Capítulo 7. Modelación econó-mico-financiera de la UAF

El proceso de cálculo de la unidad agrícola familiar se puede desagregar por sus componentes en el cálculo de la extensión de tierra con destinación exclusiva para la explotación agropecuaria y la estructura de áreas complementarias para la sostenibilidad. La extensión de tierra para la explotación agropecuaria hace referencia al área mínima rentable, y la estructura complementaria se entiende como porciones adicionales de tierra que trascienden a lo estrictamente productivo.

El elemento inicial para la determinación del área de la UAF es el área mínima rentable, entendida como esa extensión neta productiva a partir de la combinación de líneas productivas que constituyen el sistema o arreglo productivo propuesto para la asignación de tierras, bajo la caracterización de las actividades existentes en el territorio y las prácticas culturales identificadas. La problemática por desarrollar y resolver que busca atender este capítulo es cuánta extensión de área mínima rentable requiere el productor, según sus condiciones particulares asociadas a su localización en el municipio, para alcanzar un nivel de beneficio generado a partir del desarrollo de la actividad agropecuaria.

En este capítulo de la metodología, se presentará la propuesta de cálculo para el área mínima rentable que cumpla con los requerimientos productivos y de beneficio para el productor. En secciones posteriores del presente capítulo, se desarrollará el proceso propuesto para la determinación de la estructura complementaria de la unidad agrícola familiar.

7.1. Aproximación económica a la producción agropecuaria en el área mínima rentable

La producción de bienes agropecuarios que permitan el sostenimiento a través del tiempo de la familia campesina es uno de los puntos centrales de la unidad agrícola familiar (UAF). De allí que sea necesario profundizar en las formas de producción y realizar una aproximación teórica a los beneficiarios de los procesos de ordenamiento social de la propiedad rural (OSPR) a nivel microeconómico, y su aporte a la economía de la actividad agropecuaria en su conjunto, fenómeno que se aborda en el presente texto.

Sin duda alguna, tanto consumidores como productores se pueden ver afectados en alguna medida por variables microeconómicas que pueden generar afectaciones en el bienestar económico de las familias. Por ello, los análisis económicos de la actividad agropecuaria se han generado desde diferentes enfoques, entre ellos la producción, vinculando en ellos factores de producción y mercado; evaluando el mercado a partir de los flujos de recursos y de bienes y la rentabilidad sobre el análisis de alternativas de inversión para la producción agropecuaria (Rosales, Apaza y Bonilla, 2004).

Situar el análisis en el componente de producción corresponde a descomponer los factores que inciden sobre la producción agropecuaria de un representante de la agricultura familiar, campesina y comunitaria, como se trata en este caso para la propuesta metodológica del cálculo de la unidad agrícola familiar (UAF), partiendo de su elemento esencial que es el área mínima rentable. De acuerdo con (Penson, Rosson, Woodward y Capps Jr., 2018), en el sector agropecuario se consideran como factores de producción tres grandes componentes:

- **La tierra,** elemento fundamental para la producción agropecuaria, es el espacio sobre el cual se desarrolla la actividad económica (área mínima rentable) y, para el caso de la UAF, en relación con la familia. Sin embargo, la tierra no es únicamente la porción de suelo que se emplea en la producción, sino que incorpora las condiciones biofísicas del mismo, diferenciando así su calidad y condiciones particulares para la producción.
- El segundo factor de producción es **el trabajo.** Este incluye todos los servicios empleados en el desarrollo productivo a excepción de elementos asociados a actividades de gerencia; en el caso de la UAF, partimos del supuesto de que no hay actividades administrativas externas a las desarrolladas estrictamente por la familia, aunque haya labores vinculadas directamente a la producción que apoyen el trabajo familiar.
- **El capital** constituye el tercer factor de producción. Si bien de forma convencional el capital se interpreta como aquel monto de fondos con el que pueda contar un agente económico, en el contexto de la producción agropecuaria el capital refiere a bienes tangibles como por ejemplo maquinaria, infraestructura productiva, equipos, fertilizantes, entre otros. Los bienes de capital de por sí no generan satisfacción al consumidor de forma directa, pero sí aportan a la producción de otros bienes y servicios que repercuten en condiciones de bienestar. Existe capital no durable y capital durable, diferenciados así por la temporalidad de su existencia, como, por ejemplo, comparar la vida útil de un fertilizante frente a un tractor.

De forma complementaria a los 3 grandes factores de producción descritos, se considera un factor de producción adicional que es la localización del productor. En este caso el análisis se centra en las condiciones de acceso a infraestructura externa de transporte y cercanía a los puntos de mercado en los cuales se realiza la comercialización de la producción (Von Thünen, 1826); (Weber, 1928); (Lösch, 1957). La inclusión del espacio en la función de producción se basa en que la distancia a estos dos canales impacta directamente sobre los costos de transporte del productor, además de que afecta la renta de la tierra[25] y por ende la posibilidad de contar con tasas medias de ganancia acordes con la necesidad del productor.

Ya definidos los factores de producción se puede entrar al análisis de la función de producción. La función de producción se define como un proceso de combinación de distintos factores para el logro de un producto o bien final, estableciendo para ello una relación de usos de cada factor. Esta forma funcional de combinación de los factores se realiza aplicando una tecnología, lo cual es un instrumento que permite resumir las posibilidades de producción viables, en donde hay eficiencia técnica que logra el óptimo de producción (Varian, 1991).

La aproximación de producción desarrollada en el área mínima rentable en el marco UAF tiene una condición particular: la producción y el beneficio del productor, para el caso la familia campesina deriva en la dotación de tierra necesaria para dicho proceso. Otra particularidad en lo rural es la combinación productiva, lo cual se evidencia en que un número importante de productores agropecuarios no se limitan a producir un solo bien, sino que realizan arreglos productivos complementarios entre sí y que se complementan con actividades intra y extra prediales no necesariamente agrícolas.

En términos generales, el problema del productor agropecuario es maximizar el beneficio, el cual está dado por una relación entre ingresos y costos. Dadas las particulares del ejercicio UAF y la estimación de área mínima rentable, se plantea un ejercicio teórico de soporte a la función de producción, contando con dos bienes de producción bajo una estructura tecnológica Cobb Douglas. Bajo las condiciones desarrolladas por (Hamano, 2011) una función de producción doble se desarrolla de la siguiente forma:

$$\Pi^* = g(\bar{x})$$

$$AF(x,y) = \{f^1(x^1 + y^1) + f^2(x^2 + y^2)\}$$

$$(x,y) = (x^1 + y^1) + (x^2 + y^2)$$

$$\left(x^h, y^h\right) \in R_+^2 (h = 2)$$

[25] Entendida la renta de la tierra como el costo monetario del uso del factor de producción. En la medida en que se cuente con un suelo en una condición de mayor aislamiento, el monto de la renta del factor es más baja. En condiciones de cercanía a centros de mercado o infraestructura vial la tasa media de ganancia de actividades económicas diferentes a la agropecuaria genera incentivos a relocalizarse y maximizar la renta (Jaramillo González, 2009).

En donde AF representa la función agregada de producción de los dos bienes.[26] El dominio es positivo y los exponentes de la tecnología suman entre sí 2. De forma específica al problema del productor, considere un productor que cuenta con arreglo productivo combinado y por ende produce dos bienes, un bien y_p y un bien y_c.

$$f(\boldsymbol{x}) = (y_p\ , y_c)$$

De tal forma que se requiere una dotación de tierra individual para cada uno de los bienes a producir:

$$x_p = Tierra\ y_p\ x_c = Tierra\ y_c$$

La suma de estas áreas de tierra constituye la dotación del productor:

$$x_p + x_c = \bar{x}$$

Los demás factores de producción se definen de la siguiente forma:

$$x_3 = W\ (trabajo)\ x_4 = K\ (capital)\ x_5 = L\ (localización)$$

De tal forma que la función de producción se visualiza así:

$$f\left(x_p, \bar{x} - x_p, x_L, x_K, x_T\right) = (y_p, y_c)$$

En donde la combinación tecnológica productiva de los factores de producción permite el logro de los dos bienes que busca el productor rural.

Ahora, definiendo P_p y P_c como los precios de venta para los dos bienes producidos, ω, η y τ siendo los precios asociados a cada factor de producción (trabajo, capital y localización), la función de beneficios buscará maximizar el ingreso del productor sujeto a una restricción, que es la dotación de tierra:

$$\underset{x}{max}\left\{P_p y_p + P_c y_c - \omega x_w - \eta x_K - \tau x_L\right\}\ s.a\ x_p + x_c = \bar{x}$$

La resolución de este problema lleva a lograr el óptimo de combinación de los factores, dado un nivel de producción máximo. Sin embargo, este óptimo de ingreso estará dado en función de la dotación de tierra requerida para ello:

$$g(\tilde{x}) = (1{,}91\ SMMLV)$$

Por lo tanto, el monto de beneficio mínimo o renta capitalizable objetivo asociada al área mínima rentable en el marco de la UAF incide en la dotación de tierra. El monto $g(\tilde{x})$ corresponde entonces a (1,91[27]) salarios mínimos mensuales legales vigentes para efectos ejemplificantes del desarrollo de la aproximación económica al cálculo del área mínima rentable. Dicho valor se

[26] Para el ejercicio se considera un arreglo productivo basado en un bien principal y uno complementario, de tal forma que se trabaja con dos bienes. No obstante, existen arreglos productivos con una mayor cantidad de bienes a la ejemplificada, en este sentido se acude a la consideración de dos bienes por la aproximación teórica de la frontera de posibilidades de producción sin que eso excluya la incorporación de más de una línea productiva complementaria.

