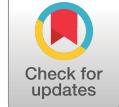


ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA RETENCIÓN DE PASES Y EMPLEO DE LONAS EN LA RECOLECCIÓN DE CAFÉ

Juan Carlos Gómez Soto *

Gómez S., J. C. (2023). Análisis económico de la retención de pases y empleo de lonas en la recolección de café. *Revista Cenicafé*, 74(1), e74101. <https://doi.org/10.38141/10778/74101>



En un contexto comercial, se evaluó el impacto económico de la retención de pases en combinación con la recolección con lonas, en El Tambo (Cauca), Chinchiná (Caldas) y Pueblo Bello (Cesar), en los cuales pudo recolectarse de forma asistida el 60,5%, 39,5% y 84,8% del flujo de café anual, respectivamente, logrando un incremento de la productividad de la mano de obra del 19,0%, 43,8% y 20,7%, con excedentes para el caficultor frente al costo incurrido en recolección convencional de 3,96%, 4,80%, y 6,71% y reducciones de 10,7%, 12,7% y 23,6% de los jornales requeridos por hectárea al año, respectivamente. El recolector en el punto de iso-excedentes crematísticos percibió ingresos adicionales frente al jornal estándar del 7,79%, 38,5%, 9,84% y 9,55% para El Tambo, Chinchiná travesía, Chinchiná cosecha y Pueblo Bello, respectivamente. La carga, oferta de frutos cosechables y la tecnología de lonas, fueron las variables que explicaron los efectos económicos del cambio técnico. Con las mejoras en la planificación de retención de pases, adecuación de lotes para empleo de lonas y la capacitación de los operarios que incrementase a un 75% el café cosechado al año con lonas y un aumento de la productividad de la mano de obra del 45%, se lograría un excedente del 10% para el caficultor por hectárea al año, lo cual es factible en el corto y mediano plazo, según las condiciones propias de cada región.

Palabras clave: Cosecha asistida, eficiencia, tecnología, café, Cenicafé.

ECONOMIC ANALYSIS OF CHERRY RETENTION AND THE USE OF TARPS IN COFFEE HARVESTING

In a commercial context, the economic impact of cherry retention combined with the use of tarps in coffee harvesting was evaluated in El Tambo (Cauca), Chinchiná (Caldas), and Pueblo Bello (Cesar). In these locations, assisted harvesting allowed for the collection of 60.5%, 39.5%, and 84.8% of the annual coffee flow, respectively. This resulted in a labor productivity increase of 19.0%, 43.8%, and 20.7%, with surplus for the coffee grower compared to the cost incurred in conventional harvesting of 3.96%, 4.80%, and 6.71%, and a reduction of 10.7%, 12.7%, and 23.6% in the required daily wages per hectare per year, respectively. The picker at the point of isocrematistic surplus perceived additional income compared to the standard daily wage of 7.79%, 38.5%, 9.84%, and 9.55% for El Tambo, Chinchiná mid-harvest, Chinchiná main harvest, and Pueblo Bello, respectively. Load, harvestable fruit supply, and tarp technology were the variables that explained the economic effects of the technical change. By improving the planning of cherry retention, adapting plots for the use of tarps, and providing training to workers to increase coffee harvested with tarps by 75% per year and increase labor productivity by 45%, a surplus of 10% per hectare per year could be achieved for the coffee grower. This is feasible in the short and medium term, depending on the specific conditions of each region.

Keywords: Assisted harvesting, efficiency, technology, coffee, Cenicafé.

* Investigador Científico II. Disciplina de Economía, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0001-9270-0538>



La recolección es la actividad con mayor participación en la estructura de costos de producción de café, demandando entre el 40% y el 55% (Duque-Orrego et al., 2021) y determina la rentabilidad de las fincas cafeteras, junto con otros factores como el precio de café y la productividad. La eficiencia de la recolección está signada por **factores ambientales** que determinan la carga y oferta de café al momento de cosecha (Tavares et al., 2019), por **factores agronómicos** como la densidad, edad, variedad y manejo agronómico, así como por **factores del propio recolector** de carácter antropométrico, cultural y motivacional como sistema de pago y condiciones de trabajo (Cunha et al., 2016; Duque-Orrego et al., 2021).

En cuanto al **método de recolección**, Cenicafé ha demostrado que la eficiencia de un jornal puede incrementarse entre un 40% y 45% al emplear la tecnología de combinación de lonas con pases retenidos (Álvarez-V et al., 2004; Sanz et al., 2018), como cambio técnico frente a la recolección convencional sin retención y con canastos.

La diferencia en la eficiencia de ambas condiciones se explica básicamente por tres hechos, según lo investigado por Sanz et al. (2018) y Santinato et al. (2013):

1. El incremento de la proporción de frutos maduros (oferta cosechable) y el aumento de la carga disponible de frutos cosechables en el árbol; ambas condiciones como resultado de la retención de pases.
2. El incremento de la eficiencia por la cosecha con lonas, al evitar una serie de micro-movimientos relacionados con la retención de café en la mano de los recolectores, que compensan la adición de macro-movimientos como colocación de lonas y el posterior acopio del café que ha sido desprendido sobre ellas.

La cosecha asistida con lonas debe entenderse como una práctica donde se realiza retención de pases para aumentar la oferta y la carga de café maduro y sobremaduro que se combina con la metodología de lonas y permiten desprender directamente el café cereza sobre las mismas (Sanz et al., 2018), como se muestra en la Figura 1; los mejores resultados se obtienen cuando la oferta, la carga y la cosecha sobre lonas actúan de manera sinérgica, no obstante, en algunas condiciones pueden trabajar de forma independiente y representar beneficios para el caficultor. El tiempo máximo de retención de pases depende de la distribución de las floraciones de cada región cafetera.

El valor de la recolección representa, por un lado, el costo en el que incurre el caficultor por la actividad y es igual, al menos desde el punto de vista monetario, al precio que establece el recolector por la labor al destajo o por obra, que para el caso es la unidad de peso o volumen de café recolectado, siendo la de uso más frecuente en Colombia, kilogramos de café cereza.

Pueden estimarse los beneficios para los actores económicos de un cambio técnico por medio de ecuaciones econométricas, para lo cual es útil el concepto de punto de iso-excedentes (Bergin, 2015; Pemberton & Rau, 2016; Rosser, 2016), el cual señala el valor de equilibrio crematístico, es decir, solo de carácter monetario, que haría más proclive la adopción de una práctica, puesto que habría beneficios monetarios similares, en este caso es el excedente obtenido por la reducción del costo anual incurrido en la recolección por parte del caficultor y el excedente por mayor ingreso en las jornadas en cosecha asistida para el recolector.

Como paradigma económico se establece que con un cambio técnico como el generado

por la cosecha asistida logra incrementarse la productividad de la mano de obra del operario (Srivastava et al., 2006) y, por lo tanto, hay un desplazamiento de la curva de oferta del recolector de pendiente positiva y un desplazamiento de la curva de la demanda del caficultor, que es de marginalidad negativa, cuando ambas se representan en un plano cartesiano en el eje X la cantidad y en el eje Y el precio, se obtiene una mayor cantidad de café como se detalla en la Figura 2, con el paso de Q1 a Q2 con precios similares al del equilibrio de mercado, o de forma análoga,

una cantidad similar a la ofertada en el punto de equilibrio inicial a un menor precio, que se reduce de P1 a P2.

