



*Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.*



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

## **Competitividad y sustentabilidad en sistemas ganaderos del piedemonte amazónico colombiano**

Yelly Yamparli Pardo-Rozo<sup>1</sup>

Milton César Andrade-Adaime\*

Octavio Hernández-Castorena<sup>2</sup>

### **Resumen**

El objetivo fue identificar factores de la competitividad y la sustentabilidad, en sistemas ganaderos del piedemonte amazónico, para afrontar los desafíos en tiempos de pospandemia. En una muestra de 60 fincas de la zona, se aplicó una encuesta para identificar factores internos y externos para la competitividad y la sustentabilidad, desde la perspectiva del productor. Se realizó un análisis de la envolvente de datos y se complementó aplicando métodos de estadística descriptiva e inferencial. Los factores clave hacia la competitividad fueron: la rentabilidad de la ganadera y los bosques como cobertura al interior de las fincas. Los factores clave hacia la sustentabilidad fueron: la disminución de impactos ambientales de la deforestación para aumentar el almacenamiento de carbono y la potenciación de los servicios ecosistémicos. El aumento de la rentabilidad y el establecimiento de sistemas sostenibles de producción ganadera es el punto de encuentro para mejorar la competitividad y la sustentabilidad.

**Palabras Clave:** Captura de carbono, Servicio ecosistémico, Ventaja comparativa.

### **Abstract**

The aim was to identify factors of competitiveness and sustainability, in livestock systems of the Amazon piedmont, to face the challenges in period of post-pandemic. In a sample of 60 farms in the area study, a survey was applied to identify internal and external factors for competitiveness and sustainability, from the producer's perspective. A Data Envelopment Analysis was carried out and supplemented by applying descriptive and inferential statistical methods. The key factors towards competitiveness were profitability of livestock and forests as on-farm cover. The key factors towards sustainability were the reduction of environmental impacts of deforestation to increase carbon storage and the enhancement of ecosystem services. Increasing profitability and establishing sustainable livestock production systems is the meeting point for improving competitiveness and sustainability.

**Keywords:** Carbon capture, Ecosystem service, comparative advantage.

---

<sup>1</sup>\* Universidad de la Amazonia, Colombia.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Aguascalientes.

## **Introducción**

El sector ganadero es importante para la economía de Colombia y de su región amazónica. Representa el 1,4% del PIB nacional y el 21,8% del PIB del sector agropecuario (DANE, 2021). Genera el 6% del empleo nacional y el 19% del empleo en el sector agropecuario (FEDEGAN, 2021). Sin embargo, el sector ganadero no ha sido competitivo debido a los bajos niveles de productividad y calidad en comparación con otros países, y por la predominancia de modelos de ganadería extensiva. Sus mercados internacionales se realizan con países cercanos con requerimientos de calidad que no demarcan aún mercados exclusivos (Pertuz-Martínez y Elías-Caro, 2019). La región amazónica aporta cerca del 0,9% del PIB del país y el 1,8% del sector primario (DANE, 2021). Pese a poseer suelos frágiles para la ganadería, esta actividad económica está culturalmente introducida desde los procesos de colonización en la década de los cincuenta (Arcila, 2011). En la región se produce 7,9% de las cabezas de ganado a nivel nacional. Cerca del 98% de los sistemas ganaderos en el piedemonte amazónico son considerados como tradicionales, 1,8% en transición hacia modelos sostenibles de producción y un 0,2% cuentan con algún tipo de modelo agroforestal, silvopastoril o agrosilvopastoril (Pardo-Rozo, Muñoz-Ramos y Velásquez-Restrepo, 2020).

La ganadería ha traído como consecuencia la ampliación de la frontera agropecuaria dejando a su paso deforestación, pérdida de biodiversidad, desplazamiento de especies selva adentro, vulnerabilidad en suelos, contaminación de cuerpos de agua y cambios en la dinámica de la regulación hídrica y microclimática, y en las últimas décadas luego del sector industrial, se le ha responsabilizado de la emisión del 26% de los gases de efecto invernadero en el país (Yáñez et al., 2020). La Amazonia colombiana contiene ecosistemas endógenos y servicios ambientales estratégicos, como la captura y almacenamiento de carbono y regulación del ciclo hídrico (Roucoux et al., 2017), importantes en la mitigación de cambio climático. Los servicios ambientales en la Amazonia son considerados como una ventaja comparativa (Olaya, Dussan y Plazas, 2017). Por ello debe potencializarse a través de los modelos de producción sostenibles en las actividades ganaderas, lo cual puede traducirse como la estrategia para desarrollar una ventaja competitiva, una tarea urgente para buscar un equilibrio entre las actividades económicas competitivas y el respeto por la dinámica de los recursos naturales (Rizo-Mustelier et al., 2017).

Esta investigación tiene por objetivo identificar factores claves de competitividad y la sustentabilidad en sistemas ganaderos del piedemonte amazónico. Estos propósitos se ajustan a la agenda mundial estipulada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2015) y a

los planes de desarrollo nacionales, regionales y políticas locales. Los conceptos de competitividad y sustentabilidad son cruciales en el ambiente organizacional y confluyen para lograr un desarrollo sostenible. La información resultante permitirá diseñar orientaciones a los tomadores de decisiones en la administración local que apunten al cumplimiento de las políticas colombianas dirigidas a la búsqueda de desarrollo rural sustentable.

### **Marco teorico conceptual**

**El concepto de competitividad.** La competitividad es un concepto que desde comienzos del milenio adquirió una mayor complejidad a través de diferentes enfoques y disciplinas. Desde los primeros planteamientos de Porter en 1998, quien define la competitividad como ser diferente, suele definirse como la capacidad de supervivencia y posicionamiento de una organización o empresa en el mercado con un desempeño superior al promedio. Para la competitividad empresarial, es necesaria la formulación de estrategias entre las que el autor tipificó como: la estrategia de liderazgo en costos, la estrategia de diferenciación y la estrategia de enfoque. La competitividad es vista como un proceso de integración de mercados entre países y la capacidad de desarrollar la economía a partir de su productividad operativa y apertura de mercados, que indiscutiblemente debe mejorar el nivel de vida de los habitantes (Porter, 2008).

