerdo con los supuestos anteriormente establecidos, se justifica la adopción temprana de las nuevas variedades de café.

Al efectuar el análisis de sensibilidad se encontró que si la productividad base fuese en promedio de 150@/ha por año del ciclo, permaneciendo fijos los demás supuestos, el tiempo de recuperación se prolongaría un año más. Por el contrario, si se parte de productividades inferiores, el

tiempo de recuperación sería más prolongado y es posible que la inversión sólo se logre recuperar a partir del segundo ciclo de renovación, lo cual podría, ser menos atractivo para un adoptante temprano. En cuanto a las variaciones del precio interno, si éste desciende a \$35.000/@ cps, la recuperación de la inversión se aplazaría seis meses, requiriéndose entonces 3,5 años. Para precios menores (\$30.000/@), el tiempo de recuperación requerido sería de cuatro años. De otro lado, si se partiera de productividades inferiores a 150@ y precios muy bajos (\$30.000/@), no habría recuperación de la inversión en el primer ciclo del cultivo. De este análisis se deduce, que el mayor o menor tiempo de recuperación de la inversión en la renovación por siembra es más sensible a las disminuciones de la productividad del cafetal que al precio interno.

Complementariedad tecnológica. Del análisis anterior se concluye que es fundamental seleccionar adecuadamente el sistema de producción de café según las condiciones

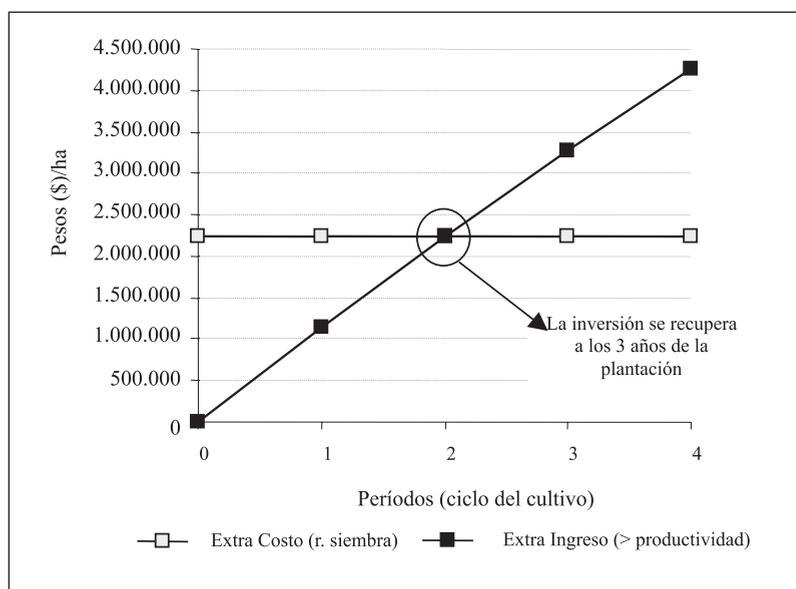


Figura 5.
Recuperación de la inversión de la renovación por nueva siembra de las variedades regionales.

agroecológicas de las diferentes regiones cafeteras. En este sentido es necesario asegurar que las plantaciones con las nuevas variedades tengan un adecuado y oportuno manejo agronómico, que garantice la mejor expresión de la productividad de estos materiales. Esto significa tomar las mejores decisiones en cuanto a los diferentes componentes tecnológicos, como son la densidad de siembra, los ciclos de renovación, la fertilización, el manejo de arvenses y el manejo de enfermedades y plagas, entre otros. Aunque en un sistema de producción existe interacción de todos los componentes, de éstos, la densidad de siembra tiene uno de los efectos más importantes en la determinación de la productividad del cafetal (13). En la Figura 6 se ilustra la importancia de la densidad de siembra en la productividad del cafetal, teniendo en cuenta que los experimentos desarrollados por la Disciplina de Mejoramiento Genético y Biotecnología de Cenicafé, se empleó una densidad de 5.000

plantas/ha, a una distancia de siembra de 2 x 1m.

La función de producción utilizada en la Figura 6, corresponde a un experimento sobre densidades de siembra con variedad Colombia, realizado en la Estación Central Naranjal¹⁴. Se observa cómo al pasar de 5.000 a 10.000 plantas por hectárea la productividad se incrementa en un 25%, mientras que al aumentar la densidad de siembra de 5.000 a 7.500 plantas, el incremento de la productividad es del 17%.