De forma ilustrativa se tiene que, si un recolector recibe un pago de \$500 por kilogramo esto le representa un ingreso de \$50.000 por jornada al destajo (con un promedio de 100 kg recolectados) en el punto de equilibrio inicial; ahora bien, con un aumento del 10% de la eficiencia, recolectando con lonas (pasando a 110 kg por jornada), el recolector obtendría el mismo

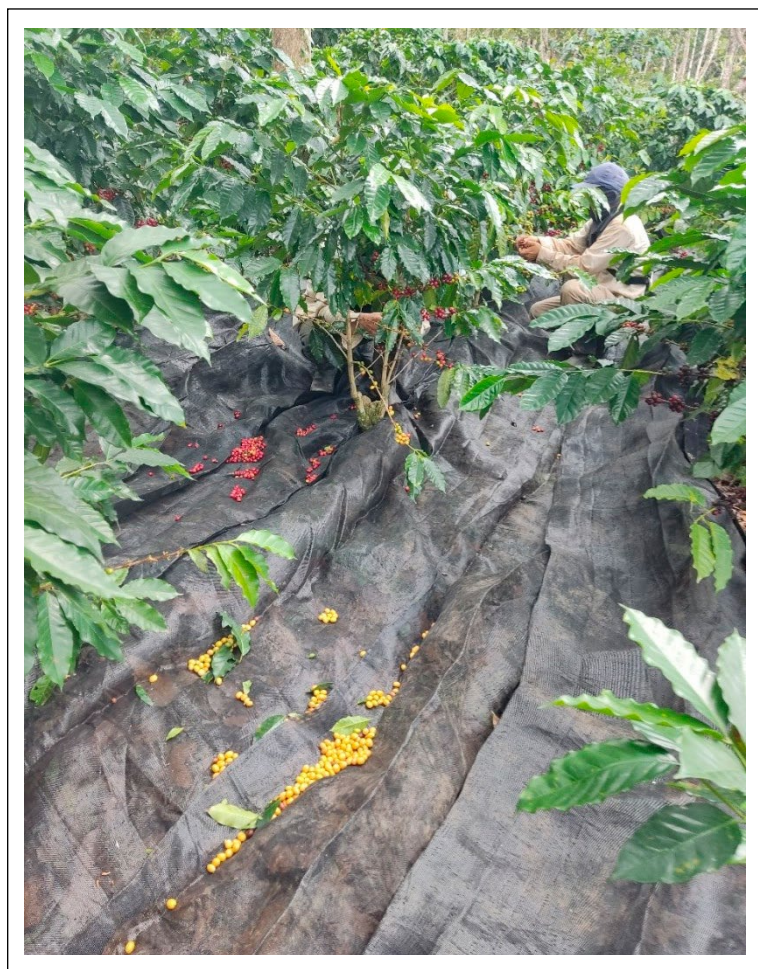


Figura 1. Cosecha asistida con lonas, Pueblo Bello (Cesar), 2021.

ingreso con un isocosto del 90,9% del valor inicial, esto es, un valor por kilogramo de \$455. Sin embargo, en este caso el recolector no tendría beneficios por el cambio técnico (\$455 por kg x 110 kg/día = \$50.000), por lo tanto, la recolección con lonas no sería cautivante para el mismo, pues para los actores económicos la adopción depende de su costo de oportunidad.

A su vez, desde la óptica del caficultor, este incurre en unos costos adicionales por empleo de lonas, representado en compra, mantenimiento y

almacenamiento, teniendo en cuenta que requiere disponer, a partir de los datos obtenidos en tres estaciones experimentales de Cenicafé, de dos lonas (un par) para productividades hasta de 1.875 kg al año; cuatro lonas (dos pares) desde 1.875 kg y hasta 3.750 kg y seis lonas (tres pares), para productividades superiores a las 3.750 kg, si pagase a \$455 el kilogramo recolectado tampoco le traería réditos económicos, puesto que el costo de la tecnología superaría la reducción en el valor pagado por kilogramo si la cantidad recolectada al año es baja.

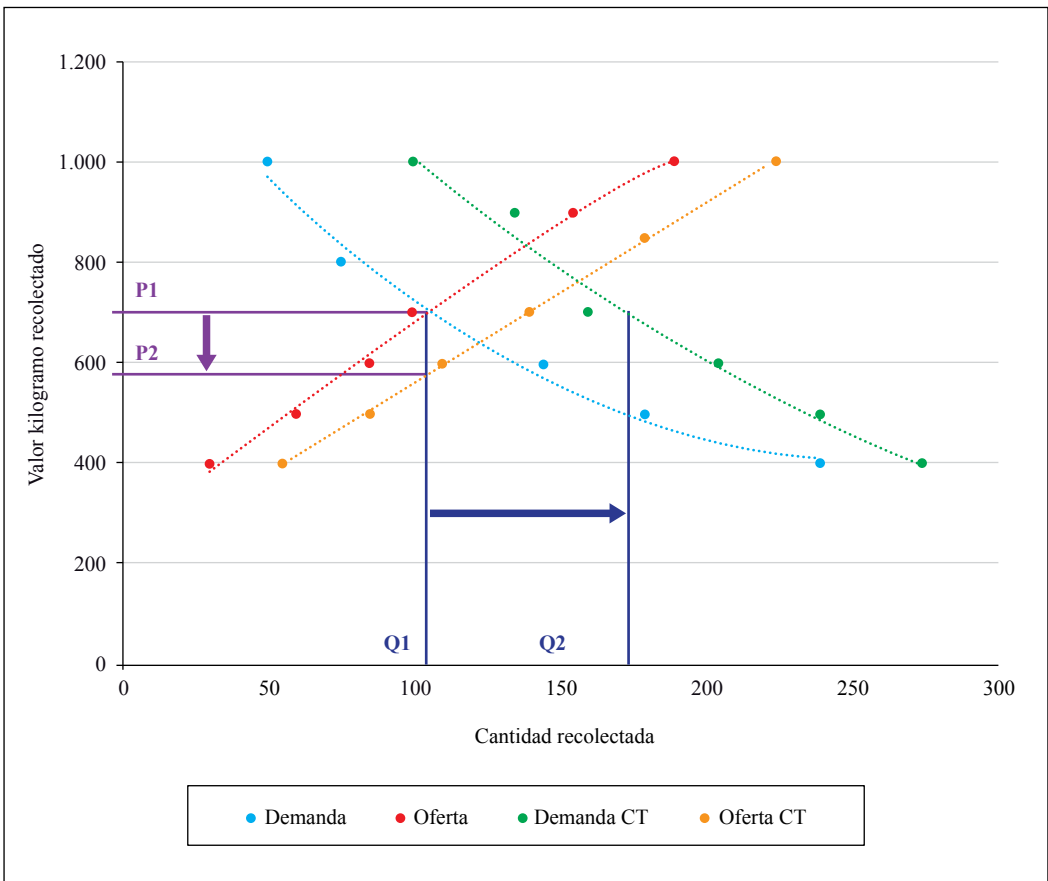


Figura 2. Desplazamientos esperados en la oferta y demanda por cambio técnico en la recolección asistida (simulación).