Para que las empresas, sectores o países lleguen a ser competitivos, deben ser eficientes tanto en lo operativo como lo administrativo. Entre los conceptos asociados a la competitividad se tiene: la productividad, la eficiencia, la globalización, la apertura de mercados, y en general la optimización en los procesos económicos, tecnológicos y económicos. Aunque la productividad se restringe a la optimización de un aparato productivo, y no incorpora la importancia de la inserción en los mercados locales e internacionales, es necesaria para que una empresa llegue a ser competitiva. La eficiencia operativa y administrativa, también es un factor clave para la competitividad. Porter indica que un país es competitivo a partir del desempeño de sus sectores industriales y empresariales. En ese sentido se da por entendido que la competitividad de un país depende fundamentalmente de las capacidades de desarrollo del sector industrial para lograr la innovación e irse perfeccionando, una empresa competitiva optimiza sus recursos para alcanzar la maximización de la productividad, beneficios económicos, financieros y se torna innovadora en la inserción del mercado y perdura en un periodo de tiempo importante (Porter, 2021). Otros conceptos importantes son la ventaja absoluta, comparativa y la ventaja competitiva. Porter (1998) diferencia estos dos últimos conceptos, donde esclarece que las ventajas comparativas se heredan, pero las ventajas competitivas son creadas.

Existen cuatro esferas de la competitividad: el nivel microeconómico, mesoeconómico, macroeconómico y metaeconómico (CEPAL, 2017). El primer nivel se refiere a la creación de ventajas competitivas al interior de la empresa, a través de su capacidad de gestión, estrategias e innovación. El segundo hace alusión a la eficiencia del entorno, al mercado de factores, infraestructura física e institucional y políticas específicas en ciencia, tecnología, ambiente e innovación. También se conoce como la competitividad regional. La tercera corresponde a la política en materia fiscal, monetaria, comercial, cambiaria, presupuestal, que hacen posible el fortalecimiento del aparato industrial. El cuarto nivel, se refiere a la estructura política y económica orientada al desarrollo, visiones estratégicas y planes de desarrollo engranado al comercio internacional.

Otros conceptos importantes relativos a la temática de competitividad y estrategia son las fuerzas de la competencia y el diamante competitivo propuesto por Porter, el cual posteriormente incluyó el componente ambiental para corresponder a la problemática mundial. En el caso colombiano, los últimos informes sobre competitividad nacional realizan seguimientos en aspectos como: eficiencia del estado, justicia, corrupción, infraestructura, transporte, logística energía, economía digital, educación, salud, mercado laboral, pensiones, comercio exterior, sistema tributario, financiación empresarial, ciencia tecnología e innovación, crecimiento verde y productividad (CPC, 2021).

**Variables de la competitividad en el sector ganadero.** García-García et al., (2015), también identificaron factores clave asociados a la competitividad. Entre estos destaca la producción (productividad o desempeño), la innovación (nivel educativo, transferencia de tecnología, clúster); y factores sociales (calidad de la vivienda, políticos, ingresos o fenómenos asociados a la estacionalidad de la producción). Los principales modelos y propuestas para medir la competitividad empresarial y del sector toman en cuenta las variables que mencionan Sarmiento-Reyes y Delgado-Fernández (2020). Las clasifican en financieras, económicas, del mercado, técnicas, sociales, medioambientales. Entre las variables ambientales asociadas a la competitividad se encuentran: la existencia de políticas, manejo de desechos, licencias ambientales. Las variables clave asociadas a la competitividad en el sector ganadero colombiano entre el 1990 a 2010 según Pertuz-Martínez y Elías-Caro (2019) fueron: bajos precios en insumos y precios en el sector lácteo; abastecimiento en el mercado interno, aumento de la producción de leche; cruces genéticos adecuados al ambiente, razas puras mejoradas, carne libre de aftosa, ganado para doble propósito, aumento de áreas en pastos, integración vertical hacia delante de la cadena cárnica, reducción de

costos de producción, mano de obra económica e incorporación de modelos de producción ganadera sostenible.

**Sustentabilidad.** El concepto *Sustainable Development* (SD) mencionado por primera vez en el Informe de Brundtland y su posterior institucionalización en la Cumbre de Río, se consolidó como uno de los fundamentos filosóficos de la política ambiental mundial. La traducción del término *sustainable development* para Naciones Unidas en *Our Common Future* (1987), la Declaración de Río (1992), el Protocolo de Kioto (1998), la Cumbre de Johannesburgo (2002), los ODM y en diferentes artículos y citas realizadas es: “*aquel desarrollo que permite el crecimiento económico, aumento de la calidad de vida y el bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales, garantizando la satisfacción de las necesidades socioeconómicas y ambientales para la generación actual y futura*”

Desde la perspectiva académica, en economía ambiental Daly (1990) definió el *desarrollo sustentable* como el escenario en el que la capacidad de explotación humana se iguala a la capacidad de sustentación del medio. Pearce y Turner (1995) establecen que la noción de SD podría ser vista como una tentativa de ampliar el concepto de eficiencia intertemporal, para un contexto donde existen recursos naturales o recursos que no son producibles por el sistema económico. En este sentido, el SD implicaría utilizar los recursos naturales de forma que se maximice la producción actual sin reducir su capacidad de producción futura o la maximización de los beneficios netos del desarrollo económico sujeto al mantenimiento de los servicios y la calidad de los recursos naturales a lo largo del tiempo. Entre los paradigmas de la sustentabilidad, se encuentra la sustentabilidad débil y fuerte. La primera establece que el bienestar no depende de una forma específica de capital, sino que puede mantenerse sustituyendo el capital natural por el capital manufacturado sin excepción (Solow 1997). De otro lado, la sustentabilidad fuerte se refiere a la sustituibilidad del capital natural, limitado por características ecológicas como la integridad, la irreversibilidad, la incertidumbre y la existencia de componentes críticos de este, que hacen una contribución única al ser humano. Estas visiones son complementarias, pues en la primera no existe una incompatibilidad entre el crecimiento económico y la conservación del capital natural, bajo el supuesto de una evolución e innovación tecnológica que así lo permita, lo que lo convierte en un enfoque antropocentrista.