De esta manera puede plantearse que los incrementos totales (Δ) en productividad se derivan de la sumatoria de la contribución de los incrementos parciales, como se observa en la expresión:

$$\Delta_{Total\ productividad} = \Delta_{Genético} + \Delta_{Tecnológico}$$

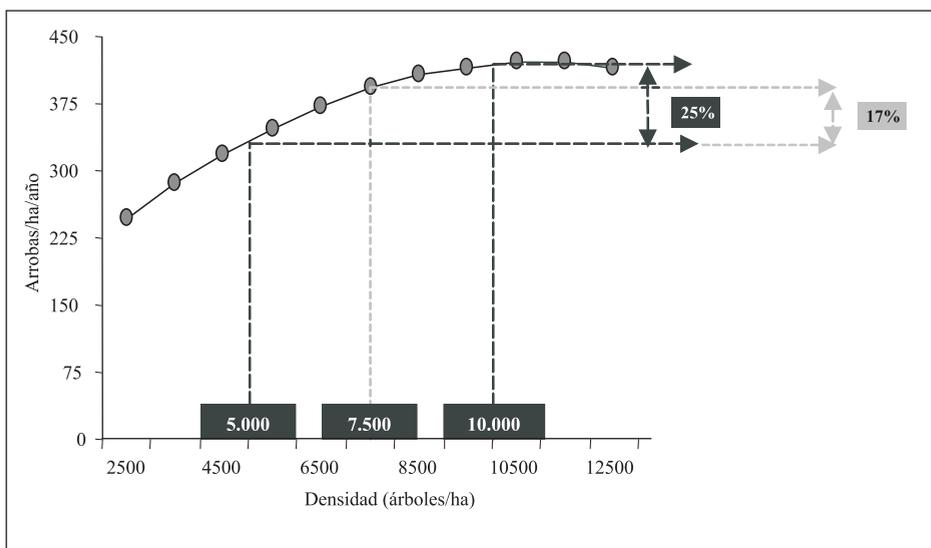


Figura 6. Productividad de café al sol, en función de la densidad de siembra.

¹⁴ Mestre M., A. Respuesta en productividad de acuerdo con la densidad de siembra en variedad Colombia. Comunicación personal, Chinchiná, Noviembre/2000

En la anterior expresión los incrementos en la productividad total (aumentos sobre una base dada), corresponden a la sumatoria de los incrementos en productividad debidos al mejoramiento genético (nuevas variedades) más un incremento en productividad debido a la tecnología de producción, que está relacionado con el correcto manejo agronómico de los cafetales. De esta forma, cualquier adoptante de estas nuevas variedades de café debe tener claridad en que para lograr una alta expresión en productividad debe asegurar el empleo de las mejores prácticas de cultivo que, de forma complementaria, contribuirán para alcanzar los niveles esperados en este campo, generando beneficios económicos para los caficultores.

De acuerdo con los análisis descritos y los resultados encontrados, pueden plantearse cuatro consideraciones finales.

En primer término y como una consideración que debe acompañar los resultados obtenidos en los análisis económicos, es fundamental tener en cuenta que para alcanzar los beneficios derivados del desempeño y la expresión del potencial productivo de estas nuevas variedades es necesario que los caficultores realicen el manejo agronómico dentro de los parámetros establecidos para una caficultura tecnificada y competitiva. Esto implica hacer uso de toda la tecnología disponible como el empleo de los mejores colinos de café, la densidad de siembra óptima, el número de ciclos de renovación adecuados, las fertilizaciones apropiadas, etc., esto de acuerdo con la oferta ambiental de cada región.

En segundo lugar, desde lo estrictamente económico, los análisis muestran que desde el punto de vista del riesgo en la adopción, el análisis marginal y los presupuestos parciales, existen ventajas en la adopción y uso de las nuevas variedades de café. La magnitud de

las ventajas económicas será diferencial de acuerdo con las regiones estudiadas y la brecha en los rendimientos esperada.

Igualmente, en aquellos casos en los que se busque la adopción temprana de estos materiales y se decida renovar por siembra en lugar de hacerlo por zoca (acortando el ciclo de zoca), es viable hacerlo, aunque el tiempo de recuperación de la inversión variará dependiendo de la productividad base de la región y del precio interno, entre otros factores.

Al examinar los resultados de los análisis de la información experimental es evidente que existen ventajas objetivas para establecer recomendaciones para la promoción, uso y adopción de estas nuevas variedades de café por parte de los caficultores de las regiones de influencia de las mismas.

LITERATURA CITADA

1. AFFHOLDER, F.; SCOPEL, E.; MADEIRA N., J.; CAPILLON, A. **Diagnosis of the productivity gap** using a crop model. Methodology and case study of small-scale maize production in central Brazil. *Agronomie* 23: 305-325. 2003.
2. ALVARADO A., G.; POSADA S., H.E.; CORTINA G., H.A. Castillo: Nueva variedad de café con resistencia a la roya. *Avances Técnicos Cenicafe* No. 337: 1-8. 2005.
3. ALVARADO A., G.; POSADA S., H.E.; CORTINA G., H.A.; DUQUE O., H.; BALDIÓN R., J.V.; GUZMÁN M., O. La Variedad Castillo Naranjal para regiones cafeteras de Caldas, Quindío, Risaralda y Valle. *Avances Técnicos Cenicafe* No. 338: 1-8. 2005.
4. ALVARADO A., G.; POSADA S., H.E.; CORTINA G., H.A.; DUQUE O., H.; BALDIÓN R., J.V.; GUZMÁN M., O. La Variedad Castillo Paraguaquito para regiones cafeteras de Quindío y Valle del Cauca. *Avances Técnicos Cenicafe* No. 339: 1-8. 2005.