[27] En los reglamentos existentes para la unidad agrícola familiar se presenta el beneficio mínimo del productor con valor de 2 SMMLV (Acuerdos 202, 192 y 203 de 2009, entre otros) sin embargo, en la sección 8.2 de la presente metodología se desarrolla y justifica a nivel técnico el valor de beneficio mensual propuesto de 1,91 SMMLV.

expresa posteriormente en pesos por mes a lo largo de la temporalidad del análisis financiero UAF.

7.2. Modelo financiero de área mínima rentable

Un elemento inicial para la determinación del área de la UAF es el área mínima rentable, entendida como la extensión neta productiva a partir de la combinación de líneas productivas que constituyen el sistema o arreglo productivo propuesto para la asignación de tierras, bajo la caracterización de las actividades existentes en el territorio y las prácticas culturales identificadas.

El modelo financiero económico es el ejercicio de cálculo para encontrar la extensión de área en hectáreas requeridas por parte del productor para obtener un beneficio específico en el desarrollo de una actividad agropecuaria determinada, entendida como el área mínima rentable. Dicho modelo se fundamenta a nivel económico a partir de la aproximación teórica presentada en la sección 7.1 del presente documento metodológico. En complemento con la aproximación teórica de la función de producción del productor y su ejecución de maximización de su beneficio, a continuación, se presentan las principales definiciones del modelo financiero del cálculo de área mínima rentable.

7.2.1. Premisas de la modelación de área mínima rentable

7.2.1.1. Horizonte de tiempo

Se toma un horizonte de tiempo de doce años para la evaluación de las alternativas productivas individuales, así como para los sistemas productivos que se conformen a partir de estas.

La definición de un horizonte de tiempo de doce años se explica por la necesidad de garantizar un tiempo prudencial que permita la recuperación de la inversión y materialización de retorno para el productor al desarrollar alternativas agrícolas de tardío rendimiento y alternativas pecuarias de especies mayores como la ganadería.

En caso de que se conforme un sistema productivo que dentro de sus líneas productivas incluya una alternativa de naturaleza transitoria o un cultivo permanente con un ciclo productivo inferior al horizonte de tiempo anteriormente mencionado, se replicarán los resultados del ciclo productivo inicial de la alternativa de duración inferior por el periodo de tiempo faltante hasta completar el horizonte de tiempo de doce años.

Respecto a la incorporación de resultados de una alternativa productiva transitoria en un sistema productivo que tenga horizonte de tiempo de doce años, los resultados anuales equivalentes de la alternativa transitoria según el número de ciclos en un año, serán replicados de forma constante para los periodos del horizonte de tiempo, como se describe en la 7.3.4 del presente documento.

Para las fórmulas que serán descritas en las secciones posteriores del presente capítulo, un año específico del horizonte de tiempo será representado por una letra *n* minúscula y el año total del horizonte de tiempo será representado por una letra *N* mayúscula.

7.2.1.2. Año base

El año base hace referencia al año durante el cual se capturó la información insumo del modelo financiero económico, en donde se incluyen entre otros, costos de producción, comercialización y precios de bienes agrícolas.

7.2.1.3. Área de estandarización

Los insumos del modelo serán expresados teniendo un área de estandarización igual a una hectárea. En los casos en los que la información insumo del modelo, como por ejemplo rendimiento productivo o costos de producción, no hayan sido capturados o construidos teniendo un área de una hectárea para desarrollo de la actividad agropecuaria, estos serán recalculados y re expresados a resultados productivos y financieros por una hectárea. El procedimiento de recálculo de los resultados será realizado bajo un proceso de razón simple (o regla de tres simple) teniendo en cuenta el área de cálculo con relación al área de estandarización. A continuación, se presenta un ejemplo del procedimiento de recálculo de los resultados bajo un área de costeo diferente al área de estandarización de una hectárea con los costos de producción:

$$\frac{Costos_{\text{área de estandarización}}}{Costos_{\text{área de costeo}}} = \frac{1\ hectárea}{X\ hectáreas}$$

$$Costos_{\text{área de estandarización}} * (X\ hectáreas) = 1\ hectárea * (Costos_{\text{área de costeo}})$$

$$Costos_{\text{área de estandarización}} = \frac{1\ hectárea * (Costos_{\text{área de costeo}})}{X\ hectáreas}$$

Siendo:

- Costos $_{\text{área de estandarización}}$ los costos de la actividad agropecuaria teniendo como área de explotación el área de estandarización, la cual equivale a una hectárea.
- Costos $_{\text{área de costeo}}$ los costos de la actividad agropecuaria teniendo un área de costeo diferente al área de referencia, es decir, diferente a una hectárea.
- X la extensión en hectáreas del área de costeo de los costos de la actividad agropecuaria.

7.2.1.4. Relación directamente proporcional constante entre el área de costeo o de estandarización y resultados

Se plantea una relación directamente proporcional constante entre el área de costeo de la canasta de costos frente a los costos de producción de la actividad agropecuaria. Teniendo en cuenta que las canastas de costos fueron construidas bajo un área de costeo o área de estandarización, se asume que los costos de producción de la alternativa productiva se incrementan en la misma proporción que sea aumentada el área de la alternativa productiva específica. Esta proporción será constante y directa entre los costos y el área de costeo o de estandarización.

7.2.1.5. Precios y costos unitarios constantes

Los precios y costos unitarios tenidos en cuenta para el cálculo de los ingresos y los costos de producción, respectivamente, se proyectarán constantes durante el horizonte de tiempo sin variación alguna, para efectos de la evaluación financiera y de beneficios del productor.

El comportamiento de los precios unitarios asociados a los elementos que conforman la canasta de costos, así como lo precios asociados a la producción agrícola con la que productor intercambia su producción en el mercado, serán proyectados de forma constante en el tiempo con base en la información capturada en el ejercicio de campo.

En cuanto a las cantidades requeridas en cada rubro de la canasta de costos, así como el rendimiento productivo en el caso agrícola y los indicadores de desempeño productivo en el caso pecuario, estos variarán en el tiempo según lo requiera la actividad agropecuaria. La razón que justifica esta premisa está asociada a las limitaciones en términos de disponibilidad de series de tiempo a escala submunicipal que permitan inferir el comportamiento de los precios en el horizonte de tiempo planteado. Adicionalmente, por la constante y permanente dinámica de los mercados agropecuarios que determinan los precios a los que el productor intercambia su producción, la estimación del comportamiento de los precios en un plazo de doce años no resulta posible con el rigor econométrico y estadístico deseado para el caso.

Siendo así, la modelación de beneficio con la que se determina el área mínima rentable requerida será influenciada por las cantidades necesarias para desarrollar la actividad agropecuaria de nivel de costo, así como la cantidad de producción obtenida representada en el rendimiento productivo desde la perspectiva de los ingresos.

Para efectos de la modelación financiera que propone la presente metodología, el precio consiste en la valoración en moneda legal al momento del desarrollo del trabajo de campo en los municipios piloto expresada en pesos colombianos. La unidad de medida del precio del bien agrícola variará según la naturaleza de la alternativa productiva y la práctica de medición de la producción de cada alternativa productiva. De igual manera, la unidad de medida del precio unitario del elemento de costo o insumo variará según la práctica de suministro y aplicación del productor.

7.2.1.6. Valoración económica a pesos corrientes

La valoración económica de los costos y precios unitarios asociados a la actividad agropecuaria se realiza bajo pesos corrientes de moneda legal durante el horizonte de tiempo a proyectar. El ejercicio de proyección del beneficio para el productor durante el horizonte de tiempo propone que la valoración de los precios y costos unitarios se realice bajo pesos corrientes según la información capturada en el ejercicio de campo realizado en el año base en cada respectivo municipio del caso.

En línea con la premisa anterior (7.2.1.5), el comportamiento del flujo neto de la actividad agropecuaria será influenciado a nivel de ingresos y costos por las cantidades requeridas de cada elemento de costo, así como el rendimiento productivo obtenido en cada periodo de tiempo. El elemento precio (una vez capturado en campo), entonces, en términos de su variación en el tiempo, tendrá un efecto neutro en la estimación de flujo neto, tanto desde la perspectiva de costo

asociada al precio de los factores de producción, como desde la perspectiva del ingreso al valorar la producción agropecuaria obtenida.

7.2.1.7. Comercialización de la producción

Se presume que el productor en el desarrollo de la actividad agropecuaria recibirá los ingresos derivados de la comercialización total de la producción. La materialización de dichos ingresos podrá ser a través de la generación de recursos dinerarios liquidados o en especie en caso de que el productor aparte una porción de la producción para autoconsumo.

Sin desconocer que, en la práctica de producción agropecuaria y abastecimiento, el productor puede destinar una parte de la producción para su autoconsumo y no intercambiarla en el mercado, el modelo supone en la cuantificación de su beneficio la comercialización de la totalidad de la producción. De esta manera, el beneficio derivado de la comercialización contempla la porción de producción que se intercambia en el mercado y genera recursos dinerarios líquidos para el productor, así como la porción de la producción que el productor se reserva para autoconsumo.

En contraposición, en caso de que se cuantificara el beneficio total, considerando la posición de la producción que efectivamente se intercambia en el mercado descontando la posición de la producción que, reservada para autoconsumo, el modelo no estaría capturando el beneficio global que genera para el productor la actividad agropecuaria ni estaría valorando el beneficio en especie representado en el autoconsumo a precios de mercado.