### **Medición de la sustentabilidad en el sector rural en América Latina**

Luego de que los sistemas agropecuarios sean responsabilizados por la emisión del 18% de los gases de efecto invernadero, han surgido métodos y técnicas para la medición de la sustentabilidad en el sector rural de América latina de acuerdo con López (2012), entre ellos: el análisis de capitales, ciclos de vida, decisiones multicriterio y los indicadores parciales de sustentabilidad, entre los principales. Estos últimos métodos debido a la naturaleza multidimensional del concepto de sustentabilidad emplean muchas variables cualitativas y cuantitativas para su medición y se han apoyado en la aplicación de métodos cuantitativos paramétricos y no paramétricos.

Entre las primeras experiencias de la valoración de la sustentabilidad con indicadores dirigidas específicamente al sector agropecuario en Latinoamérica, se encuentra el documento de De Camino y Müller (1993). Los autores propusieron la integración de variables, funciones complejas y dinámicas involucradas con la definición de sustentabilidad en un sistema económico integrado por la tecnología, producción y productividad, rentabilidad, recursos, población y sus variables sociales, necesidades, consumos y el tiempo. Otra herramienta desarrollada para el sector agropecuario fue el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Mediante Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) que comienza con una caracterización del sistema productivo, para determinar las fortalezas y debilidades, luego se seleccionan indicadores estratégicos, se aplican, analizan y evalúan para luego recomendar las acciones de mejora (Quiroga 2007).

Otros autores como Cherchye y Kuosmanen (2002) propusieron la medición del desarrollo sostenible mediante el cálculo del índice de sustentabilidad, a través de la construcción de una frontera mediante el análisis de la envolvente de datos, en la que se comparan y vinculan varios países cuyas variables de medición de carácter económico fueron: el índice de desarrollo humano, el índice de pobreza y un indicador de bienestar; las variables de carácter sociopolítico fueron: el índice de desarrollo relativo al género (GDI), el índice de potenciación de género (GEM) y el índice de bienestar humano; y las variables de carácter ambiental fueron: la huella de carbono, el índice de bienestar ecosistémico y el índice de sustentabilidad ambiental. Este estudio manejó los criterios como la disponibilidad de los valores calculados; grado de cobertura de países desarrollados y uniformidad metodológica entre los países.

### **Variables asociadas a la sustentabilidad en los sistemas agropecuarios**

Las unidades productivas rurales son células sociales que engranan las dimensiones de la sustentabilidad y definen el desarrollo de un país en términos de su seguridad alimentaria. La

presión de estos sistemas productivos sobre los recursos naturales es de alto impacto, debido a la deforestación, los cambios en el uso del suelo y los impactos a los servicios ecosistémicos. Los servicios ecosistémicos, entendidos como los procesos, materias primas y energía que la naturaleza provee para satisfacer las necesidades vitales de los seres vivos, forman parte de los inventarios y valores potenciales que tienen los predios del contexto amazónico (Constanza et al., 1997; Hartwick y Olewiler, 1998). Estos han sido clasificados como: servicios de apoyo, de regulación, de aprovisionamiento y servicios culturales.

Los servicios de apoyo se relacionan con el funcionamiento de procesos de los ecosistemas, que genera los servicios directos, como la fotosíntesis, la formación y almacenamiento de materia orgánica, el ciclo de nutrientes, la creación y asimilación del suelo y la neutralización de desechos tóxicos, entre otros. Los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento sirven como materia prima, insumos, o energía para consumo directo. Los servicios de regulación consisten en los ciclos hídricos, climáticos, energéticos, los repositorios o sumideros de carbono, la polinización, la producción de oxígeno, entre otros, que proporcionan el funcionamiento integral de los ecosistemas. Por último, los servicios ecosistémicos culturales son todos aquellos valores estéticos, recreativos y culturales que proporcionan bienestar al hombre, como la belleza escénica, pictografías rupestres, fósiles, selvas vírgenes, escenarios naturales para desarrollar investigación (Reid, 2005).

En ese sentido, los servicios ecosistémicos inmersos en los sistemas productivos rurales en la Amazonia se relacionan con recursos naturales y ambientales como los bosques, los humedales, los cuerpos hídricos superficiales y subterráneos y la productividad de los suelos, con todos los productos y servicios ecosistémicos que las interacciones de estos involucran. Algunos de estos servicios ecosistémicos se encuentran inmersos en zonas donde operan los sistemas agropecuarios. Entre ellos se encuentran: la conservación de agua, biodiversidad, control de plagas, retención del agua en subsuelo, producción de agua, bancos medicinales, sumideros de carbono, reducción de la erosión, microclima, corredores ambientales, belleza escénica, valores históricos y ancestrales, reservas de petróleo, zona de recarga de acuíferos, avistamiento de especies, conservación de suelo (Uribe et al., 2003; Pardo y Sanjinés, 2014; Toledo et al., 2018).

### **Variables asociadas a la competitividad y sustentabilidad rural**

Entre las variables para medir la competitividad y la sustentabilidad en la zona rural se pueden condensar en las siguientes: índices de desarrollo, índice de calidad de vida, capital humano, índice de necesidades básicas insatisfechas INBI, nivel de escolaridad, nivel de ingresos, indicadores de

gobernanza, índice de concentración de ingreso y territorio GINI; producto interno bruto, indicadores de competitividad, indicadores de eficiencia, tasas de descuento, valor presente neto, índice de precios, huella ecológica, emisiones de CO<sub>2</sub>, índice de biodiversidad, niveles de almacenamiento de carbono. Estas variables son de tipo económico, social, político, ambiental y tecnológico.

### Metodología

El área de estudio fue la zona rural de Belén de los Andaquíes, Caquetá, ubicada en el piedemonte amazónico al sur de Colombia. El diseño metodológico del presente estudio es cuantitativo debido al uso de técnicas estadísticas (descriptiva e inferencial) y herramientas de programación lineal y diagnóstico por cuanto la información será línea base para el desarrollo de otras orientaciones en sentido práctico y teórico (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). De una población de 300 sistemas ganaderos en la zona de estudio, se tomó una muestra de 60 productores empleando muestreo aleatorio simple, extraído de la base de datos del estudio de Pardo-Rozo (2020), con los valores de las variables de la Tabla 1.