5. ALVARADO A., G; POSADA S., H.E.; CORTINA G., H.A, DUQUE O., H.; BALDIÓN R., J.V.; GUZMÁN M., O. La Variedad Castillo El Rosario para regiones cafeteras de Antioquia, Risaralda y Caldas. Avances Técnicos Cenicafé No. 340: 1-8. 2005.
6. ALVARADO A., G; POSADA S., H.E.; CORTINA G., H.A, DUQUE O., H.; BALDIÓN R., J.V.; GUZMÁN M., O. La Variedad Castillo Pueblo Bello para regiones cafeteras de Magdalena, Cesar, La Guajira y Norte de Santander. Avances Técnicos Cenicafé No. 341: 1-8. 2005.
7. ALVARADO A., G; POSADA S., H.E.; CORTINA G., H.A, DUQUE O., H.; BALDIÓN R., J.V.; GUZMÁN M., O. La Variedad Castillo Santa Bárbara para regiones cafeteras de Cundinamarca y Boyacá. Avances Técnicos Cenicafé No. 342: 1-8. 2005.
8. ALVARADO A., G; POSADA S., H.E.; CORTINA G., H.A, DUQUE O., H.; BALDIÓN R., J.V.; GUZMÁN M., O. La Variedad Castillo La Trinidad para regiones cafeteras del Tolima. Avances Técnicos Cenicafé No. 343: 1-8. 2005.
9. BURTON, R.; NORMAN, D. W.; FREYENBERGER, S.G.; JONES, R. D.; JOST, J. Financial analysis for sustainable agriculture: gross margin analysis, sensitivity analysis and partial budgeting. Kansas, Agriculture Experiment Station, 2004. 22 p. (Kansas Sustainable Agriculture Series No 9).
10. CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO - CIMMYT. MEXICO. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. México, CIMMYT, 1988. 79 p.
11. DALSTED, N.L.; GUTIÉRREZ, P.H. Partial budgeting. Farm & Ranch Series No. 3760. Economics. Colorado State University. Cooperative Extension. Online Internet. Disponible en: <http://www.colostate.edu/Depts/CoopExt> (Consultado Marzo de 2004).
12. DÍAZ, A. Diseño estadístico de experimentos. Medellín, Universidad de Antioquia, 1999. 347 p.
13. DUQUE O., H.; BUSTAMANTE G., F. Determinantes de la productividad del café. Chinchiná, Cenicafé, 2002. 54 p.
14. DUWAYRI, M.; VAN TRAN, D.; VAN NGUU, N. Reflections on yield gaps in rice production: how to narrow the gaps. Online Internet. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCERP/003/X6905E/x6905e05.htm>.
15. ESKRIDGE, K. Decision analysis with applications to selection in crop breeding research. In: Course of experimental designs and analysis of multilocation trials. México, CIMMYT, 2003. 117 p.
16. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. ROMA. ITALIA. Rice and narrowing the yield gap. International Year of Rice, 2004. 2 p. Online Internet. Disponible en: <http://www.rice2004.org> (Consultado Julio 6 de 2005).
17. FASSBENDER, H. W. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Turrialba, CATIE, 1987. 475 p.
18. OERKE, E.C. Estimated crop losses due to pathogens, animal pests and weeds. In: OERKE, E.C.; DEHNE, H.W.; SHÖNBECK, F.; WEBER, A. (Eds.). Crop production and crop protection: estimated losses in major food and cash crops. Amsterdam, Elsevier, 1994. p. 72-89.
19. RICHARDS, T. J.; GREEN, G. Economic hysteresis in variety selection. In: Journal of Agricultural & Applied Economics, Southern Agricultural Economics Association, vol. 35(1), 2003. pages 1-14. Online Internet. Disponible en: <http://ideas.repec.org/a/jaa/jagape/v35y2003i1p1-14.html> (Consultado julio 5 de 2005).
20. SARAVIA, A. Un enfoque de sistemas para el desarrollo agrícola. San José, IICA, 1983. 173 p.
21. VAN TRAN, D. Closing the rice yield gap for food security. International Rice Commission, Food and Agricultural Organization, Fao. Cahiers Options Méditerranéennes, Vol. 58. Online Internet. Disponible en: http://www.ciheam.org/util/search/detail_numero.php?.mot
22. WALPOLE, R. Probabilidad y estadística para ingenieros. 6 ed. México, Prentice Hall Hispanoamérica, 1999. 752 p.