En cuanto al precio con el cual el productor está en capacidad de intercambiar la producción en el mercado de bienes agropecuarios, se asume que la totalidad de la producción es intercambiada al precio pagado al productor reportado en la unidad física líder aplicable según los resultados del trabajo de campo realizado en el ente territorial, salvo se identifique que la producción y los precios tengan alguna diferenciación en la alternativa productiva del caso.

En caso tal de que los rendimientos productivos y la producción agropecuaria sean discriminados por subproducto o por sus calidades asociadas, la estimación de ingresos de la alternativa productiva considerará rendimientos productivos y precios diferenciales de manera que los ingresos para el productor se calculen con base en los rendimientos y precios diferenciados, respectivamente. Es decir, la estimación de ingresos reconoce los rendimientos productivos y precios diferenciados en las alternativas productivas que les aplique esta diferenciación por calidad o subproducto.

7.2.1.8. Mano de obra

La mano de obra familiar requerida para el desarrollo de la actividad agropecuaria se cuantificará y estimará de forma general, incluyendo la mano de obra familiar y la mano de obra externa o contratada.

En el desarrollo metodológico, así como en ejercicios participativos previos realizados por la UPRA, se ha identificado la diversidad de prácticas productivas en un mismo municipio e incluso en la misma alternativa productiva. Dentro de esas diferentes prácticas, la utilización de la mano de obra familiar o contratada es una de ellas.

La variabilidad en la utilización de mano de obra familiar o externa se explica principalmente en variables como el ciclo productivo, los volúmenes de producción de la cosecha o incluso a la composición del núcleo familiar del productor agropecuario. Esta variabilidad representa una limitación para poder estimar, a escala submunicipal, así como municipal, cuáles son las proporciones de mano de obra familiar y externa en el desarrollo de una actividad agropecuaria. Por estas razones, el modelo cuantifica de forma general la mano de obra familiar, sin discriminación si se cubre con la capacidad productiva del núcleo familiar del productor o contratando.

7.2.1.9. Excedente capitalizable

Con relación al ejercicio de la actividad agropecuaria, se entiende como el flujo neto resultante del desarrollo de la actividad agropecuaria al descontar los costos de producción y de comercialización de los ingresos derivados de la comercialización de la producción por parte del productor.

Para efectos de la modelación de área mínima rentable que propone esta metodología, las necesidades de generación del excedente capitalizable[28] se cubrirán a partir del ahorro que el productor pueda generar mensualmente. El beneficio esperado equivalente mensual para el productor, además de cubrir la necesidad de generación de recursos líquidos para adquisición de la canasta básica de gastos del hogar rural, cubrirá las necesidades de ahorro al generar un beneficio suficiente que le permita al productor contar con recursos líquidos disponibles luego de descontar sus gastos básicos.

El ahorro generado se obtiene de los ingresos disponibles, luego de descontar del beneficio del productor la canasta de gastos correspondiente a su sustento. En tal sentido, el nivel de ahorro generado por parte del productor se asume entonces como excedente capitalizable, bajo el entendido que su capacidad de generación de ahorro se constituye en la disponibilidad de recursos de inversión necesaria para la consolidación del patrimonio del campesino.

7.2.1.10. Sensibilidad a la localización de productor

El ejercicio de modelación de resultados, flujo neto y mano de obra generada por la actividad agropecuaria será sensible a la localización específica del productor.

Desde la perspectiva productiva, el modelo de estimación de beneficio equivalente mensual para el productor reconoce en principio un valor potencial y aptitud diferenciado en el municipio frente a una línea productiva según la localización submunicipal del productor.

Con relación al acceso al mercado y al abastecimiento de insumos, el modelo de estimación considera la cercanía del productor al mercado objetivo de cada línea que conforme el sistema productivo, así como la cercanía del productor de puntos de abastecimiento y acceso a insumos.

[28] Excedente capitalizable: Corresponde al monto de recursos mensual que coadyuve a la formación del patrimonio del productor agropecuario, expresado en salarios mínimos mensuales legales vigentes (Congreso de la República, 1994).

Los resultados del productor con los que se establece el área mínima rentable serán influenciados y afectados por las condiciones productivas, cercanía a mercados y a insumos que se identifique en la ubicación del productor en el municipio.

7.2.2. Proceso de modelación de área mínima rentable

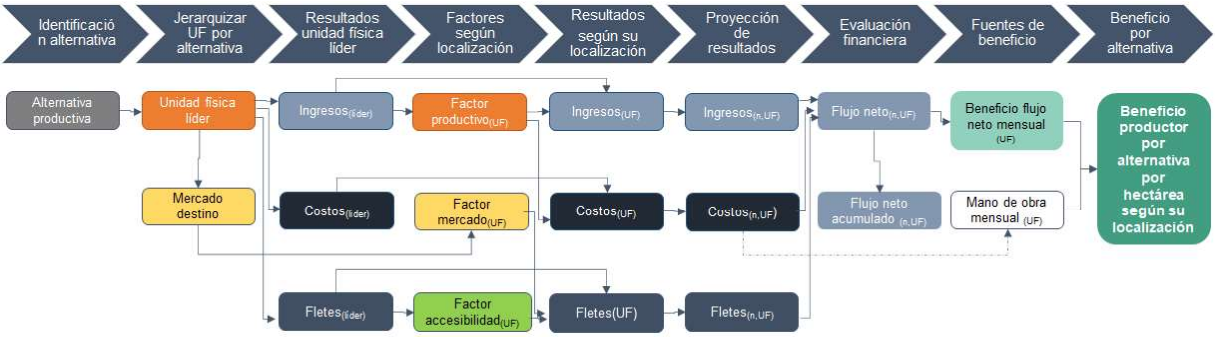
El proceso de modelación de área mínima rentable contempla el beneficio que el desarrollo de la actividad agropecuaria le genera al productor según las condiciones de terreno, cercanía a mercados y a insumos asociada su localización en el municipio.

Como área mínima rentable se entiende la extensión mínima de suelo que requiere el productor para alcanzar un nivel de beneficio mensual esperado al explotar a nivel agropecuario dicha extensión bajo un sistema o arreglo productivo. El área mínima rentable resulta un elemento de esencial importancia para el cálculo de la extensión de la unidad agrícola familiar ya que representa la extensión de suelo con destinación estrictamente productiva. Sin ella, la unidad agrícola familiar carece de sentido desde la respectiva productiva considerando que el productor no contaría con la dotación de tierra para explotación agropecuaria como generadora de beneficio. En este sentido, el área mínima rentable permite satisfacer las necesidades productivas en términos de suelo de la unidad agrícola familiar y a partir de esta área se formulan elementos complementarios a los estrictamente productivos que se desarrollarán en secciones posteriores del presente documento.

El beneficio para el productor estará determinado por las alternativas productivas con las que conforme su sistema e influenciados por las condiciones de terreno, cercanía al mercado e insumos identificados en su localización frente a las alternativas productivas que conforman el sistema.

A continuación, en la Figura 22, se presenta el proceso de estimación de beneficios para una alternativa productiva y para un sistema productivo, respectivamente.

Figura 22. Diagrama resumen de modelación de resultados por alternativa productiva por hectárea



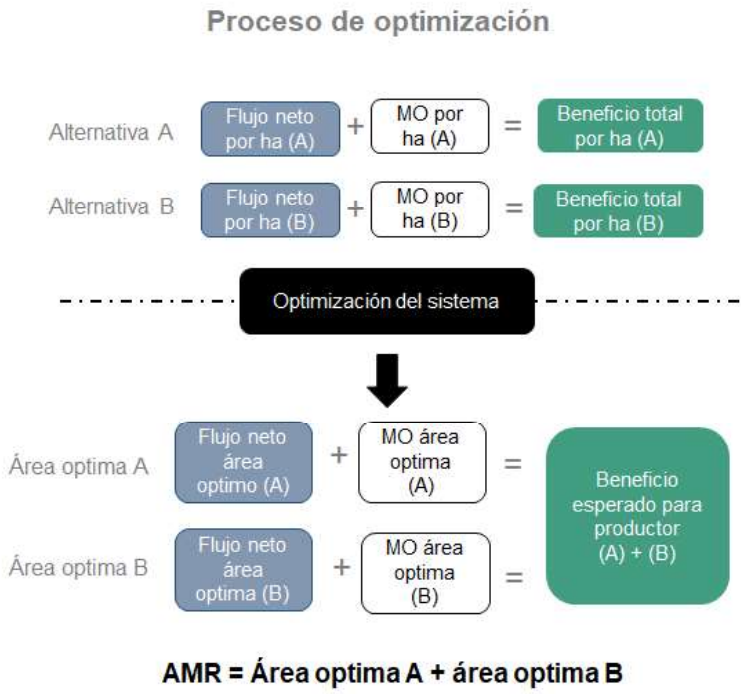
Fuente: Elaboración propia.

La
Figura 22 presenta el proceso de estimación de beneficio para el productor generado a partir de una alternativa productiva específica, reconociendo las condiciones inherentes a la localización

del productor desde el ámbito de producción a través del factor productivo tierra y desde la perspectiva de la cercanía a mercados y a puntos de abastecimiento de insumos a través de los factores espaciales.

Una vez se estima el beneficio del productor respecto a cada alternativa productiva que conforma el sistema, a partir de las condiciones que representa la localización del productor a una escala submunicipal, se calcula el beneficio del productor a nivel de sistema productivo para posteriormente calcular el área mínima requerida por el productor para alcanzar el nivel de beneficio esperado, como se presenta en la
Figura 23.

Figura 23. Diagrama resumen modelación de área mínima rentable por sistema productivo



Fuente: Elaboración propia.