**Tabla 1. Descripción de las variables de productos e insumos utilizadas en el análisis envolvente de datos (DEA) con el fin de obtener la frontera de eficiencia de los predios ganaderos**

<b>Variables de la competitividad y sustentabilidad de fincas ganaderas</b>	
<i>RBC:</i>	Variable que representa la razón beneficio/costo anual por finca, calculada a partir de la relación entre el valor presente de los ingresos y los costos operativos por ganadería.
<i>NBS:</i>	Variable que representa el número de necesidades básicas satisfechas; toma valores entre 1 y 5, donde 5 es una mejor posición respecto de 1.
<i>CA:</i>	Variable ambiental continua, que representa las toneladas de carbono almacenado en biomasa aérea del total de hectáreas en cobertura boscosa que tiene la finca.
<i>NE:</i>	Nivel educativo del empresario o propietario. Si no tiene ningún nivel educativo toma el valor de 1, con primaria toma el valor de 2, bachiller 3, técnico 4, universitario 5 y posgrado 6.
<i>%BOSQ:</i>	Porcentaje de la cobertura boscosa presente en la finca.
<i>COSTOS:</i>	Costos anuales de producción al interior de la finca medida en pesos colombianos del año 2021.
<i>%PTIVO:</i>	Porcentaje relativo de las coberturas productivas en el predio, la suma de las hectáreas en Pasturas para ganadería

*Fuente: Elaboración de los autores*

**Propuesta de construcción de un indicador de eficiencia para la determinación de la competitividad y sustentabilidad.** La frontera de la eficiencia (competitividad y sustentabilidad) se calculó mediante el DEA con las variables agrupadas presentadas en la Tabla 1, donde RBC, NBS y CA actúan como productos y el nivel educativo, el porcentaje de suelos productivos, bosques y los costos operativos actúan como insumos. Los índices se calcularon según Coll y Blasco (2006), mediante el uso del programa *Frontier Analyst*, versión 4.4, que arrojó índices de eficiencia entre 0 y 1 para cada finca. En esta investigación se consideraron sostenibles competitivas y sustentables aquellas fincas con puntaje igual a 1, y con potencial hacia la competitividad y sustentabilidad cuando este fue menor que 1 (ineficientes).

Los datos requieren de un análisis descriptivo e inferencial de acuerdo con Gujarati y Porter (2010). Como herramienta tecnológica al análisis estadístico se empleó el software Limdep versión 7.0. Para la determinación de las fincas competitivas y sostenibles, se empleó el Análisis de Envolvente de Datos, una técnica de programación lineal que permite construir indicadores sintéticos de eficiencia, a partir de variables con diferentes unidades. Como herramienta tecnológica de programación lineal se empleará el software Frontier Analyst versión 2018. En complemento, se presenta un modelo econométrico que busca identificar los factores determinantes de la sustentabilidad y la competitividad de los sistemas ganaderos (Gujarati y Porter, 2010).

**Modelo matemático.** Siguiendo a Pardo-Rozo (2020), el modelo busca resolver el problema de maximización de un producto y la minimización simultánea de insumos, mediante la construcción de una frontera de producción óptima que permite comparar cada unidad de observación frente al óptimo estimado. Se tenían  $N$  fincas que utilizaban una cantidad determinada de insumos ( $I$ ) para producir productos ( $P$ ) en un periodo de tiempo determinado ( $t$ ). Se tomó para la  $i$ -ésima finca, la matriz  $X$  de insumos de orden  $(I \times I)$  y una matriz  $Y$  de productos orden  $(P \times I)$ , ambas conformadas por los datos observados de las fincas agropecuarias asumiendo rendimientos constantes a escala.

La eficiencia técnica de una determinada finca puede estimarse a través del siguiente programa lineal, lo cual se expresa en el modelo primal como: Función objetivo:  $Max U, V (X_i, Y_i)$ , sujeto a: i)  $VX_i = 1$ , ii)  $UY_i - VX_i \leq 0$ , con  $i = 1, 2, \dots, N$  y  $U, V \leq 0$ ; donde  $X_i$ : representa los insumos de la  $i$ -ésima finca ganadera evaluada.  $Y_i$ : representa los productos de la  $i$ -ésima finca ganadera evaluada.  $U$ : es un vector de  $P \times I$  productos óptimos que deberán ser hallados (el peso del *output*).  $V$ : es un vector de  $I \times I$  la combinación óptima de insumos que se desea hallar (el peso del *input*). El problema se resuelve mediante programación lineal, al encontrar los valores de  $U$  y  $V$  que optimizan

la medida de eficiencia (*competitiva y sustentable* para este caso) sujetas a que son valores inferiores o iguales a la unidad.

Según la orientación, los modelos del DEA pueden ser hacia el insumo (*input*) o hacia la producción (*output*), en función de la existencia de rendimientos a escala constantes (modelo CCR) o rendimientos variables (BCC). Debe tenerse en cuenta que los rendimientos variables pueden ser crecientes o decrecientes y que también se debe tener en cuenta si los insumos (*inputs*) pueden ser controlados o no. Una de las limitantes del método es que el programa puede asignar una ponderación nula o escasa a un factor que, desde la teoría, puede ser de gran importancia en la eficiencia relativa de las unidades productivas (Coll y Blasco 2006).

La eficiencia puede ser de tipo técnica, precio (o asignativa) o global (o económica). Se debe tener en cuenta que el DEA proporciona medidas de eficiencia relativas (solo respecto de su conjunto de referencia, es decir, entre las fincas de la muestra), pero no ofrece una medida de eficiencia absoluta porque no compara la DMU contra un máximo teórico (Aparicio 2007), lo que equivale a decir que la frontera de eficiencia, se construirá a partir de los puntajes de las fincas que más se aproximan hacia el cumplimiento de los criterios de sustentabilidad (en lo económico, político, social y ambiental) sin ser estas necesariamente sostenibles. La inclusión de una nueva finca con sus condiciones particulares de inputs y outputs, puede cambiar absolutamente todos los puntajes de eficiencia, aquí entendidos como puntaje hacia la sustentabilidad.