Dado lo anterior, debe hallarse un valor de referencia de iso-excedente crematístico que transfiera prosperidad para ambos actores, de tal modo que, a partir de la disminución del costo variable por kilogramo cosechado, el recolector y el caficultor tengan iguales beneficios monetarios acumulativos, soportados en que se pueda concentrar una cantidad de café representativa del flujo anual en la recolección asistida, y que a su vez, la carga, oferta y empleo de lonas permitan un incremento de la eficiencia que sobrepase los costos de la tecnología y que reconozcan una distribución del remanente entre caficultor y recolector.

Este estudio plantea determinar los beneficios económicos para el caficultor y el recolector cuando emplean la combinación de retención de pases y la cosecha con lonas de café cereza frente al sistema convencional de recolección de café que se efectúa sin retención y con canastos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el año 2021 y fue de tipo descriptivo. Se efectuó el análisis económico del cambio técnico del sistema de “cosecha asistida”, que combina la retención de pases y empleo de lonas, frente a la “cosecha convencional” o sistema tradicional de recolección sin retención y empleo de canastos a escala comercial (de tiempos normalizados).

El estudio se realizó en tres estaciones de Cenicafé: Pueblo Bello (César), El Tambo (Cauca) y Naranjal (Caldas); al integrar las tres estaciones al estudio se presentaron condiciones contrastantes de pendiente y distribución de cosecha, debido a que el tema de pendiente es recurrente en las inquietudes de caficultores en cuanto al empleo de lonas.

La Estación El Tambo está ubicada en las coordenadas 2°20'30.2" de latitud Norte y 76°29'49.8" de longitud Oeste, sobre la cordillera Central vertiente Occidental, a una altitud de 1.735 m, con un número de eventos florales durante el año, que suele ser del orden de 20 (Rendón & Montoya, 2015), sin embargo, sólo cuatro representan más del 50% de floración y estos se reflejan en una cosecha concentrada en el primer semestre del año.

La Estación Naranjal se encuentra ubicada en Chinchiná, en las coordenadas geográficas 04°59' de latitud Norte, 75°39' de longitud Oeste, altitud de 1.400 m, temperatura media anual de 20,8°C y 2.656 mm de precipitación anual. Cerca del 25% del flujo anual se recolecta en el primer semestre y un 75% en el segundo semestre, con 21 eventos florales (Rendón & Montoya, 2015).

La estación de Pueblo Bello (Cesar) se ubica a una latitud de 10°25'N, longitud 73°34'W, altitud de 1.134 m, temperatura media de 20,9°C, 2.388 horas de brillo solar y 2.029 mm de precipitación anual, con un déficit marcado de lluvias de diciembre a marzo, que determinan una cosecha unimodal en el segundo semestre del año, a partir de tres eventos florales (Rendón & Montoya, 2015). Para esta Estación Experimental el área en estudio tuvo un tamaño 0,93 hectáreas, mientras que el área en café comercial de la estación es del orden de 18 ha, dado el establecimiento de árboles de sombrío en la calle de los cafetales, lo cual a futuro determina un trazo de estos árboles acorde a la expectativa de adopción de la recolección asistida, de igual modo en este primer año de adopción no se emplearon lonas en terrenos con alta pedregosidad, con el fin de ajustar las actividades administrativas a futuro.

La programación de los pases se dio según el pronóstico de flujo de cosecha realizado por las Disciplinas de Fitotecnia y Experimentación de Cenicafé, con prolongación de los pases de cosecha esperada de 28 a 35 días; sin embargo, de acuerdo al objetivo inicial de concentrar la cosecha sin alta presencia de granos secos e infestados por broca, esta podría recibir ajustes de duración, de acuerdo con las pautas administrativas de cada Coordinador de la Estación Experimental.

Los resultados económicos fueron obtenidos para la totalidad de trabajadores en los lotes cosechados con lonas y canastos, no obstante, a fin de profundizar en el conocimiento de los tiempos y las variables del estudio, se trabajaron al menos tres jornadas por pares de operarios, en cada pase de cosecha.

Las variables de interés fueron:

- Rendimiento o productividad de la mano de obra (kg h^{-1}), cuyo indicador fue la eficiencia.
- Oferta cosechable (porcentaje cosechable), medido como la proporción de frutos maduros y sobremaduros por planta.
- Carga cosechable (g/planta) cosechada efectivamente por cada pase.

La carga y la oferta tuvieron dos ángulos de observación; primero, si la carga y la oferta entre la cosecha retenida y la no retenida tuvo variación estadística, es decir, si tuvo éxito la práctica de retener pases en aumentar la cantidad y concentración de café maduro y sobremaduro en el árbol (bajo las pruebas F y t), y el segundo, si la carga o la oferta explicaron de manera consistente la productividad de la mano de obra, la cual era la principal variable de interés económico del estudio y de la cual se espera una pendiente positiva en la dispersión de datos.

Como variables complementarias se tuvieron:

- Frutos maduros dejados en el árbol (unidades/sitio y gramos/sitio), cuyo indicador fue la eficacia.
- Frutos caídos al suelo (unidades/sitio y gramos/sitio), cuyo indicador fueron las pérdidas.
- Contenido de frutos verdes en la masa cosechada (porcentaje en masa), cuyo indicador fue la calidad.
- Nivel de broca (%), como variable de control de la duración de retención.
- Conversión de cereza a pergamino.
- Factor de rendimiento (café pergamino a excelso).
- Costo de recolección del café al destajo o por producido.
- Tiempos brutos por actividad y tiempo estándar discriminado por cada actividad dentro del proceso de recolección con canastos y lonas, con la Metodología OIT (Kanawaty & International Labour Office, 1992).
- Concentración de cosecha por cada pase, en relación al flujo anual.

Para El Tambo se evaluó el período de cosecha entre el 6 de abril y el 11 de junio, demandando cinco pases de recolección convencional y tres pases en lotes de cosecha asistida, de los cuales dos fueron realizados con lonas. La travesía en Chinchiná se evaluó entre marzo y junio, en siete pases de recolección no retenida y cuatro pases retenidos, de los cuales se dieron entre uno y dos pases con

lonas, dada la condición particular del lote a cosechar. La cosecha principal para la Estación Naranjal en Chinchiná, se evaluó entre el 12 de agosto y el 20 de octubre, en cuyo lapso se realizaron cinco pases en recolección convencional, mientras que los pases con asistencia de lonas y retención se dieron en tres ocasiones y para Pueblo Bello del 20 de noviembre al 10 de enero.

El análisis económico se centró en el valor de recolección teniendo en cuenta el análisis incremental o diferencial de ingresos y egresos. Las ecuaciones econométricas se construyeron al contemplar el rango de resultados factibles considerando una recolección con lonas que cubre desde un 10% del total del café anual y hasta un 100%, ambos extremos de condiciones particulares del comportamiento de la concentración de cosecha en las tres estaciones del estudio y al combinarlo con el incremento factible que se logró por los operarios recolectores, englobando también una amplia gama de aumentos de la productividad que iban desde 10% al 100%.