El proceso de optimización del sistema consiste en la determinación de las áreas de terreno destinadas a cada una de las alternativas productivas que conforman el sistema, que le permitan a productor alcanzar el beneficio mensual equivalente esperado. En este proceso de optimización se tiene como restricción que las áreas de terreno por calcular de cada alternativa sean las extensiones y a su vez, minimicen el área total del sistema en su agregado. Siendo así, el resultado del proceso de optimización representa las extensiones por alternativa bajo un sistema productivo que le permiten al productor alcanzar el beneficio esperado, minimizando el área total del sistema.

En las secciones posteriores de este capítulo, se desarrollará paso a paso el proceso descrito en la

Figura 22 y en la
Figura 23, que tendrán como resultado la estimación del área mínima rentable que requiere el productor para alcanzar el nivel de beneficio esperado, reconociendo las condiciones asociadas a su ubicación al interior del municipio.

7.3. Cálculo flujo neto por línea productiva

7.3.1. Ingresos

El cálculo de los ingresos brutos para una alternativa productiva agropecuaria, consiste en la cuantificación de los ingresos percibidos por parte del productor derivados del desarrollo de la actividad agropecuaria resultantes de la comercialización de su producción en durante una unidad de tiempo específico.

7.3.1.1. Cálculo de ingresos en alternativas agrícolas

Para calcular los ingresos de una alternativa agrícola durante una unidad de tiempo específica, se toma como base el rendimiento productivo por generar en el desarrollo de la actividad agrícola bajo el área de una hectárea y el precio con el cual el productor se encuentre en capacidad de comercializar su producción en el mercado. Los ingresos se obtienen del producto entre el rendimiento productivo y el precio de comercialización. A continuación, se presenta la fórmula de cálculo para los ingresos de alternativas agrícolas:

$$Ingresos_{\ n} = Rendimiento\ productivo_n * Precio$$

Siendo:

- *n* el periodo de tiempo para el cual se calculan los ingresos de la alternativa productiva agrícola.
- *Rendimiento productivo*$_n$ el rendimiento productivo por hectárea expresado en kilogramos de la alternativa productiva para el periodo n.
- *Precio* el precio pagado al productor por su producción agropecuaria expresado en pesos colombianos por kilogramo.

En el caso en el que la alternativa productiva agrícola en mención se desarrolle de forma asociada con otra o más alternativas agrícolas en simultáneo, el cálculo de los ingresos de esta línea productiva será la sumatoria del producto entre el rendimiento y el precio aplicable a cada una de las alternativas productivas asociadas en cada periodo de tiempo. A continuación, se presenta la fórmula de cálculo en dicho caso:

$$Ingresos_n = \sum_k RP_{(k,n)} * Precio_k$$

Siendo:

- *n* el periodo de tiempo para el cual se calculan los ingresos de la alternativa productiva agrícola.
- *k* el número de líneas asociadas en la actividad agrícola.
- *RP*$_{(k,n)}$ el rendimiento productivo de la alternativa productiva k en el periodo n.
- *Precio*$_k$ el precio pagado al productor en la comercialización de la producción de cada una de las k líneas asociadas.

7.3.1.2. Cálculo de ingresos en alternativas pecuarias

Los ingresos provenientes de la actividad pecuaria bajo una hectárea se calculan con base en los indicadores de desempeño productivo[29] según los resultados de la alternativa pecuaria. A partir del indicador de desempeño productivo por hectárea y el precio pagado al productor de dicha producción se calculan los ingresos. Los ingresos son el resultado del producto entre los indicadores de desempeño productivo del caso y el precio al cual se comercialicen. A continuación, se presenta la fórmula de cálculo para alternativas pecuarias.

$$Ingresos_n = Indicador\ de\ desempeño\ productivo_n * Precio$$

Siendo:

- *n* el periodo de tiempo para el cual se calculan los ingresos de la alternativa productiva pecuaria.
- *Indicador de desempeño productivo*$_n$ el indicador que expresa el rendimiento productivo del sistema pecuario por hectárea según la actividad pecuaria desarrollada para el periodo n.
- *Precio* el precio de comercialización expresado en pesos colombianos y según las unidades del indicador de desempeño productivo aplicado.

En caso de que la actividad pecuaria en mención en su desarrollo entregue varios subproductos en simultáneo, el cálculo de los ingresos de la línea pecuaria para un periodo de tiempo específico será la sumatoria de los indicadores de desempeño productivo de cada uno de los subproductos resultantes por el precio de cada uno de los subproductos. A continuación, se presenta la fórmula de cálculo para los ingresos de la línea pecuaria con múltiples subproductos.

$$Ingresos_n = \sum_j IDP_{(j,n)} * Precio_j$$

Siendo:

- *n* el periodo de tiempo para el cual se calculan los ingresos de la alternativa productiva pecuaria.
- *j* el número subproductos que entrega el sistema pecuario.
- *IDP*$_{(j,n)}$ el indicador de desempeño productivo j en el periodo n.
- *Precio*$_j$ el precio de comercialización de la producción de cada uno de los j indicadores de desempeño productivo.

7.3.2. Costos

Los costos para cada alternativa consisten en los costos de producción y comercialización que se requieren realizar para contar con los factores de producción requeridos para el desarrollo de la actividad agropecuaria. La cuantificación de los costos de una alternativa de producción consiste en la sumatoria del producto entre la cantidad unitaria de cada labor, insumo, o elemento de infraestructura requerido en cada periodo de tiempo por su precio por unidad. En la sección

[29] Indicadores de desempeño productivo hacen referencia a indicadores cuantitativos que describen el desempeño competitivo y el proceso de producción obtenido (Collins y Franks, 2003, citado en Hansen, Stokstad, Hegrenes, Sehested y Larsen, 2005).

5.1. del presente documento se desarrolla en pleno la estructuración y sistematización de los costos de producción A continuación, se presenta la fórmula de cálculo.

$$Costos_n = \sum_m Cantidad\ unitaria_{(m,n)} * Precio\ unitario_m$$

Siendo:

- *n* el periodo de tiempo para el cual se calculan los costos de la alternativa productiva.
- *m* el número elemento de costo que requiere la línea para su desarrollo.
- *Cantidad unitaria* $_{(m,n)}$ la cantidad unitaria requerida del elemento de costo m en el periodo n.
- *Precio*$_j$ el precio de pagado por el productor por cada uno de los m elementos de costo.

7.3.3. Flujo neto por línea productiva

El flujo neto de la alternativa consiste en el flujo de caja resultante del desarrollo de la actividad agropecuaria a disposición del productor, una vez descontados los costos de producción de los ingresos derivados de la comercialización de la producción agropecuaria.

El flujo de caja libre o el flujo neto se puede entender como el flujo de recursos que queda disponible para pagos a los acreedores financieros y para los socios de la empresa (García O., 2009). Para el caso particular el cálculo de la unidad agrícola familiar se establece que la actividad agropecuaria podrá estar sujeta a endeudamiento de conformidad a lo establecido en la sección 7.6. relacionada con el apalancamiento financiero.

A continuación, se presenta la fórmula de cálculo para el flujo neto de la empresa básica de producción agropecuaria de una alternativa de producción para un periodo de tiempo específico:

$$Flujo\ neto_n = Ingresos_n - Costos_n$$

Siendo:

- *n* el periodo de tiempo para el cual se está calculando el flujo neto de la alternativa productiva.
- *Ingresos*$_n$ los ingresos resultantes de la comercialización de la producción agropecuaria para el periodo n.
- *Costos*$_n$ los costos que se ha debido incurrir para acceder a los factores de producción y desarrollar la actividad agropecuaria.

7.3.3.1. Mano de obra por línea productiva

La mano de obra consiste en valorar la mano de obra de la misma familia que la alternativa productiva o el sistema productivo requiere para su desarrollo en un periodo de tiempo específico. Bajo mano de obra, se agrupa la mano de obra familiar, así como la mano de obra externa que eventualmente podrá requerir la actividad agropecuaria, tal como se menciona en la premisa 0.5 del modelo de estimación de área mínima rentable.

Esta valoración es el resultado de la sumatoria del producto entre la cantidad de unidades de trabajo requeridas en el desarrollo del sistema agropecuario por su respectivo costo unitario. En la mayoría de ocasiones la unidad de medida en la que se cuantifican las unidades de trabajo en el desarrollo de actividades agropecuarias es el jornal; sin embargo, existen otras labores que aun siendo parte de la mano de obra son diferenciadas en su precio unitario o son valoradas en unidades de trabajo diferentes al jornal. La fórmula de cálculo para la mano de obra (MO) en una alternativa productiva específica se presenta a continuación:

$$MO_n = \sum_{W} Cantidad\ de\ unidades\ de\ trabajo_{(w,n)} * Precio_w$$

Siendo:

- *Cantidades de unidades de trabajo* $_{(w,n)}$ la cantidad de unidades de trabajo requeridas para el desarrollo de la actividad agropecuaria en el periodo de tiempo n para cada una de las w labores.
- *Precio*$_w$ es el precio por cada unidad de trabajo de las w labores.

Para el cálculo de la mano de obra familiar mensual equivalente y con relación al salario mínimo mensual legal vigente del año base, a continuación, se presenta la respectiva fórmula.

$$MO_{n\,(SMMLV)} = \frac{\frac{MO_n}{12\ meses}}{SMMLV\ año\ base}$$

Siendo:

- *MO*$_n$ la mano de obra en el periodo n.
- *SMMLV año base* el salario mínimo mensual legal vigente decretado por el Gobierno nacional vigente para el año base aplicable.