**Modelo Tobit para hallar los determinantes de la sostenibilidad.** En complemento a la estimación del puntaje de sostenibilidad, se usó un modelo de regresión para observar los factores de los cuales depende. Los parámetros del modelo se obtuvieron a partir del método de estimación de máxima verosimilitud, según la metodología econométrica de Gujarati y Porter (2010), mediante el uso del programa *Limdep* versión 7.0. Se usó el modelo econométrico Tobit, con el fin de observar si el potencial de mejora hacia la sostenibilidad o ineficiencia estaba relacionado a las variables socioeconómicas, políticas y ambientales estudiadas. Se consideró que el modelo Tobit es el más indicado porque, tanto la variable regresora, como las variables explicativas, tienen datos censurados (Gujarati y Porter 2010). El modelo Tobit usado fue (Ecuación 1):

$$NoEficiente = \beta_0 + \beta_1*Ing + \beta_2*Bosq + \beta_3*Past + \beta_4*Cult + \beta_5*Bov + \beta_6*Agri + \beta_7*Forest + \varepsilon$$

Ecuación 1.

La variable dependiente fue *NoEficiente*: representa el indicador de ineficiencia de acuerdo con los coeficientes hallados mediante el método DEA. Esta variable original se modifica así (Gamarra 2004):  $NoEficiente = [1-Eficiente]/[Eficiente]$  información proporcionada por el modelo DEA  $1-[\theta CCR/\theta BCC]$ , donde  $\theta$  es el puntaje de eficiencia con retornos constantes (CCR) y variables (BCC) proporcionados por el modelo DEA.

Las variables independientes fueron: *Ing*: variable continua que representa el ingreso anual de la familia en pesos colombianos del año 2020. *Bosq*: variable continua que expresa las hectáreas de cobertura boscosa en la finca. *Past*: variable continua que expresa las hectáreas de pasturas para ganadería que tiene la finca. *Cult*: variable continua que expresa las hectáreas destinadas a cultivos en la finca. *Bov*: variable dicótoma que toma el valor de 1 cuando en la finca desarrolla actividad económica de ganadería bovina, de lo contrario toma el valor de 0. *Agri*: variable dicótoma que toma el valor de 1 cuando en la finca desarrolla actividad agrícola comercial, de lo contrario toma el valor de 0. *Forest*: variable dicótoma que toma el valor de 1 cuando en la finca tiene cultivos de caucho o palma y desarrolla esta actividad económica, de lo contrario toma el valor de 0. Y  $\varepsilon$  es la variable estocástica que representa el error del modelo.

## Resultados

**Variables de las fincas ganaderas asociadas a la competitividad y sustentabilidad.** Las variables de la competitividad de acuerdo con el nivel de importancia dado por los productores se agruparon en: la capacidad productiva, la capacidad tecnológica, capacidad financiera, capacidad del talento humano como factores internos. Como factores externos las variables se agruparon en el acceso a los mercados y la perspectiva de los productores frente al apoyo político a la productividad de las fincas, la percepción de los productores sobre el apoyo de la banca regional para fortalecer la inversión, las condiciones de orden público y la transferencia tecnológica que realizan las instituciones científicas y académicas, que para la región son el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI y la Universidad de la Amazonia respectivamente.

Las variables de la sustentabilidad de tipo interno se agruparon en la deforestación que se realiza en la finca, la importancia que los productores ganaderos le otorgaron al potencial de los servicios ecosistémicos inmersos en los predios; el uso del suelo y la adopción de modelos o prácticas sustentables de producción. En los factores externos de la sustentabilidad se encuentran los niveles de pobreza y el apoyo de la administración e instituciones científicas y académicas. La Tabla 2

presentan los resultados encontrados para cada una de estas variables determinantes y asociadas a la competitividad y sustentabilidad al interior de las fincas ganaderas.

**Tabla 2. Variables asociadas a la competitividad y la sustentabilidad en las fincas de la muestra**

Competitividad	Unidad	Sustentabilidad	Unidad
Factores internos	(Promedio)	Factores internos	(valor y/o medida)
Capacidad productiva	4 litros vaca día. 24 ha en promedio por finca	Deforestación interna	58% de las fincas (0,4 ha año <sup>-1</sup> )
Capacidad financiera	\$15 millones anuales, con una Razón beneficio costo de 1,8 en promedio	Valoración de los servicios ecosistémicos de la finca	Nulo 3%, bajo 23%, medio 36%, alto 38%
Capacidad tecnológica	5% alto, 25% medio, 70% bajo	Cambio en el uso de los suelos en 10 años	Nulo 10%, bajo 40%, medio 25%, alto 25%
Capacidad del talento humano	Nivel educativo 10% nulo, 40% primaria, 25% bachiller,	Incorporación de modelos sostenibles de producción	Nulo 66%, bajo 25%, medio 7,8, alto 0,2%
		Conservación bosques	42% de las fincas, 488 árboles ha <sup>-1</sup> .
Factores externos	(valor y/o medida)	Factores externos	(valor y/o medida)
Acceso a mercados (valoración de vías)	Pésimas 34%; Malas 38%; Aceptables 25%, Buenas 3%	Percepción sobre el apoyo en transferencia tecnológica para instauración de modelos sostenibles	Nulo 43%, bajo 50%, aceptable 7%
Percepción sobre apoyo político	Nulo 43%, Muy bajo 52%, Bajo 5%		
Percepción sobre el sector financiero	Nulo 52%, Muy bajo 38%, Bajo 16% Aceptable 4%	Condiciones de vivienda, hacinamiento, educativas, nivel de ingreso Pobreza con mas de dos NBI necesidades básicas insatisfechas	Para la zona de estudio el 90% son pobres y el 10% pobreza extrema
Percepción sobre el orden público	Aceptable 85%, Bueno 13%, Excelente 3%		
Percepción sobre transferencia tecnológica	Nulo 43%, Muy bajo 52%, Bajo 5%		

*Fuente: Elaboración Propia*

El promedio de los ingresos mensuales de los hogares de las fincas fue considerado bajo, debido a que fue inferior a 1,01 *smmlv* de 2021. El valor promedio de la RBC para las fincas fue 1,8, lo que indica que, por cada peso desembolsado como costo, generó 1,8 pesos de ingresos (valor máximo 5 y un mínimo de 0,19). La zona se caracteriza por los bajos niveles educativos en los productores. El 100% presenta problemas de pobreza asociados a la baja productividad, bajos ingresos y acceso escolar de niños entre 6 a 12 años. En general los resultados indican las bajas posibilidades de estas fincas hacia la competitividad, por cuanto no existe apoyo por parte del gobierno, del sector

financiero y se observan bajos niveles tecnológicos y productivos, respecto de la producción nacional.