A partir de los registros hallados en las tres estaciones, se determinó cual era el beneficio de los dos actores económicos (caficultor y recolector) en el punto de iso-excedentes, al distraer previamente el costo de la tecnología dado por mantenimiento, reparaciones y depreciación (proxy de inversión en capital) de las lonas y zaranda de campo empleadas.

El costo o precio unitario equi-marginal por el cambio técnico indicó el valor por kilogramo de recolección en el punto de iso-excedentes que refleja el “principio de máxima satisfacción”, conjunta por los actores económicos involucrados desde una perspectiva monetaria; para el caso de esta investigación reflejó la proporción del valor estándar por kilogramo en la región de interés, que para elucidar el concepto se presentó asociado con

un rendimiento estándar aceptado del orden de 100 kg de café cereza por día (Duque-Orrego & Dussan L., 2005; Federación Nacional de Cafeteros, 2017).

Es de anotar que los valores de la recolección para iso-excedentes crematísticos son un valor de referencia de negociación de carácter netamente monetario, pues el valor comercial concertado de recolección, si bien será cercano al de iso-excedentes también depende de la escasez relativa de la mano de obra, las condiciones agronómicas y administrativas de la región, la finca e incluso de cada lote en particular, como es el caso de la dificultad y tiempo demandado en el transporte de café cereza a punto de recibo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la carga, oferta y método de lonas en la eficiencia

Para el estudio se determinó que son tres los factores principales que pueden influir en la cantidad de café recolectado con cosecha asistida; uno es la **carga disponible** (la cual se incrementa con la retención de pases), la **oferta de fruto maduro**, la cual también se ve incrementada con la retención y, por último, por la misma **cosecha con lonas**, la que evita ciertos micro-movimientos que cubren el tiempo adicional empleado por distribuir y cosechar con las lonas.

Al analizar la diferencia entre retener pases y no retenerlos, en cuanto a la carga cosechable, si bien hubo un incremento considerable por el bajo número de observaciones y una alta desviación típica, no hubo suficiente evidencia estadística para sugerir diferencias significativas, de acuerdo a la prueba t al 5% de significancia, al pasar de 246 g (n=31, desviación=168) a 323 g (n=18, desviación=256); pero aisladamente, al ajustar el efecto de la carga con la eficiencia

por medio de funciones lineales y no lineales, se presentó la condición de que a mayor carga existe mayor eficiencia en tres de los cuatro sitios evaluados (Tabla 1).

Se presentó una menor carga a lo largo de todos los pases frente a lo histórico debido a efectos agregados climáticos; por ejemplo, en Pueblo Bello lo que recurrentemente se realiza con cuatro pases fue recolectado en cinco pases de recolección convencional y tres de recolección asistida, ofreciendo un amplio rango de variación de carga y, por ende, de heterocedasticidad (errores no constantes).

En cuanto a la **oferta cosechable**, tanto en recolección convencional como retenida en relación a la eficiencia, los resultados hallados en El Tambo ofrecen un bajo coeficiente de determinación (Tabla 2), lo cual implica la necesidad de nutrir la información de dicha estación con resultados de años venideros y

lograr una función predictor de mejor ajuste en dichas condiciones.

Las condiciones climáticas en el año 2021 (ENOS-La Niña débil) definieron un comportamiento atípico de la concentración de oferta de frutos maduros y sobremaduros impactando en consecuencia en la eficiencia (Tabla 2). Sanz et al. (2018) encontraron que a los 17 días de retener el pase se presentaba un 7,75% de oferta que aumentaba a 43,56% al llegar a los 35 días, siendo entonces un valor base de oferta de al menos un 40% en las ramas, para observar los beneficios tangibles de esta variable sobre la eficiencia; sin embargo, en el caso de la travesía de Naranjal para el año 2021, la oferta a los 17 días era del orden del 14% y el incremento al llevarla a los 35 días sólo alcanzó el 26,7%, evidenciando que la cosecha asistida debe ser objetivo de un seguimiento en el campo de los cambios en carga, oferta y broca, entre

Tabla 1. Cambios en la carga (g/planta) debidos a la retención y efecto sobre la eficiencia, año 2021.

Sitio	Sin retención de pases Promedio y C.V (%)	Con retención de pases Promedio y C.V (%)	Diferencia entre medias P dos colas (T >= t), a 10%	Relación de la carga (X) sobre la eficiencia (Y) en kg/jornal y R ²
El Tambo	68,2 (32,9%)	114,5 (65,4%)	0,40621 No Significativa	$Y = -0,0007 X^2 + 0,3985X + 38,847$ $R^2 = 0,6285^*$
Naranjal cosecha	389,7 (31,4%)	414,2 (38,4%)	0,7237 No significativa	$Y = 0,0929X + 74,192$ $R^2 = 0,0648$
Naranjal travesía	201,1 (77,0%)	344,3 (110,6%)	0,4103 No significativa	$Y = 0,0003 X^2 - 0,0678X + 82,079$ $R^2 = 0,8543^*$
Pueblo Bello	245,0 (6,4%)	306,2 (5,7%)	0,6424 No significativa	$Y = 0,1537X + 27,512$ $R^2 = 0,9862^*$

* Alto coeficiente de determinación (condiciones comerciales).

otros, para tomar decisiones con menor nivel de riesgo, pues en el caso de la oferta para la travesía dada la alta cantidad de frutos verdes presente y que sería recolectado en la cosecha del segundo semestre, el parámetro de oferta no ascendería más allá del 25% con la retención, como se observa en las Figura 3 y Figura 4.

La magnitud del coeficiente de determinación para expresar el efecto de la oferta sobre la eficiencia en los cuatro lugares (Tabla 2), señala en principio que en regiones donde la cosecha está distribuida a lo largo de un alto número de pases en el año, no tenga el mismo peso explicativo sobre la eficiencia, que sí lo podría tener en regiones de cosecha más concentrada.

Para Pueblo Bello no se encontró validez deducible de los resultados a pesar de un R^2 de 0,5125; pues la expresión tenía un primer tramo con pendiente negativa, de modo que el incremento de la eficiencia en Pueblo Bello, para el año 2021, se debió a los otros dos factores explicativos como son el método de cosecha y carga disponible.

En cuanto al **método de lonas** para el caso de El Tambo y Naranjal Cosecha, al considerar como contraste hipotético entre medias el valor de 20 kg como aumento de la eficiencia, se rechazó la hipótesis nula de igualdad de medias, y se determinó que para las condiciones dadas la mano de obra tenía mayor productividad con la cosecha asistida con lonas, según prueba t al 5%.



Figura 3. Oferta cosechable a los 1, 14 y 28 días después del pase, Naranjal (Chinchiná, Caldas), mayo a junio año 2021.