7.3.4. Cálculo de flujo neto y beneficio para actividades agrícolas transitorias

La estimación de flujo neto y beneficio total para el productor debe considerar que la unidad de tiempo mínima para la proyección de los resultados es anual. Las actividades agrícolas transitorias tienen un horizonte de tiempo que es inferior a dicha unidad de tiempo, de tal manera que es importante anualizar dicha información, a fin de que sea comparable con los resultados de alternativas agrícolas de tardío rendimiento o a las alternativas pecuarias en general.

En primer lugar, se deben calcular los resultados de la alternativa productiva en términos de un año. Estos resultados hacen referencia a los ingresos, los costos, el flujo neto, la remuneración de la mano de obra y por último el beneficio total para el productor. Considerando que la estructuración de canastas de costos para alternativas productivas transitorias fue realizada en términos de ciclo productivo, se debe tener en cuenta en el cálculo de resultados, el número de ciclos productivos de la alternativa productiva que se desarrollan en un año para el cálculo de resultados de dicha alternativa.

Es importante tener presente que los resultados que se calculen para la alternativa agrícola transitoria en el horizonte de un año serán los resultados a replicar en los n periodos de tiempo en que la alternativa productiva sea desarrollada bajo un sistema productivo con horizonte de

tiempo de doce años. En otras palabras, el resultado anual obtenido en costos, ingresos, flujo neto, mano de obra y beneficio total, será el resultado a replicar e incorporar como resultado de la alternativa transitoria cuando se incorpore como alternativa productiva en un sistema productivo.

A continuación, se presentan las fórmulas de cálculo para los ingresos, los costos, el flujo neto, la remuneración de mano de obra y el beneficio total para el productor para alternativas agrícolas transitorias.

7.3.4.1. Cálculo de ingresos para alternativas agrícolas transitorias

$$Ingresos_{\ n} = Rendimiento\ productivo_c * Precio * Nro.ciclos\ productivos_{año}$$

Siendo:

- *n* el periodo de tiempo para el cual se calculan los ingresos de la alternativa productiva agrícola transitoria.
- *Rendimiento productivo*$_c$ el rendimiento productivo constante por hectárea en un ciclo productivo expresado en kilogramos de la alternativa productiva.
- *Precio* el precio aplicable para la producción agropecuaria expresado en pesos colombianos por kilogramo.
- *Núm. ciclos productivos* $_{año}$ es el número de ciclos productivos de la alternativa agrícola transitoria que se desarrollan en un año.

7.3.4.2. Cálculo de costos para alternativas agrícolas transitorias

$$Costos_n = \sum_m Cantidad\ unitaria_{(m,c)} * Precio\ unitario_m * Nro.ciclos\ productivos_{año}$$

Siendo:

- *n* el periodo de tiempo para el cual se calculan los costos de la alternativa productiva.
- *m* el número elemento de costo que requiere la alternativa para su desarrollo.
- *Cantidad unitaria* $_{(m,c)}$ la cantidad unitaria constante requerida por hectárea del elemento de costo m en para un ciclo productivo.
- *Precio*$_j$ el precio pagado por el productor por cada uno de los m elementos de costo.
- *Núm. ciclos productivos* $_{año}$ es el número de ciclos productivos de la alternativa agrícola transitoria que se desarrollan en un año.

7.3.4.3. Cálculo de flujo neto para alternativas agrícolas transitorias

Una vez calculados los ingresos y los costos constantes de la alternativa agrícola transitoria para cada uno de los n periodos de tiempo, se calcula el flujo neto individual de acuerdo con la fórmula para el caso presentada de forma previa en la presente sección del documento metodológico, que igual se presenta a continuación:

$$Flujo\ neto_n = Ingresos_n - Costos_n$$

7.3.4.4. Cálculo de remuneración de mano de obra para alternativas agrícolas transitorias

Siguiendo la misma línea metodología para el cálculo de los ingresos, costos y flujo neto, a continuación, se presenta la fórmula de cálculo de la remuneración de la mano de obra para alternativas agrícolas transitorias, considerando el número de ciclos productivos que se desarrollan en un año:

$$MO_n = \sum_W Cantidad\ de\ unidades\ de\ trabajo_{(w,c)} * Precio_w * Nro.ciclos\ productivos_{año}$$

Siendo:

- *n* el periodo de tiempo para el cual se calculan los costos de la alternativa productiva.
- *Cantidades de unidades de trabajo* $_{(w,c)}$ la cantidad constante de unidades de trabajo por hectárea requeridas para el desarrollo de la actividad agropecuaria en un ciclo productivo para cada una de las w labores.
- *Precio*$_w$ es el precio por cada la unidad de trabajo de las w labores.
- *Nro. ciclos productivos* $_{año}$ es el número de ciclos productivos de la alternativa agrícola transitoria que se desarrollan en un año.

Una vez se ha calculado el flujo neto y la remuneración de mano de obra anual equivalente, se puede proceder a la estimación del beneficio total para el productor por hectárea al desarrollar la alternativa agrícola transitoria durante un año como se presenta en sección posterior del presente documento, resultado que será replicado de forma constante en cada año del horizonte de tiempo de doce años que sea desarrollada la alternativa en un sistema productivo.

7.4. Cálculo flujo neto y mano de obra por sistema productivo

7.4.1. Flujo neto por sistema productivo

El flujo neto agregado consiste en la consolidación de resultados de alternativas productivas individuales en un resultado de flujo neto total según las alternativas que conformen el sistema y con sus respectivas proporciones. El cálculo del flujo neto total por sistema se obtiene de la sumatoria de los resultados de flujo neto individual de cada alternativa considerando la extensión en área de explotación agropecuaria de cada alternativa que conforma el sistema. El cálculo para el flujo neto por sistema se presenta a continuación:

$$Flujo\ neto\ sistema_{\ mensual\ SMMLV} = \sum_{Q} Area_Q * Flujo\ neto_{Q\ mensual\ SMMLV}$$

Siendo:

- $Area_Q$ la extensión individual en hectáreas de las Q alternativas productivas del sistema.
- $Flujo\ neto_{mensual\ SMMLV}$ el equivalente mensual de la media anual de los flujos netos que obtiene el productor al desarrollar cada una de las Q alternativas productivas durante los N años de horizonte de tiempo.

7.4.2. Mano de obra por sistema productivo

La mano de obra familiar por sistema será el resultado de la contribución de mano de obra de cada alternativa productiva agropcuaria considerando la extensión a que será destinada cada alternativa productiva. Considerando que la mano de obra familiar está calculada bajo una hectárea, el cálculo de la mano de obra en el sistema productivo debe considerar la cantidad de área que se destinará a cada alternativa productiva dentro del sistema a desarrollar. A continuación, se presenta la fórmula de cálculo para la cuantificación de la remuneración de la mano de obra del sistema, según el área destinada a cada alternativa productiva en el sistema:

$$MO\ sistema_{\ mensual\ SMMLV} = \sum_{Q} Area_Q * MO_{Q\ mensual\ SMMLV}$$

Siendo:

- $Area_Q$ la extensión individual en hectáreas de las Q alternativas productivas del sistema.
- $MO_{mensual}$ el equivalente mensual de la media anual de la mano de obra familiar requerida por parte del productor para las Q alternativas productivas durante los N años de horizonte de tiempo.

7.4.3. Cálculo de resultados de línea productiva con horizontes de tiempo diferenciados

El horizonte de tiempo en la proyección de los resultados de flujo neto y mano de obra familiar se establece según el ciclo productivo de la alternativa productiva agropecuaria. El horizonte de tiempo de la alternativa productiva hace referencia al plazo temporal en la que se desarrolla la

actividad siendo consistente con las condiciones técnico-productivas que cada alternativa productiva requiere.

En caso que el sistema productivo esté conformado por alternativas productivas de tardío rendimiento que su horizonte de tiempo sea inferior a doce años, los resultados de dicha alternativa productiva se deberán replicar temporalmente una vez se haya cumplido en horizonte de tiempo inicial. Es decir, si una alternativa productiva tiene un horizonte de tiempo de cinco años, para proyectar sus resultados en un horizonte de tiempo de doce e igual el horizonte de tiempo teórica frente a las demás alternativas del sistema, se replican los resultados de los cinco años en la línea de tiempo hasta completar el horizonte de doce años. A continuación, se presenta ejemplo del número de veces que se deben proyectar los resultados de la alternativa de cinco años, para completar la línea de tiempo de doce años:

$$Horizonte\ de\ tiempo\ sistema = 12\ años,$$

$$Horizonte\ de\ tiempo\ alternativa\ de\ menor\ duración = 5\ años,$$

$$Horizontes\ de\ tiempo\ a\ replicar\ en\ alterantiva\ de\ menor\ duracíon = \frac{12}{5}$$

$$Horizontes\ de\ tiempo\ a\ replicar\ en\ alterantiva\ de\ menor\ duracíon = 2{,}4$$

Para mayor ilustración, a continuación, se presenta línea de tiempo de doce años para alternativa productiva de menor duración:

Tabla 57. Ilustración de resultados para alternativas productivas de tardío rendimiento con horizonte de tiempo inferior a doce años

Resultados alternativa	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en el horizonte inicial de cinco años, se replican hasta completar el horizonte de tiempo superior, conservando la secuencia de resultados iniciales, como se presenta a continuación (Tabla 58).

Tabla 58. Replicación de resultados para alternativas con horizonte de tiempo inferior a doce años

Resultados alternativa	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_1	R_2

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, los resultados de la alternativa productiva que tiene una menor duración es replicada en una duración superior hasta completar los resultados en el horizonte de tiempo de doce años.

7.4.4. Horizonte de tiempo para sistemas transitorios

Para la proyección de resultados y de beneficiosos para el productor cuando el sistema sea conformado exclusivamente por alternativas productivas transitorias el horizonte de tiempo a tomar será de cinco años. Este horizonte de tiempo para la modelación, obedece al criterio de que el productor recupere su inversión y estabilice su nivel de ingresos en el tiempo.