En el plano ambiental, los cambios en el uso del suelo están dados a partir del 50% de los sistemas productivos, donde el 58% realiza actividades de deforestación. Esta situación agrava las condiciones para desarrollar un modelo ganadero sustentable, pues el impacto hacia los recursos es alto. Es mínima la instauración de prácticas y modelos sostenibles de producción. Sin embargo, existe una alta valoración de los servicios ecosistémicos que puedan estar inmersos en los predios agropecuarios.

**Determinación del puntaje de eficiencia (Competitividad y Sustentabilidad).** Se procedió a hallar los puntajes de eficiencia con las variables de la competitividad y sustentabilidad (Tabla ).

**Tabla 4. Distribución de los puntajes de eficiencia (en competitividad y sustentabilidad) para las fincas a partir de los modelos orientados a producto con rendimiento a escala constante (CCR) y a escala variable (BCC). EE: Eficiencia a escala**

<b>Puntaje</b>	<b>EE CCR</b>	<b>%</b>	<b>EE BCC</b>	<b>%</b>
0,4 a 0,5	1	1,4	1	1,4
0,5 a 0,6	6	8,5	3	4,2
0,61 a 0,7	8	11,4	16	22,8
0,71 a 0,80	31	44,2	25	35,7
0,81 a 0,9	18	25,7	17	24,2
0,91 a 0,99	3	4,2	4	5,6
1,00	4	5,6	4	5,6

*Fuente: Elaboración Propia*

Desde ambos enfoques (CCR y BCC), se encontró que la mayor parte de las fincas objeto de estudio obtuvieron un puntaje promedio entre 0,71 a 0,8, seguida por un grupo de fincas con puntajes entre 0,81 a 0,9, y solo cuatro fincas (5,7%) obtuvieron un puntaje de 1 en las cuatro dimensiones de la sustentabilidad, es decir generan la frontera de sustentabilidad.

**Comparación de las fincas competitivas y sustentables vs no eficientes.** A continuación se presenta la comparación de las variables de la competitividad para las fincas eficientes e ineficientes (Tabla 4). Como era de esperarse las fincas competitivas y sustentables presentaron valores

promedio superiores en las variables Carbono almacenado CA, Razón Beneficio Costo RBC, Necesidades Básicas Satisfechas NBS, Apoyo del gobierno AG y densidad arbórea respecto del promedio de las fincas no competitivas y no sostenibles. Por ejemplo, el promedio de CA en las fincas sostenibles fue de  $83,6 t ha^{-1}$  frente al promedio de  $76,4 t ha^{-1}$  para las 56 fincas restantes.

**Tabla 4. Valores promedio de las fincas eficientes en comparación con el promedio general**

Variable	<u>4 fincas eficientes</u>		<u>56 fincas no eficientes</u>	
	Media	Mín – Máx	Media	Mín – Máx
RBC	5,0	2,5 – 12,0	4,8	0,2 – 12,8
NBS	4,0	3,0 – 4,0	3,0	2,0 – 4,0
CA $t ha^{-1}$	178,0	166,3 – 293,9	162,47	45,5 – 272,76
Suelo productivo (%)	53,0	13 – 91	72,4	0,2 – 98,0
Cobertura bosques (%)	13,0	2 – 75	16,9	3,0 – 75,0

Fuente: Elaboración Propia

El porcentaje de suelo productivo es menor en las fincas eficientes que en las otras fincas, situación que obedece a la relación de optimización entre el uso del suelo como factor de producción (pasturas, cultivos y bosques). Si bien las fincas que conforman la frontera tienen puntajes de eficiencia técnica iguales a 1, no necesariamente indica que estas fincas serán competitiva y sostenibles, pero si sobresalen respecto de las 60 fincas ganaderas del estudio. Fueron eficientes en la obtención de carbono, en la rentabilidad, con mayores necesidades básicas satisfechas y la mejor percepción sobre el apoyo del gobierno y sus políticas, versus sus costos de producción y coberturas productivas; lo cual es consistente con los criterios de desarrollo sostenible: garantizar el crecimiento económico, calidad de vida, bienestar social, sin agotar el capital natural, para generaciones actuales y futuras.

#### **Identificación de factores claves asociados a la competitividad y sustentabilidad de las fincas ganaderas**

Se elaboró un modelo econométrico Tobit en complemento al análisis no paramétrico DEA, que permitió analizar las variables determinantes de los puntajes de la eficiencia a escala. Se eligieron las variables relacionadas con las principales coberturas del predio y el uso del suelo en las actividades ganaderas (pasturas, cultivos y bosque). Se encontró que las variables que determinan el puntaje de sostenibilidad fueron: *el ingreso*, las hectáreas en *bosque* y la *actividad de ganadería bovina* (Tabla 5). El signo negativo de la variable *Bosque* indica cómo el incremento de las hectáreas en esta cobertura

aumentaría la probabilidad de obtener un puntaje mayor hacia la eficiencia. Caso contrario ocurrió con la variable *Ingreso* y la variable de la actividad ganadera (*bovinos*), pues al aumentar el ingreso, disminuye la probabilidad para la Finca de obtener un puntaje hacia la eficiencia; así mismo, las fincas ganaderas tienen una menor probabilidad hacia la *eficiencia* frente a otras Fincas con diferente actividad económica. Lo anterior indica que la actividad ganadera no es competitiva ni sustentable, tal vez se relaciona con la instauración de modelos tradicionales extensivos que han dejado una baja productividad y rentabilidad.