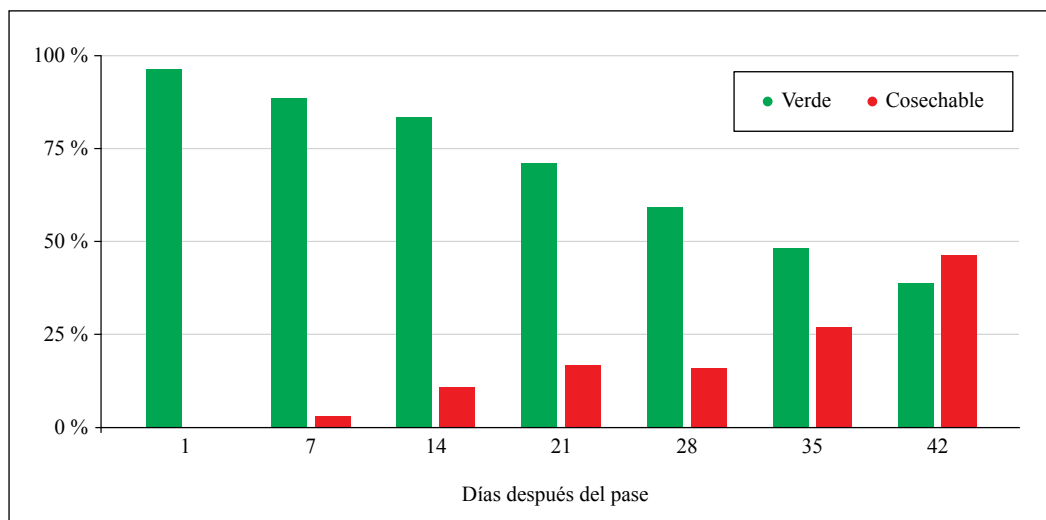


Figura 4. Cambios en la proporción de frutos verdes y cosechables después del pase de recolección durante la travesía del año 2021 en la Estación Naranjal.

Tabla 2. Cambios en la oferta (proporción frutos cosechables en la planta, %) debidos a la retención y efecto sobre la eficiencia, año 2021.

Sitio	Sin retención de pases Promedio y C.V (%)	Con retención de pases Promedio y C.V (%)	Diferencia entre medias P dos colas ($T \geq t$), a 10%	Relación de la oferta cosechable en % (X) sobre la eficiencia (Y) en kg/jornal y R^2
El Tambo	28,8 (39,8%)	34,9 (50,4%)	0,5719 No Significativa	$y = -90,651X^2 + 87,032X + 50,313$ $R^2 = 0,079$
Naranjal cosecha	18,0 (35,2%)	26,5 (41,7%)	0,0668 Significativa	$y = 323,14X + 42,846$ $R^2 = 0,3746$
Naranjal travesía	8,7 (59,5 %)	9,1 (47,7%)	0,8707 No significativa	$y = -7253,5X^2 + 2046,2X - 8,4113$ $R^2 = 0,1608$
Pueblo Bello	32,3 (60,5 %)	58,1 (13,9 %)	0,1886 No significativa	$y = 516,25X^2 - 400,58X + 140,22$ $R^2 = 0,5125^*$

* Alto coeficiente de determinación (condiciones comerciales).

Al considerar los cuatro lugares se da el caso de que pueden ser la carga, la oferta o el método de lonas los que tengan cambios significativos entre recolección convencional y retenida; el escenario ideal a corto y mediano plazo es el de las tres variables con efectos positivos.

Dado de que en al menos una de las tres variables explicativas (carga, oferta y método de lonas) hubo efecto de la cosecha asistida sobre la eficiencia, se procedió a realizar un análisis económico, caso contrario no tendría cabida un análisis de carácter económico.

Factor de rendimiento

Los resultados de la evaluación de factor de rendimiento, en todos los casos, permitieron obtener café de calidad por debajo de los 92,8 de factor, de usanza comercial, para el cual se fija el precio del café en Colombia y que se reconoce como el valor de café de calidad estándar necesario para la exportación, no obstante, aparte del adecuado manejo agronómico de los lotes, para que el factor de rendimiento fuese el esperado en la cosecha asistida, el caficultor siguió los siguientes criterios en su gestión administrativa:

1. La eficacia de la recolección debe ser alta, garantizando que no queden más de cinco frutos en el árbol después del pase, esto implica que a mayor carga mayor eficacia exigida.
2. Si el nivel de broca es del 2% debe procederse a recolectar y no prolongar la retención.
3. La adecuada programación de la duración de la retención y el criterio de que el café seco en el árbol sea menor de 1,5% (Sanz et al., 2018), determinan que el caficultor vaya afinando el momento de pase, incluso

a nivel de cada lote: el lapso entre pases retenidos va a fluctuar entre los 27 y 35 días en la geografía nacional, es así como valores mayores de café seco en el árbol se reflejarán en un factor de rendimiento castigado de modo comercial, a manera de ejemplo, para el caso de El Tambo, en la cosecha del 2021 estos límites de seco estuvieron en 2,3% de fruto seco en el árbol y 2,8% en la masa cosechada, cuando la recolección se efectuó con un intervalo de 31 días, marcando que se debe ajustar la duración de la retención bajo las condiciones particulares que se hallen en su momento.

Dada la similitud en ambas condiciones, cosecha asistida y no asistida, frente a las pérdidas, calidad, eficacia y factor de rendimiento, no se realizó un análisis económico diferencial sobre las variables complementarias descritas en la metodología. El costo de recolección del café al destajo o por producido fue tomado directamente de las condiciones comerciales en cada región. Los niveles de broca se manejaron con valores menores del 2% y no se observó diferencia estadística entre los lotes con cosecha asistida y no asistida.

Los tiempos de recolección con lonas se presentan en la Figura 5, tiempo esperado para cada actividad usando un promedio con distribución de probabilidad beta a partir de los datos obtenidos a nivel de campo, con las observaciones de que el café se recibía y pesaba en el acceso al lote (posterior transporte del café cereza en vehículo).

Beneficios para el caficultor

En El Tambo, en el año 2021, se logró cosechar el 60,56% del total anual de café con lonas, valores que son propios de las condiciones de recolección concentrada en

esta región del país, hubo un aumento de la eficiencia del 19,03%; con una productividad media anual de 2.500 kg de café pergamino y un precio de recolección promedio de \$500, alcanzando beneficios de 3,96% anual (error 0,74) según la Ecuación <1> (Tabla 3), siguiendo la metodología descrita de iso-excedentes, representando en un menor egreso o costo para el caficultor y un mayor ingreso o primal económico para el recolector.

En la Estación Naranjal en Chinchiná, con una productividad media anual de 3.750 kg, los beneficios para el caficultor al emplear dos pares de lonas cuando el valor de recolección promedio es de \$700 por kilogramo (travesía año 2021), se presentan en la Ecuación <2> y son de 2,08% (error 0,12), mientras que la cosecha dado el aumento de oferta y carga en la región tuvo un valor de \$650, esta reducción determinó que la función de utilidad cambiase a la Ecuación <3> y obtener beneficios de 2,67% (error 0,64). En Pueblo Bello el valor representativo fue de \$650, 1.500 kg productividad media anual, se emplearon un par de lonas por hectárea, y pudo establecerse la Ecuación <4> con excedentes para el caficultor de 6,71 % (error 0,47).

El aporte a los beneficios para el caficultor dadas las ecuaciones obtenidas, lo otorga en cerca del 60% la tarea administrativa de concentrar la cosecha en pases asistidos, es decir, que la planificación de cosecha juega un rol determinante en el éxito de la actividad, mientras que cerca 40% del excedente lo aporta el aumento de la productividad de la mano de obra del recolector.