A diferencia de las actividades agrícolas de tardío rendimiento, las alternativas transitorias se caracterizan por contar con una periodicidad de generación de ingresos más constante debido a su ciclo productivo, lo cual repercute a su vez en su nivel de ingresos. Para dicho ciclo productivo se completan las labores de establecimiento, sostenimiento y cosecha, lo que permite obtener flujo neto (ingresos netos), con los ingresos obtenidos de la producción, cubrir las inversiones requeridas en un número menor de periodos, lo que no sucede en alternativas de tardío rendimiento sino hasta años posteriores.

7.5. Formulación de modelo de área mínima rentable

7.5.1. Beneficio total por alternativa productiva

El beneficio percibido por parte del productor será el resultado a nivel del sistema del flujo neto junto con la remuneración de mano de obra para un periodo de tiempo específico. Este ingreso, es el que el productor buscará maximizar a partir de las diferentes alternativas productivas disponibles en su territorio y cómo diferentes combinaciones de estas bajo un mismo sistema generan diferentes niveles de beneficio para el productor. En la sección 7.1. de la presente metodología se presenta la aproximación teórica a nivel económico a este modelo. La fórmula a continuación presenta cómo se compone el beneficio o ingreso para el productor agropecuario:

$$Beneficio_n = Flujo\ neto_n + MO_n$$

Siendo:

- *Flujo neto* $_n$ para el periodo n.
- *MO* $_n$ la mano de obra familiar para el periodo n.

Para calcular el beneficio del productor en términos de promedio anual durante el horizonte de tiempo durante el cual se desarrolla la actividad agropecuaria, se aplica la media del flujo neto y de la mano de obra (MO) para obtener el promedio anual de estos componentes como se indica en la fórmula que se presenta a continuación:

$$Beneficio_{promedio\ anual} = \frac{\sum_N Flujo\ neto_n}{N} + \frac{\sum_N MO_n}{N}$$

$$Beneficio_{promedio\ anual} = Flujo\ neto_{promedio\ anual} + MO_{promedio\ anual}$$

Siendo:

- N el numero años durante los que se desarrolla la actividad agropecuaria.
- Flujo neto$_n$ el resultado de flujo neto para cada uno de los N años que se desarrolla la actividad agropecuaria.
- MO$_n$ el resultado de la mano de obra para cada uno de los N años.

A partir del beneficio del productor promedio anual, se calcula su equivalente en términos mensuales promedio durante el horizonte de tiempo que se desarrolle la actividad agropecuaria según la siguiente fórmula de cálculo en donde se divide por los doce meses del año:

$$Beneficio_{\ mensual} = \frac{Flujo\ neto_{promedio\ anual}}{12} + \frac{MO_{promedio\ anual}}{12}$$

$$Beneficio_{\ mensual} = Flujo\ neto_{\ mensual} + MO_{\ mensual}$$

Siendo:

- *Flujo neto* $_{promedio\ anual}$ la media anual de los resultados de flujo neto de los N años durante los que desarrolla la actividad agropecuaria.

- *MOF* $_{promedio}$ anual la media anual de los resultados de la mano de obra durante los N años que se desarrolla la actividad agropecuaria.

El beneficio del productor con relación al salario mínimo mensual legal vigente (SMMLV) vigente para el año base, se obtiene de la razón entre el flujo neto equivalente mensual y la mano de obra familiar equivalente mensual, frente al salario mínimo del año base respectivamente. A continuación, se presenta la fórmula a ejecutar para calcular el beneficio total mensual equivalente en términos del salario mínimo mensual legal vigente del año base:

$$Beneficio_{mensual\ SMMLV} = \frac{Flujo\ neto_{\ mensual}}{SMMLV_{año\ base}} + \frac{MO_{\ mensual}}{SMMLV_{año\ base}}$$

$$Beneficio_{mensual\ SMMLV} = Flujo\ neto_{mensual\ SMMLV} + MO_{mensual\ SMMLV}$$

Siendo:

- *Flujo neto* $_{mensual}$ el equivalente mensual de la media anual de los flujos netos que obtiene el productor al desarrollar la actividad agropecuaria durante los N años de horizonte de tiempo.

- *MO* $_{mensual}$ el equivalente mensual de la media anual de la mano de obra requerida por parte del productor para la actividad agropecuaria durante los N años de horizonte de tiempo.

- *SMMLV* $_{año\ base}$ el salario mínimo mensual legal vigente para el año base decretado por el gobierno nacional.

7.5.1.1. Beneficio por sistema productivo

El beneficio para el productor en el desarrollo de la actividad agropecuaria bajo un sistema productivo será el resultado agregado de los resultados individuales de las alternativas que conforman el sistema en términos del flujo neto y la remuneración de la mano de obra familiar según las áreas destinadas a cada alternativa productiva. A continuación, se presenta la fórmula de cálculo que resume el beneficio total para el productor agropecuario bajo un sistema productivo:

$$Beneficio\ S_{\ mensual\ SMMLV} = FN\ S_{\ mensual\ SMMLV} + MO\ S_{\ mensual\ SMMLV}$$

Siendo:

- *Beneficio S* $_{mensual\ SMMLV}$ el beneficio total equivalente mensual generado por el sistema productivo para el productor agropecuario expresado en salario mínimos mensuales legales vigentes.

- *FN S* $_{mensual\ SMMLV}$ el flujo neto equivalente mensual generado por el sistema expresado en salarios mínimos mensuales legales vigentes.

- *MO S* $_{mensual\ SMMLV}$ mano de obra familiar equivalente mensual que requiere el desarrollo de la actividad agropecuaria expresada en salarios mínimos mensuales legales vigentes.

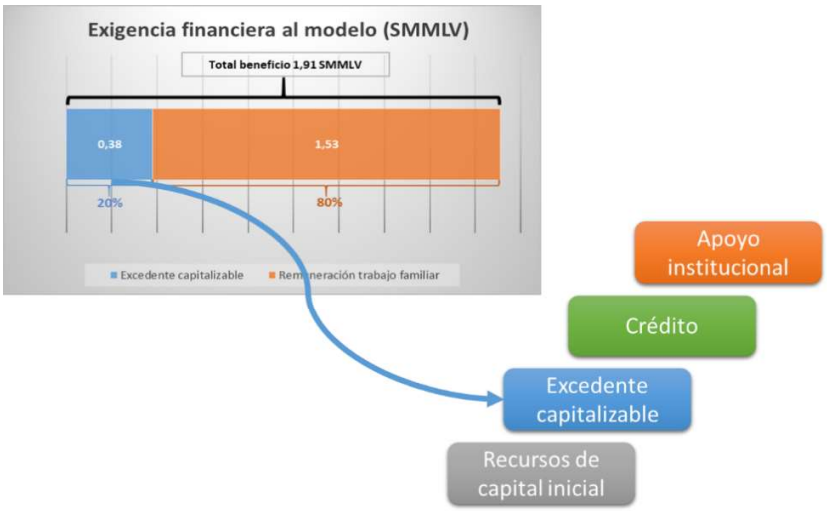
7.6. Apalancamiento financiero

7.6.1. Aproximación general

De acuerdo al artículo 38 de la Ley 160/1994, que define la Unidad Agrícola Familiar UAF, una condición necesaria es la constitución y fortalecimiento del capital familiar; para lo cual acuñó el concepto del excedente capitalizable. No obstante, estos recursos pueden llegar a ser escasos frente a las exigencias de la empresa familiar, por lo cual su apalancamiento podrá acudir tanto a fuentes de financiación como el crédito, sumado al apoyo de programas institucionales públicos o privados cuando las familias no cuenten con capacidad de endeudamiento o cuando ésta sea reducida respecto a las necesidades; y adicionalmente se debe considerar puede haber la preexistencia de un capital inicial por parte del sujeto de ordenamiento social de la propiedad al momento de la adjudicación cuando haya una ocupación previa, representado en cultivos, maquinaria, herramientas, etc.

En este mismo sentido, y dado el limitado acceso a crédito a causa de condiciones de informalidad en la tenencia de la tierra, se ha dificultado el escalonamiento de sus actividades y mejoramiento de las condiciones de trabajo que les permitan el acceso a ingresos suficientes, y con ello a la capitalización de sus empresas acorde a las condiciones de sus productos. Por lo anterior, es necesario comprender el apalancamiento financiero bajo una condición escalonada de acceso a recursos como se muestra en el siguiente esquema:

Figura 24. Aproximación general apalancamiento financiero



Fuente: Elaboración propia.

A partir de ello, los criterios para el apalancamiento de las iniciativas productivas se entienden de la siguiente manera:

a) **Recursos de capital inicial:** Están delimitados por recursos propios tangibles en el terreno como: cultivos, infraestructura productiva y adecuaciones de suelo para la producción; siendo un punto de partida importante para la cofinanciación de los sistemas productivos a implementar o sostener según la etapa en que se encuentre la iniciativa productiva.

b) **Excedente capitalizable:** Se constituye como una fuente de recursos que permite la capitalización de la empresa, y por ende puede ser destinado a cubrir créditos destinados al mismo fin, esto es la capitalización, con el propósito de fortalecer capacidades de transformación, uso y manejo de los recursos con que cuenta la población rural; para lo cual se han establecido también subsidios como primer eslabón, alianzas productivas en la configuración de asociatividad y programas de cooperación, en el marco global del trabajo rural con entidades multilaterales, que se constituyen en recursos adicionales de apalancamiento.

c) **Crédito:** Las alternativas financieras para el sector agropecuario, han venido precisándose en la medida de las necesidades y características de los capitales agropecuarios a financiar. Dentro de sus características están los periodos de gracia por temporalidad productiva, tasas diferenciadas según sector productivo, fondo para el financiamiento e incentivos de acuerdo a la política sectorial.

d) **Apoyo institucional (subsidios – otros programas):** Circunscrito a programas públicos o de alianzas multilaterales para el fomento del sector rural, atienden necesidades y poblaciones específicas según priorización de circunstancias asociadas al capital territorial.