**Tabla 5. Determinantes de la eficiencia (competitividad y sustentabilidad) de las fincas ganaderas a través del modelo Tobit**

<b>Variable</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Error estándar</b>	<b>P-valor</b>	<b>Media</b>
Constante	-1,17700	0,4720	0,0126	
Ingreso**	0,00038	30,0000	0,0870	763,55
Bosque*	-0,10440	0,0450	0,0120	4,35
Pastos	-0,00020	0,0050	0,9560	25,00
Cultivos	0,04080	0,0360	0,2590	2,81
Bovinos***	0,64250	0,3935	0,1020	0,72
Agrícola	-0,07980	0,3045	0,7930	0,23
Forestal	0,09550	0,2943	0,7450	0,43

\*\*\* significativo al 11 %, \*\*al 10 % y \* al 5 %.

*Fuente: Elaboración Propia*

La única variable que fue estadísticamente significativa fueron los Bosques, lo que confirma la importancia del servicio ecosistémico almacenamiento de Carbono para la sostenibilidad. En materia de actividad económica, solo la ganadería de bovinos fue relevante en el modelo; el sentido negativo sugiere que la actividad ganadera no se practica de forma eficiente.

### **Discusión**

Las variables asociadas a la competitividad sectorial y sustentabilidad de las fincas ganaderas en el piedemonte amazónico fueron: la rentabilidad de la actividad ganadera, los suelos empleados para esta actividad, los costos y niveles tecnológicos de producción, la condición de pobreza de los productores, la conservación de bosques en las fincas para almacenamiento de carbono como factor ambiental importante contra cambio climático. Las variables identificadas como factores clave para estudiar la competitividad en el sector ganadero y la sustentabilidad fueron acordes a las planteadas

en García-García et al. (2015) y Pertúz-Martines y Elías-Caro (2019), estas fueron: el ingreso anual de la finca, la actividad ganadera y las coberturas en bosque de la finca.

Debido a su baja rentabilidad, la actividad ganadera se relaciona en sentido negativo con la competitividad y con la sustentabilidad; mientras que la conservación de áreas boscosas al interior de la finca se relaciona de forma positiva con la competitividad y sustentabilidad. Este aspecto es cuestionable debido a que en la región esta es una de las principales actividades socioeconómicas culturalmente introducidas, pero que, debido a la fragilidad de los suelos amazónicos, la ganadería no corresponda a la aptitud de uso del suelo. Estos resultados vistos desde la sostenibilidad débil, permiten suponer que la ganadería en la región está afectando negativamente los recursos naturales y económicos porque todas las externalidades que genera (deforestación, disminución de los sumideros de carbono, entre otros) no son compensadas por el sistema económico ni social, pues así lo demuestra el NBI del 100 % y la valoración del apoyo del gobierno y el indicador RBC y los bajos niveles de producción actual (en comparación con la media nacional). Más bien estas prácticas ganaderas revelan que en materia política e institucional se necesita una intervención en el sistema económico, productivo y social, que genere cambios en las formas de producción y detener los altos impactos en el ambiente y recursos, lo cual es más un enfoque hacia la competitividad.

Se encontró que los sistemas ganaderos en el piedemonte amazónico colombiano en su generalidad no son competitivos ni sustentables (93%, 56 de las 60 fincas), hallazgos similares al estudio de Pertúz-Martines y Elías-Caro (2019) y confirma los últimos lugares en competitividad que registran los departamentos de la región amazónica en el ranking de competitividad presentados por el Consejo Privado de Competitividad en 2020 (26 entre 32). Estos resultados son coherentes con experiencias sobre valoración de la sustentabilidad y la competitividad en Colombia, entre los cuales se encuentran los estudios de Figueroa y Artemio (2016), Calderón y Flórez (2015), cuyos principales hallazgos fue la dependencia de la sustentabilidad con variables de tipo económico, ecológico y sociocultural, en el cual se resaltó la importancia de la conservación de los servicios ecosistémicos, en fincas agropecuarias en Colombia.

Por lo anterior, es claro que la medición de la competitividad y sustentabilidad es multidimensional y su monitoreo permite prever factores que lo determinan y cuáles deben ser los esfuerzos a nivel de política. La competitividad y sustentabilidad se ve limitada por los niveles de pobreza evidenciados en la baja escolaridad, baja tecnificación y, por ende, baja productividad y rentabilidad, posibilidades mínimas de una transición familiar hacia una clase empresarial, escenarios de apoyo

ineficaz del gobierno al sector, escenarios que disminuyen la probabilidad de arraigar una política hacia el desarrollo sostenible para el sector rural, pese a las ventajas comparativas que posee la zona del piedemonte amazónico en materia de recursos naturales, servicios ecosistémicos, biodiversidad y seguridad alimentaria.

## Referencias

- Arcila, O. (2011). *La Amazonia colombiana urbanizada: un análisis de sus asentamientos humanos*. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- Sinchi.
- Calderón, V., Suárez, J., Rico, A., Ángel, Y., Rojas, L. (2016). *Análisis de rentabilidad de diferentes sistemas productivos para la Amazonía Colombiana*. Florencia, Caquetá: Universidad de la Amazonia.
- CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2017). Recuperado de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43156/1/S1800010\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43156/1/S1800010_es.pdf)
- Cherchye, L. Kuosmanen, Y. (2002). *Benchmarking sustainable development: a synthetic meta-index approach*. Working paper. Emil Aaltonen Foundation, Finland. Recuperado de [www.sls.wageningen-ur.nl/enr/staff/kuosmanen/program1/](http://www.sls.wageningen-ur.nl/enr/staff/kuosmanen/program1/)
- Coll, V., Blasco, O. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante análisis de la envolvente de datos, introducción a los modelos*. Universidad de Valencia.
- Constanza, R., D'Arge, R., Rudolf, J., Farberll, S., Grassot, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R., Paruelo, J., Raskin, R., Sutton, P., Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253-260.
- CPC Consejo Privado de Competitividad (2021). *Informe nacional de competitividad 2020-2021. Colombia*. Recuperado de [https://compite.com.co/wp-content/uploads/2020/11/web-CPC\\_INC\\_2020\\_2021\\_LIBRO\\_DIGITAL\\_PAGINAS.pdf](https://compite.com.co/wp-content/uploads/2020/11/web-CPC_INC_2020_2021_LIBRO_DIGITAL_PAGINAS.pdf)
- Daly, H. (1990). Toward some operational principles of sustainable development. *En Ecological Economics*, 2(1), 1-6.
- De Camino, R., Müller, S. (1993). *Sostenibilidad de la Agricultura y los recursos naturales. Bases para establecer indicadores*. GTZ. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA/GTZ.