Para productividades superiores a 3.750 kg la cantidad estimada de lonas es de dos pares con día pico, de hasta 2,5% del total producido anual, aunque puede presentarse el caso de empleo de tres pares por hectárea,

bajo criterio administrativo; no obstante, se sugiere realizar a futuro un análisis de modelo de espera o colas, en diferentes contextos, que determine cuál sería el número ideal de lonas por hectárea en altas productividades.

En el caso de Chinchiná, debido a las dudas del recolector sobre los beneficios de la práctica, el caficultor decidió pagar un valor superior en \$50 por kilogramo recolectado con lonas frente al precio con recolección estándar, esto puede ocurrir en un primer pase para demostrar al recolector que la práctica sí le va a permitir cosechar mayor cantidad de café; una vez el incremento ha sido evidente para el recolector, el caficultor para obtener los beneficios acá planteados deberá detraer este costo extra del primer pase en los demás pases con cosecha de manera proporcional y planificada.

La Figura 6 representa los beneficios alcanzados en el 2021 con la recolección asistida en Naranjal (Chinchiná) en el punto A (4,75% del eje Z), el desplazamiento hacia la derecha en el eje X ocasionado por mejoras en la planificación de los pases y el desplazamiento a la izquierda en el eje Y por progresos en la eficiencia del recolector señalan las oportunidades de progreso futuro, pues ambos conllevan a incrementos del eje Z, por ende, de los beneficios en la adopción tecnológica. Por ejemplo, los obtenidos en el 2021 fueron de 4,75% (eje Z), es posible a corto plazo alcanzar el punto B si el recolector aumenta eficiencia y el caficultor planifica mejor los pases (llegando al 12,7% del eje Z), en este caso concentrando el 80% con cosecha asistida (eje X) y un incremento del 45% de la eficiencia (eje Y); esta misma perspectiva de avance a futuro plantea a mediano plazo en el punto C (26,6% del eje Z) con los valores proyectados del eje X y Y alcanzando el punto C.

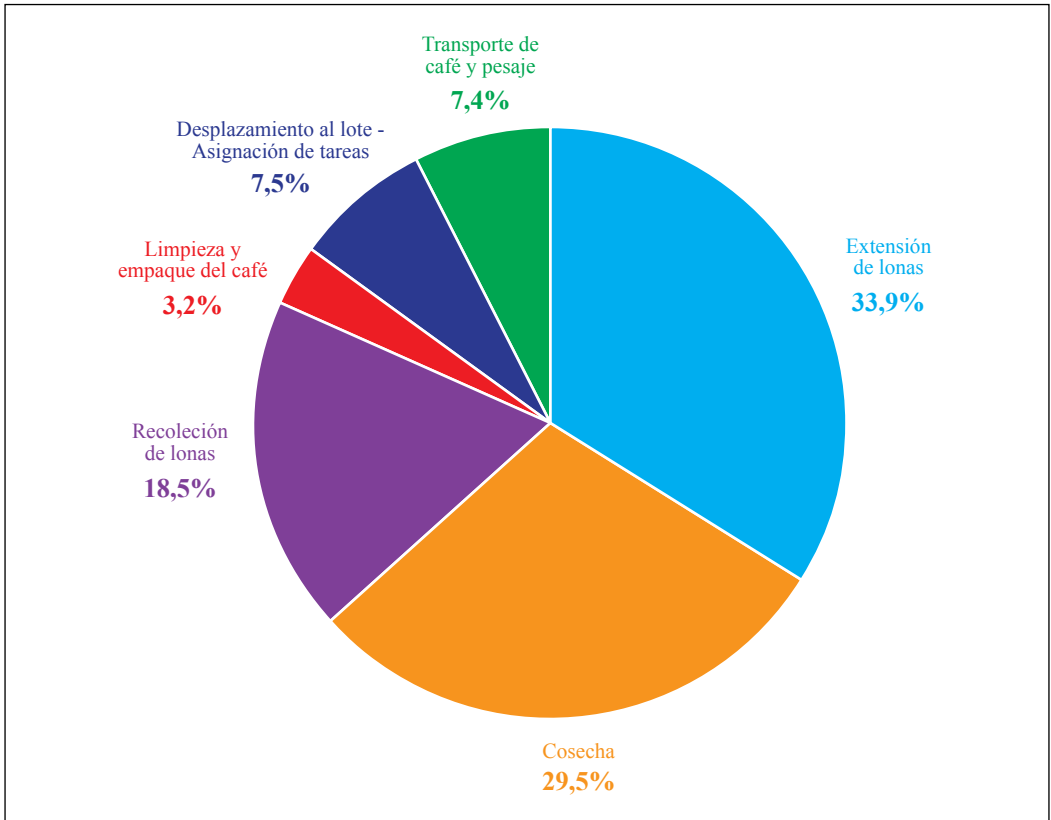


Figura 5. Tiempos esperados en la recolección con lonas utilizando una distribución de probabilidad beta de los datos obtenidos.

Tabla 3. Excedente neto por hectárea al año para el caficultor como porcentaje del costo deducido en la recolección.

$Y_{caf\ Tambo} = 0,00072X_1^{1,328} X_2^{1,002}$	$R^2: 0,923$	Ecuación <1>
$Y_{caf\ ChincTrav} = 0,00217X_1^{1,188} X_2^{0,886}$	$R^2: 0,953$	Ecuación <2>
$Y_{caf\ ChinchCose} = 0,00111X_1^{1,273} X_2^{0,968}$	$R^2: 0,861$	Ecuación <3>
$Y_{caf\ P\ Bello} = 0,00246X_1^{1,1458} X_2^{0,8596}$	$R^2: 0,861$	Ecuación <4>

Donde:

Y: excedente neto por hectárea al año para el caficultor como porcentaje del costo deducido en la recolección, con lonas depreciadas a diez años.

X₁: porcentaje del café anual recolectado con lonas.

X₂: porcentaje de aumento del rendimiento de la mano de obra con el empleo de lonas.