7.6.2. Modo de cálculo

El modo de cálculo presenta el procedimiento para establecer la capacidad de apalancamiento financiero del productor rural agropecuario. La capacidad de apalancamiento del productor se entiende como el límite máximo de endeudamiento formal que podría adquirir el productor para financiar la inversión inicial del proyecto productivo a implementar.

La definición de dicho límite para el productor se establece a partir de los ingresos disponibles que genera el sistema productivo mensualmente, luego de descontar los gastos asociados a la canasta básica del hogar rural promedio. En concordancia con el beneficio esperado para el productor agropecuario, los ingresos disponibles para el productor una vez atendidas las necesidades asociadas a la canasta de gastos del hogar rural, resultan en los recursos que el productor pueda apartar para materializar el ahorro y así materializar el excedente capitalizable generado al desarrollar la actividad agropecuaria.

Considerando que el excedente capitalizable que genera el sistema productivo posibilita la construcción de patrimonio por parte del productor agropecuario, dichos recursos podrán ser destinados parcialmente o en su totalidad a la atención del servicio de la deuda del endeudamiento que podrá requerir el productor para la financiación de la inversión inicial del proyecto productivo. Debido a que la adquisición de endeudamiento formal por parte del productor está limitada por su capacidad de pago del servicio de la deuda con cargo a los recursos asociados al excedente capitalizable, este último se convierte en una restricción con la que se establece el límite máximo para el apalancamiento del productor agropecuario.

La porción del beneficio generado para el productor asociada al excedente capitalizable equivale al 20% del beneficio mensual equivalente del productor. Significa que el excedente capitalizable asciende a 0,382 salarios mínimos mensuales legales vigentes, partiendo de un beneficio mensual equivalente para el productor de 1,91 salarios mínimos mensuales legales vigentes.

Como producto de la capacidad de pago del productor, este podrá acceder a financiación formal o apalancamiento que para la cobertura del servicio de la deuda le requiera como máximo la destinación de la totalidad de los recursos asociados al excedente capitalizable, el cual equivale a 0,382 salarios mínimos mensuales legales vigentes al mes. Una vez definido el monto máximo de recursos que el productor puede destinar a la cobertura de la cuota mensual o servicio de la deuda del endeudamiento formal o apalancamiento, a continuación, se presentan las condiciones de crédito de referencia para establecer el monto máximo a financiar.

a. Condiciones del crédito

A partir de condiciones de crédito de referencia y la capacidad de pago del productor presentada en la sección precedente, se establece cual es el monto máximo a financiar para la consecución de la inversión inicial del proyecto productivo.

- *Plazo.* Se toma como plazo de referencia el horizonte de tiempo máximo contemplado en la proyección de los resultados del sistema productivo, el cual equivale a plazo de doce (12) años o ciento cuarenta y cuatro (144) expresado en meses.
- *Periodicidad de pago de cuota o servicio de la deuda.* Se contempla el pago de la cuota o servicio de la deuda con una periodicidad mensual.
- *Valor de cuota.* Como cuota se establece que el productor podrá dedicar la totalidad del excedente capitalizable mensual para cubrir el servicio de la deuda, que equivale a 0,382 salarios mínimos mensuales legales vigentes al mes.
- *Tasa.* Como tasa de referencia se toma la tasa de interés de colocación de Banco Agrario de Colombia para créditos de redescuento con Finagro con pago de cuota mensual con plazo de 10-12 años para la línea de inversión del Grupo 2.

b. Capacidad de endeudamiento

Para el cálculo de la capacidad de endeudamiento, se estima cuál es el monto máximo que la familia pueda tomar como crédito, bajo las condiciones de crédito de referencia en la sección precedente. Es decir, con un plazo, periodicidad de pago, valor de cuota y tasa de interés específicas, cual es el monto máximo a financiar por el productor agropecuario para cubrir su inversión inicial.

Para el caso del plazo y de la periodicidad de la cuota, estas permanecen constantes para el cálculo de la capacidad de endeudamiento. Por otra parte, para el valor de la cuota y la tasa de interés, estas deben ser calculadas según el año base de la captura de información del municipio del caso y las tasas publicadas por Banco Agrario, respectivamente.

Plazo. Se conserva el plazo de 12 años (144 meses) para la financiación, según las condiciones de crédito de referencia.

Periodicidad de pago de cuota o servicio de la deuda. Se conserva una periodicidad mensual para pago de cuota o servicio de la deuda, según las condiciones de crédito de referencia.

Valor de cuota. Se calcula el valor de la cuota con base en el excedente capitalizable mensual expresado en salarios mínimos mensuales legales vigentes y el valor del salario mínimo mensual legal vigente del año base de la captura de información para el municipio para el cual se está calculando la capacidad de endeudamiento.

Como ejemplo para el municipio de Planadas, Tolima, se toma el salario mínimo mensual legal vigente para el año base en el que se capturó información primaria para dicho municipio en el ejercicio de calibración metodológica (2019), el cual asciende a $828.116,00. Para dicho caso, el excedente capitalizable para cubrir la cuota equivaldría a $316.340, resultado del producto del excedente capitalizable mensual expresado en salarios mínimos mensuales legales vigentes (0,382 SMMLV) y el valor del salario mínimo legal mensual vigente para el año base asociado. ($828.116,00).

Tasa. Para el caso de Planadas, Tolima tomándolo como ejemplo, se toman las tasas publicadas por el Banco Agrario vigentes entre el 22 y 28 de febrero de 2021.

La tasa de interés de referencia en las fechas de vigencias indicadas equivale a (DTF + 9,08%) N.T.A., la cual equivale a 11,66% anual y 0,92% mensual en términos efectivos.

Una vez definidas y calculadas las condiciones de crédito de referencia, se calcula cuál es el monto que el productor podría financiar dadas estas condiciones, de manera que, al finalizar el plazo de 144 meses, el saldo por pagar del crédito sea igual a cero.

Bajo las condiciones de crédito de referencia planteadas, el monto máximo a financiar equivaldría a $25.138.814,00. En la tabla 59 se presenta cálculo.

Tabla 59. Varibles para la valoración del apalancamiento financiero

Variable	Valor
Plazo	144 meses
Periodicidad de pago de cuota	Mensual
Valor cuota	$316.340
Tasa de interés	0,92% efectiva mensual
Monto a financiar	$25.138.814

Fuente: Elaboración propia.

c. Ajustes a sistemas productivos e insumos para modelamiento

El apalancamiento financiero dependerá de la inversión que requiere un sistema productivo, que a su vez está directamente relacionada con la inversión que requiere cada línea productiva. Es por tal motivo que se hace indispensable la revisión y ajuste de los sistemas productivos dentro de cada UFH.

Dentro de la determinación de la estructura productiva de la UAF se definen algunos portafolios de sistemas productivos para cada UFH, de acuerdo con la información recopilada en campo, la aptitud y la experticia de los profesionales a cargo del proceso. Cada uno de estos sistemas productivos requiere de una inversión para establecer y sostener el sistema productivo hasta que comience a percibir ingresos.

La revisión y ajuste a los sistemas productivos se realiza en dos momentos, para un primer momento con el análisis financiero se determinará la inversión requerida para cada sistema productivo dentro de cada UFH, en este punto se identifica si dentro de alguna UFH los portafolios definidos sobrepasan el monto máximo de inversión, de ser así el equipo técnico deberá reformular los sistemas productivos para estas UFH teniendo en cuenta los criterios de aptitud y la información recopilada en campo. En un segundo momento, se procederá a validar nuevamente la inversión requerida para los sistemas productivos reformulados. Finalmente, para este momento se tendrán identificados si los sistemas productivos definidos para cada UFH cumplen con el criterio de apalancamiento financiero, y se procede a revisar los fletes encontrados para cada línea productiva como se explica a continuación.

La revisión de los fletes por factores de acceso y comercialización se hace necesaria para la incorporación del apalancamiento financiero en los flujos de efectivo de la metodología propuesta. Los fletes se constituyen en un factor determinante en los costos de producción, ya que abarcan procesos logísticos complejos que se refieren a toda la operación y costos asociados que están detrás de la ruta que cursa cualquier producto desde su zona de producción hasta llegar a manos del consumidor (Agencia de Desarrollo Rural, 2018).

Es importante aclarar que en el país no existe información secundaria que permita validar la información de los costos de los fletes a una escala veredal-municipal, y a nivel municipio-municipio la información es limitada. Sin embargo, se han diseñado algunas herramientas para llenar los vacíos de información de costos de trasporte, cargue y descargue de productos agropecuarios a nivel municipio-ciudad y ciudad-ciudad.

Por esta razón, tener una aproximación real de los costos de los fletes de insumos y productos agropecuarios en el país puede resultar un poco complejo, ya que inciden factores determinantes como accesibilidad, mercado meta, agente comercial, tipo de producto, volúmenes, precio de combustible y precio del producto.

La primera revisión de precios de los fletes se hace *ex post* a la fase de levantamiento de los costos de producción en campo; comparando los precios de los fletes reportados en las estructuras de costos con las fichas de caracterización comercial de las unidades de análisis y de asociaciones con el fin obtener una aproximación más real del transporte de insumos y productos agropecuarios.