- DANE Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2021). *Producto Interno Bruto por Departamentos*. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales/pib-informacion-tecnica>
- FEDEGAN Federación Colombiana de Ganaderos (2021). *Cifras de referencia del sector ganadero colombiano*. Recuperado de <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/documentos-de-estadistica>
- Figueroa, L.Y., Artemio, O. (2016). Evaluación de la Sostenibilidad de los sistemas de producción de café en fincas-hogar del sector San José, municipio de Linares-Nariño. *Tendencias Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas*, 17(2), 111-125.
- García-García, A. M., Figueroa-Rodríguez, K., Mayett-Moreno, Y., Hernández-Rosas, F. (2015). Competitividad en el sector agropecuario: Una revisión de métodos aplicados. *Revista Venezolana de Gerencia*, 20(72), 717-733.
- Gujarati, D., Porter, D. (2010). *Econometría Básica*. McGraw Hill.
- Hartwick, J., Olewiler, N. (1998). *The economics of natural resource use*. Addison-Wesley educational publishers, Inc.
- Hernández-Sampieri, R., Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación. Las rutas cualitativas, cuantitativas y mixta.*: McGraw Hill.
- López, V. (2012). *Sustentabilidad y desarrollo sustentable: origen, precisiones conceptuales y metodología operativa*. Trillas.
- Naciones Unidas (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Asamblea General, 12 de agosto de 2015*. Recuperado en [www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/69/L.85](http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/69/L.85).
- Naciones Unidas (2002). *Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (Johannesburgo 26 de agosto al 4 de septiembre 2002)*. Estados Unidos, New York. Recuperado de [https://www.cepal.org/rio20/noticias/paginas/6/43766/WSSD\\_Informe.ESP.pdf](https://www.cepal.org/rio20/noticias/paginas/6/43766/WSSD_Informe.ESP.pdf)
- Olaya, N., Dussan, Y., Plazas, J. (2017). Actores y soporte turístico en Colombia: caso Florencia, Caquetá. *Revista UNIMAR*, 33(1), 261-271.
- Pardo, Y., Sanjinés, G. (2014). Valoración Económica de servicios ambientales en sistemas agroforestales en América Latina. *Revista FACCEA*, 4(2), 41-150.

- Pardo-Rozo, Y.Y., Muñoz-Ramos, J., Velásquez-Restrepo, J.E. (2020). Tipificación de sistemas agropecuarios en el piedemonte amazónico colombiano. *Revista Espacios*, 41(47), Art 16.
- Pardo-Rozo, Y.Y. (2020). *Valoración de la sostenibilidad en sistemas productivos rurales en el piedemonte amazónico colombiano*. [Tesis doctoral] Universidad de la Amazonia.
- Pearce, D., Turner, K. (1995). *Economía de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente*. Ediciones Celeste.
- Pertuz-Martínez, A.P., Elías-Caro, J.E. (2019). Competitividad en el sector ganadero en Colombia: Enfoque desde la historiografía económica, social y empresarial. *Revista Panorama Económico*, 27(2), 453-480.
- Porter, M.E. (2021). *The changing role of business in society*. Worling paper. Recuperado en <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=60741>
- Porter, M.E. (2008). *On competition: Updated and expanded Edition*. Harvard business press DEUSTO. 576p.
- Porter, M.E. (1998). *The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press.
- Quiroga, R. (2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe. Serie Manuales 55*. Naciones Unidas - CEPAL - División de Estadística y Proyecciones Económicas.
- Reid, W. (2005). *Living beyond our means. Natural assets and human well-being. Statement from the board*. Millennium Ecosystem Assessment Publications
- Rizo-Mustelíer, M., Vuelta-Lorenzo, D.R., Lorenzo-García, A.M. (2017). Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad. *Ciencia en su PC*, 2(abril-junio), 106-120.
- Roucoux, K. H., Lawson, I. T., Baker, T. R., Del Castillo Torres, D., Draper, F. C., Lähteenoja, O., Gilmore, M. P., Honorio Coronado, E. N., Kelly, T. J., Mitchard, E. T. A., y Vriesendorp, C. F. (2017). Threats to intact tropical peatlands and opportunities for their conservation: Tropical Peatlands. *Conservation Biology*, 31(6), 1283–1292.
- Sarmiento-Reyes, Y.R., Delgado-Fernández, M. (2020). Medición de la competitividad empresarial para el desarrollo territorial. *Cooperativismo y Desarrollo*, 8(3), 409.424.

- Solow, R. (1997). The Nature of Consumer Price Indices. *FAS Journal of the Federation of American Scientists*, 50(2).
- United Nations (1993). *Report of the United Nations conference on environment and development. Rio de Janeiro 1992. III. Statements made by head of state or Government at the Summit Segment of the conference.* New York.
- United Nations. (1987). *Our common future.* Report of the World Commission on Environment and Development. Report of the World Commission on Environment and Development.
- Toledo, D., Briceño, T., Ospina, G. (2018). Ecosystem service valuation framework applied to a legal case in the Anchicaya region of Colombia. *Ecosystem services*, 29, 352-359.
- Uribe, E., Mendieta, J., Rueda, H., Carriazo, F. (2003). *Introducción a la valoración ambiental y estudios de caso.* CEDE – COLCIENCIAS.. Ediciones Uniandes.
- Yáñez, E., Ramírez, A., Núñez-López, V., Castillo, E., Faaij, A. (2020). Exploring the potential of carbon capture and storage-enhanced oil recovery as a mitigation strategy in the Colombian oil industry. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 94(2020), 102938. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2019.102938>