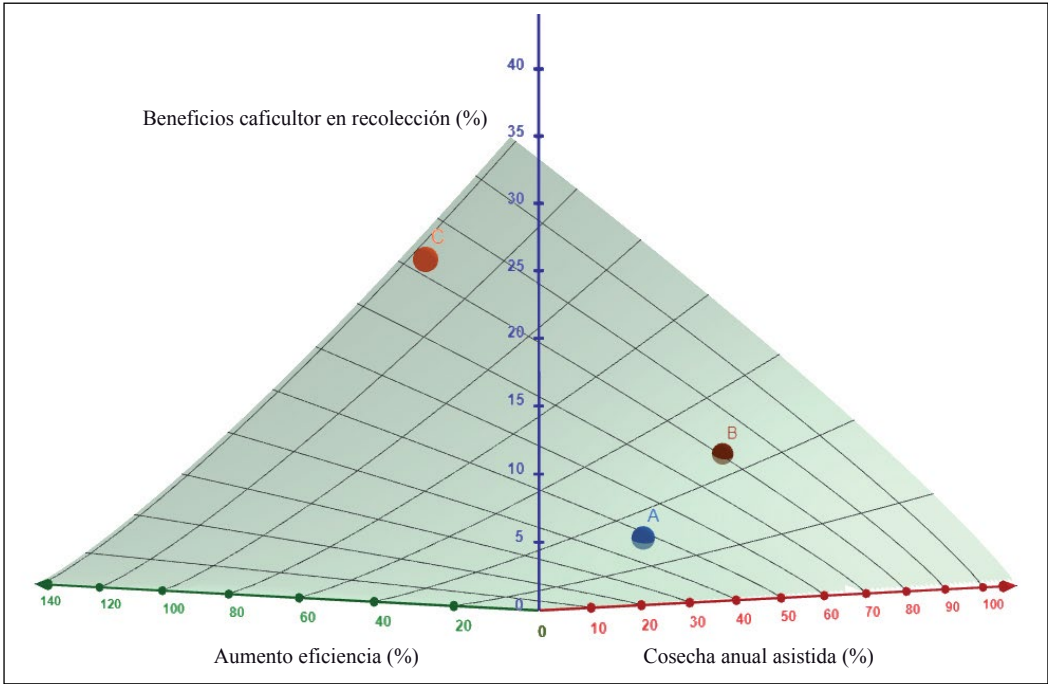


Figura 6. Función multivariante obtenida y representación en el plano 3D de beneficios previstos para el caficultor dado el avance en la adopción del cambio técnico por cosecha asistida con lonas en Naranjal (Chinchiná). Eje X: proporción del café anual recolectado con lonas (%), Eje Y: aumento del rendimiento de la mano de obra o eficiencia con el empleo de lonas (%), Eje Z: excedente neto del caficultor (%), como reducción de costos de la recolección por hectárea al año.

Beneficios para el recolector

Las Ecuaciones <5>, <6>, <7> y <8> (Tabla 4) reflejan el crecimiento del valor del jornal en porcentaje, a partir de la concentración de pases con lonas y el aumento logrado por el recolector en la productividad de la recolección al destajo en El Tambo, travesía en Chinchiná, cosecha en Chinchiná y en Pueblo Bello, respectivamente.

Para el caso de El Tambo el valor del jornal en recolección para el operario recolector tuvo un aumento de 7,79% (error: 1,3), de modo que un jornal estándar de \$50.000 en época de cosecha se convierte en \$53.895. El recolector en promedio para la travesía

en Chinchiná estaba recibiendo un jornal de \$70.000 y se incrementó en un 38,59% (error: 3,94), es decir, que por cada jornada en recolección con lonas su ingreso pasó a ser de \$97.013 con un valor por kilogramo de \$503, equivalente al 71,9% del valor estándar en recolección convencional y que permitía la distribución equitativa de los excedentes netos entre caficultor y recolector por \$546.645 generados con la adopción del cambio técnico.

Para la cosecha en Chinchiná en el punto de iso-excedentes se logra un jornal de 9,84% (error: 2,11) por encima del estándar, lo cual significó pasar de \$65.000 a \$71.396, con costo por kilogramo de 580 pesos, es decir,

el 89,3% del precio estándar para la región durante la época. En Pueblo Bello en la cosecha del año 2021, a partir del costo de \$650 (promedio ponderado) por kilogramo, se logra un incremento del pago por jornal del 9,55% (error: 0,47).

Se observa que para el recolector su propia productividad aporta el 80% del incremento (elasticidad parcial) y es mayor que el peso del factor concentración del café anual recolectado con lonas (que aporta el 20% del aumento), por lo tanto, aquellos recolectores denominados coloquialmente como “canastos” o “bombas” tendrán un estímulo adicional en la adopción tecnológica una vez hayan cumplido la curva de aprendizaje.

En todas las ecuaciones presentadas se hallan economías crecientes de escala, pues a un incremento de los factores técnicos de formación corresponde un aumento más que proporcional del producido (Y), tanto para el caficultor como para el recolector.

Reducción de jornales requeridos

Al considerar la Tabla 5 el recolector en El Tambo en el 56,3% de los jornales tuvo ingresos adicionales (del 7,79% ya mencionado en cada jornal) y de manera complementaria, el caficultor gracias al delta en eficiencia terminó requiriendo 10,7% de menos jornales por hectárea al año, al pasar de 125 a 113 jornales (Tabla 5).

Tabla 4. Excedente por jornal en recolección, como porcentaje frente al valor estándar.

$Y_{RecTambo} = 0,0391X_1^{0,3309} X_2^{1,2700}$	$R^2: 0,898$	Ecuación <5>
$Y_{RecChinchTravi} = 0,1204X_1^{0,188} X_2^{1,152}$	$R^2: 0,935$	Ecuación <6>
$Y_{RecChinchiCose} = 0,0616X_1^{0,273} X_2^{1,234}$	$R^2: 0,803$	Ecuación <7>
$Y_{RecP Bello} = 0,1334X_1^{0,1807} X_2^{1,1280}$	$R^2: 0,983$	Ecuación <8>

Donde:

Y: excedente por jornal en recolección como porcentaje frente al valor estándar.

X₁: porcentaje del café anual recolectado con lonas.

X₂: porcentaje de aumento del rendimiento de la mano de obra con el empleo de lonas.

Tabla 5. Beneficios globales para el recolector y jornales empleados en el año 2021 al implementar la recolección asistida con lonas en El Tambo (Cauca).

Método	Proporción anual	Delta eficiencia	Beneficio recolector *	Café cereza recolectado (kg ha ⁻¹)	Jornales/ha	Proporción jornales
Recolección asistida	60,56%	19,03%	7,79%	7.570	64	56,3%
No asistida	39,44%	0		4.930	49	43,7%

* Por jornal.

Para el consolidado anual en Chinchiná (Tabla 6), la demanda de jornales se redujo en 12,7% pasando de 187,5 a 166 jornales/ha.

En Pueblo Bello, el caficultor demandó 64 jornales en lugar de 75, es decir, un 17,0% menos, lo cual contribuye, como ocurrió en los demás lugares, a nivelar necesidades de mano de obra para la época de cosecha (Tabla 7).

Valor de la recolección con lonas en punto de iso-excedentes

Una vez descontados los costos del caficultor en equipos y aperos para la recolección con lonas y su mantenimiento, el precio sobre el cual se logra que ambos actores económicos tuviesen similares excedentes se obtienen con las Ecuaciones <9>, <10>.

Tabla 6. Beneficios globales para el recolector y jornales empleados en el año 2021 al implementar la recolección asistida con lonas en Chinchiná (Caldas).

Método/ época	Proporción anual	Delta eficiencia	Beneficio recolector *	Café cereza recolectado (kg ha ⁻¹) **	Jornales/ ha	Proporción jornales
Travesía asistida	10,4%	92,7%	38,59%	1.950	10	6,1%
Cosecha asistida	33,4%	23,0%	9,84%	6.263	51	30,6%
Total	43,8%	39,5%	16,67%	18.750	166	36,7%
No asistida	56,2%	0		10.538	105	63,3%

* Ponderado, ** por jornal.

Tabla 7. Beneficios globales para el recolector y jornales empleados en el año 2021 al implementar la recolección asistida con lonas en Pueblo Bello (Cesar), año 2021.

Método	Proporción anual	Delta eficiencia	Beneficio recolector *	Café cereza recolectado (kg ha ⁻¹)	Jornales/ ha	Proporción jornales
Cosecha asistida	84,80%	20,70%	9,55%	6.360	53	82,2%
No asistida	15,20%	0		1.140	11	17,8%

* Por jornal.