Igualmente, se deben revisar fuentes secundarias como el Registro Nacional de Despacho y Carga (RNDC), la cual es un base de datos desarrollada por el departamento de logística y carga del Ministerio de Transporte, y que contienen la información mensual correspondiente a los manifiestos de carga a nivel nacional, los cuales son reportados de manera obligatoria por las empresas de transporte ante el Ministerio de Transporte y que detallan toda la información relacionada con el movimiento de carga que se realiza, por ejemplo, cantidad transportada, tipo de carga, precio efectivo de la movilización de carga, entre otros.

Así mismo, es importante comparar la información levantada en campo con la herramienta de la red de comercialización de la Agencia de Desarrollo Rural, la cual es un instrumento de costos logísticos asociados al transporte de carga de productos alimenticios en rutas relevantes para el comercio agropecuario del país.

Cabe resaltar, que tanto las bases de datos del Registro Nacional de Despacho y Carga - RNDC, como la red de comercialización de la Agencia de Desarrollo Rural, reportan generalmente los costos de transporte de carga a nivel municipio – ciudad y ciudad – ciudad. Aunque, en algunas ocasiones posible encontrar alguna información asociada a nivel municipio – municipio.

Por lo tanto, si el equipo profesional considera que se debe realizar ajustes a la información reportada asociadas a los costos de los fletes, debe comparar y validar la información capturada con las fichas de caracterización comercial y las bases de datos indicadas, con el fin de identificar datos atípicos y realizar las correcciones que se requieren.

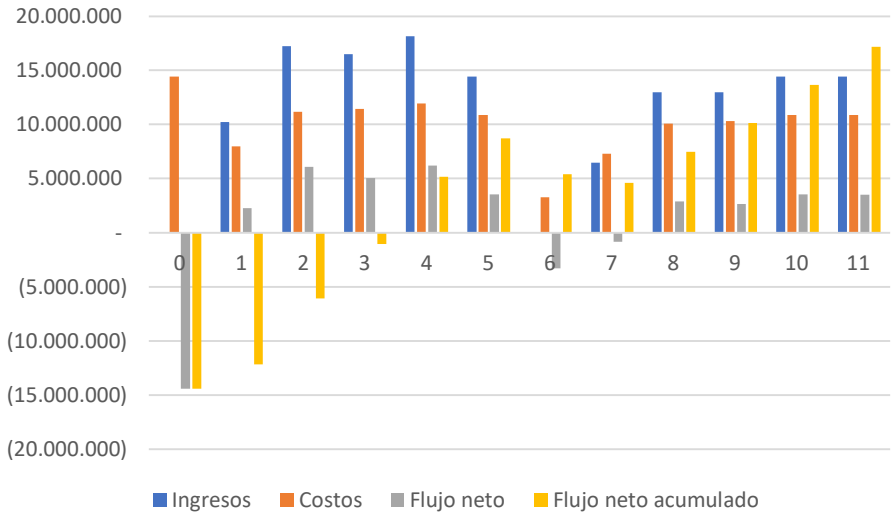
Ejemplo: Café-Plátano para la UFH Líder en Planadas, Tolima.

Como ejemplo de la modelación y de la financiación asociada a un sistema productivo, se presenta el caso de Café asociado con Plátano en la UFH Líder en el municipio de Planadas, Tolima.

Según la definición de los factores espaciales considerados en el proceso de modelación, la UFH para Café en el municipio de Planadas, Tolima es la UFH que cuenta con las mejores condiciones agrologicas y edafoclimáticas de dicho municipio para desarrollar el Café. Por esta razón, los factores espaciales asociados a dicha UFH tendrán un valor de 1 en los tres casos (factor productivo, factor de mercado y factor de accesibilidad.

Luego del ejercicio de estructuración de costos, la cuantificación de beneficios derivada de la comercialización de la producción del sistema y la proyección de dichos resultados durante el horizonte de tiempo y la estimación de área productiva para obtener el beneficio esperado para el productor (2,48 ha), se obtienen los resultados de ingresos, costos, flujo neto y flujo neto acumulado para cada periodo de los 12 años contemplados. Estos resultados se pueden apreciar en la Figura 25 a continuación.

Figura 25. Resultados Café-Plátano en UFH Líder Café para Planadas, Tolima



Fuente: Elaboración propia.

En términos de evaluación financiera, el sistema del ejemplo registra una tasa interna de retorno TIR de 18% y un periodo de recuperación de la inversión de 3,16. El productor, luego del periodo donde se realiza la inversión (periodo 0), obtendrá su recuperación 3,16 periodos después, lo que significa que a comienzos del cuarto periodo (4,16 exactamente), se obtendrá la recuperación de la inversión. Esto se puede ver gráficamente en la Figura 25 ya que en el periodo 4, ya el flujo neto acumulado registra un valor positivo.

Con relación a la inversión inicial, para el caso del ejemplo, la inversión inicial equivale a $7.961.000 descontando lo relacionado con la mano de obra ya que no se considera un elemento financiable en el modelo. En caso de que el productor quisiera financiar la totalidad de la inversión inicial requerida para desarrollar el sistema productivo en mención, este deberá adquirir endeudamiento formal por un monto equivalente a la inversión inicial anteriormente mencionado. Tomando las condiciones de crédito de referencia descritas en la sección precedente para el caso del sistema Café-Plátano en la UFH Líder para Café en Planadas, Tolima, se procede a calcular cual es la cuota mensual a pagar asociada a la financiación de la inversión inicial descontando la mano de obra. En la Tabla 60, se presenta las variables del cálculo de la cuota a pagar por el productor en dicho ejemplo.

Tabla 60. Cálculo de cuota de financiación para Café-Plátano Líder en Planadas-Tolima

Variable	Valor
Plazo	144 meses
Periodicidad de pago de cuota	Mensual
Monto a financiar	$7.961.000
Tasa de interés	0,92% efectiva mensual
Valor cuota	$100.179
SMMLV 2019	$828.116
Valor cuota (SMMLV 2019)	0,121

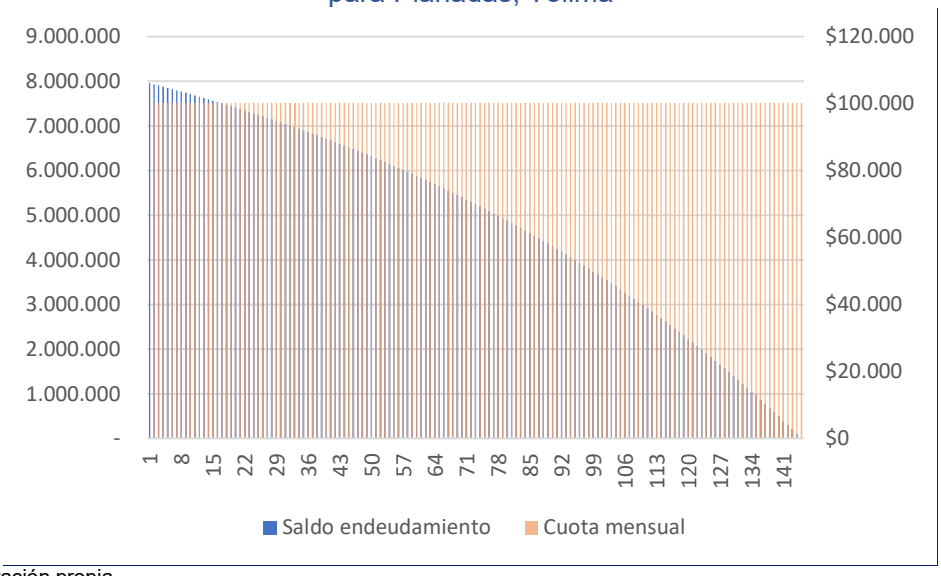
Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de Café-Plátano Líder en Planadas, Tolima, la cuota mensual para la financiación de la inversión inicial equivaldría a $100.179 tomando las condiciones de crédito de referencia y una inversión inicial descontando la mano de obra equivalente a $7.961.000. Al tomar dicho valor de cuota mensual y expresarla en términos del salario mínimo mensual legal vigente del año baso que para este caso es 2019 ($828.116), se obtiene una cuota mensual equivalente a 0,121 salarios mínimos mensuales legales vigentes al mes.

Cabe resaltar que dicho valor de cuota expresado en salarios mínimos mensuales legales vigentes según el año base (0,121 SMMLV), es inferior al excedente capitalizable equivalente mensual (0,382). Esto significa que el productor al desarrollar la actividad agropecuaria genera el suficiente excedente capitalizable para cubrir la cuota mensual de la financiación de la inversión inicial descontando la mano de obra, en caso que este opte por financiarla en su totalidad.

En la Figura 26, se presenta el flujo de recursos asociados a la financiación donde se incluye el desembolso inicial de recursos para cubrir la inversión inicial descontando la mano de obra y el pago mensual de la financiación durante el horizonte de tiempo aplicable al sistema.

Figura 26. Flujo de recursos asociados a la financiación de Café-Plátano en UFH Líder Café para Planadas, Tolima



Fuente: Elaboración propia.

En la (Figura 26) se puede ver como el saldo del endeudamiento decrece hasta llegar a cero al final del plazo de financiación (144 meses) el registrar abonos mensuales a la deuda por valor de $100.179 como se mencionó en la (Tabla 60). De esta manera, el productor está en capacidad de financiar su inversión inicial (descontando su mano de obra) si así lo quisiera, a partir de los recursos asociados al excedente capitalizable que genera el sistema productivo.