<11> y <12> (Tabla 8) para El Tambo, Chinchiná traviesa, Chinchiná cosecha y Pueblo Bello, respectivamente.

Al reemplazar los valores hallados en el 2021 en El Tambo el *Yvlr* es el 90,6% (error: 1,29) del precio convencional en la región, de este modo, aunque se paga un valor menor por kilogramo, en este caso \$453, el recolector y el caficultor obtienen los beneficios ya expresados.

Para Chinchiná traviesa se estableció el valor de iso-excedentes en un 71,9% (error: 1,97) del precio estándar, es decir, pagando a \$503 por kilogramo el recolector. Para el caso de que el caficultor trabajase con tres pares de lonas por hectárea en lugar de dos, el valor de iso-excedentes es de 69,9%, es decir, 14 pesos menos por el empleo del par de lonas adicionales, y en el hipotético caso de que el caficultor solo tuviese incremento por cambios de la oferta y carga (sin lonas), el valor sería de 75,9% en iso-excedentes, esto deriva en que el caficultor por el empleo de las dos lonas tuvo un costo directo \$28 por kilogramo recolectado (un par de lonas) o de \$42 en el caso de emplear tres pares.

El punto de iso-excedentes monetarios para la época de cosecha, año 2021, en Chinchiná, se presenta con 89,3% (error: 0,81) del valor estándar de \$650, es decir, con \$580. Para el caso de Pueblo Bello se obtuvo con el 88,1% del precio de referencia regional de \$650, es decir, con \$573.

El valor de marras de las ecuaciones presentadas se constituye en un punto de partida para fijar el valor comercial que también considera el nivel de esfuerzo en cada lote, el buen trato, la facilidad en la movilización y traslado de la carga, entre otros; sin embargo, este valor comercial pactado y el valor de iso-excedentes necesariamente deben ser cercanos para que la adopción sea viable por ambas partes.

El logro consolidado del cambio técnico de recolección asistida puede dimensionarse mejor al compararlo, por ejemplo, con la fertilización que cubre el 16% del costo de producción (Duque-Orrego et al., 2021), lo cual significa que el caficultor puede liberar un flujo considerable de recursos para cruzar frente a incrementos coyunturales de precios de insumos u obtener este excedente como beneficios directos anuales del cultivo.

Tabla 8. Valor frente al precio estándar regional con el cual se logra que ambos actores económicos tengan iso-excedentes.

$Y_{RecP\ Bello} = 89,77 - 0,0626X_1 - 0,2239 X_2$	$R^2: 0,936$	Ecuación <9>
$Y_{RecChinchTrav} = 90,04 + 0,0597X_1 - 0,2237 X_2$	$R^2: 0,939$	Ecuación <10>
$Y_{RecChinchTrav} = 92,47 + 0,0334X_1 - 0,2217 X_2$	$R^2: 0,960$	Ecuación <11>
$Y_{RecChinchTrav} = 91,69 + 0,0417X_1 - 0,2218 X_2$	$R^2: 0,983$	Ecuación <12>

Donde:

Yvlr: valor por kilogramo en el punto de iso-excedentes para ambos actores económicos como porcentaje del valor de recolección convencional.

X_1 : porcentaje del café anual recolectado con lonas.

X_2 : porcentaje de aumento del rendimiento de la mano de obra con el empleo de lonas.

Los beneficios fueron evidenciados en tres lugares de condiciones climáticas, topográficas y agronómicas contrastantes y corresponden al primer año de adopción de la tecnología, es previsible progresos en años venideros, con ajustes de la planificación, tanto de la retención como de la administración de la cosecha, adecuaciones agronómicas de los lotes, caminos y reconocimiento para ambos actores económicos (recolector y caficultor), por los beneficios de incremento de la eficiencia.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a los coordinadores de Estaciones Experimentales de Cenicafé John Félix Trejos, Hernán Darío Menza y José Enrique Baute, y al personal de las Estaciones de Naranjal, Pueblo Bello y El Tambo por el trabajo de campo. Así mismo agradece a Luis Carlos Imbachí por su asesoría en la investigación. Esta investigación fue financiada por el Centro Nacional de Investigaciones de Café, Crossref Funder ID 100019597, proyecto número ECO102007.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-V, J. A., Oliveros-Tascón, C. E., & Ramírez-G, C. A. (2004). Evaluación de dos sistemas para el manejo de mallas en la cosecha manual del café. *Revista Cenicafé*, 55(2), 130-135.
- Bergin, J. (2015). *Mathematics for economists with applications* (First edition). Routledge, Taylor & Francis Group.
- Cunha, J., Da Silva, F., Almeida, R., Fernandes, C., & Almeida, T. (2016). Viabilidade técnica e econômica de diferentes sistemas de colheita do café. *Coffee Science*, 11(3), 417-426.
- Duque-Orrego, H., & Dussán L., C. (2005). *Productividad de la mano de obra en la cosecha de café en cuatro municipios de la región cafetera central de Caldas*. <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/256>
- Duque-Orrego, H., Salazar, H. M., Rojas-Sepúlveda, L. A., & Gaitán, Á. (2021). *Análisis económico de tecnologías para la producción de café en Colombia*. Cenicafé. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0016>
- Federación Nacional de Cafeteros. (2017). La recolección de café en Colombia: Una caracterización del mercado laboral. *Ensayos sobre economía cafetera*, 32(1), 35-65. <https://federaciondecafeteros.org/static/files/ECC32.pdf>
- Kanawaty, G., & International Labour Office (Eds.). (1992). *Introduction to work study* (4th (rev.) ed). International Labour Office.
- Pemberton, M., & Rau, N. (2016). *Mathematics for economists: An introductory textbook* (Fourth edition). Manchester University Press.
- Rendón, R., & Montoya, E. C. (2015). ¿Cómo registrar las floraciones en los cafetales? *Avances Técnicos Cenicafé*, 455, 4.
- Rosser, M. J. (2016). *Basic mathematics for economists* (Third edition). Routledge, Taylor & Francis Group.
- Santinato, F., Silva, R. P., Ruas, R. a. A., Cassia, M. T., & Santinato, R. (2013). *Comparação entre o custo da colheita manual e mecanizada de uma a seis passadas da colhedora*. <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/7304>
- Sanz U., J. R., Duque-Orrego, H., Menza F., H. D., Zamudio C, G. E., Oliveros T., C. E., & Ramírez G, C. A. (2018). Lonas para asistir la cosecha manual de café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 487, 8.
- Sanz U., J. R., Oliveros T., C. E., Duque-Orrego, H., Mejía M., C. G., Benavides M., P., & Medina R., R. D. (2018). *Retención de pases: Una opción para mejorar la productividad de la mano de obra en la cosecha de café*. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/4218>
- Srivastava, A. K., Goering, C. E., Rohrbach, R. P., & Buckmaster, D. R. (2006). *Engineering Principles of Agricultural Machines*. 559.
- Tavares, T. de O., Oliveira, B. R. de, Silva, V. de A., Silva, R. P. da, Santos, A. F. dos, & Okida, E. S. (2019). The times, movements and operational efficiency of mechanized coffee harvesting in sloped areas. *PLOS ONE*, 14(5), e0217286. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217286>