

Límites del crecimiento urbano del municipio de Rionegro – Antioquia. Un análisis de la huella ecológica*

Sergio A. Castrillón G.^{✉ ID}

Luciano Gallón^{□ ID}

Resumen

El municipio de Santiago de Arma de Rionegro del departamento de Antioquia en Colombia ha mostrado un crecimiento acelerado en sus dinámicas poblacional, urbana y económica desde mediados de siglo XX y se ha consolidado como el centro de las actividades comerciales, económicas y de servicios de la subregión del Oriente antioqueño. Este fenómeno plantea cuestionamientos acerca de la sostenibilidad del municipio. En esta investigación se realizó una evaluación, a través del cálculo de huella ecológica, de los límites físicos y biológicos que tiene el territorio de Rionegro para su crecimiento. Además de lo anterior, la investigación realizó una reflexión de los resultados obtenidos con grupos de interés. Esto con el fin de comunicar los resultados de la investigación, así como también de aportar a la difusión y comprensión de la perspectiva de límite del crecimiento. El resultado más importante es que Rionegro se encuentra en un claro déficit ecológico y para mantener su ritmo de consumo se requiere de más recursos de los que tiene dentro de sus fronteras.

Palabras clave: actividad humana, crecimiento, efecto, evaluación del impacto ambiental, servicios ecosistémicos, sostenibilidad.

Ideas destacadas: artículo de investigación que, mediante el cálculo de huella ecológica, evalúa el límite para el crecimiento y sostenibilidad de un municipio. Una huella ecológica positiva se considera necesaria (no suficiente) para la sostenibilidad de un territorio. Adicionalmente, se combina el análisis de huella ecológica con el Índice de Desarrollo Humano (IDH).



RECIBIDO: 30 DE JULIO DE 2021. | EVALUADO: 15 DE SEPTIEMBRE 2021. | ACEPTADO: 13 DE FEBRERO DE 2022.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Castrillón G., Sergio A.; Gallón, Luciano. 2025. "Límites del crecimiento urbano del municipio de Rionegro – Antioquia. Un análisis de la huella ecológica". *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 34 (1): 40-61. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v34n1.97529>.

* Artículo de investigación que reporta los resultados de un trabajo de grado de la Maestría en Sostenibilidad de la Universidad Pontificia Bolivariana y la Fundación Universitaria Católica del Norte.

✉ Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín – Colombia. ✉ sergiocastrillon1@gmail.com – ORCID: 0000-0002-5035-7775.

□ Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín – Colombia. ✉ luciano.gallon@upb.edu.co – ORCID: 0000-0002-0295-9165.

✉ Correspondencia: Luciano Gallón, Circular 1 - 70-01, Bloque 11, Medellín, Colombia.

Limits to Urban Growth in The Municipality of Rionegro – Antioquia. An Analysis of the Ecological Footprint

Abstract

The municipality of Santiago de Arma de Rionegro in the department of Antioquia in Colombia has shown accelerated growth in its population, urban and economic dynamics since the mid-twentieth century and has established itself as the center of commercial, economic and service activities in the Eastern Antioquia subregion. This phenomenon raises questions about the sustainability of the municipality. In this research an evaluation was made, through the calculation of the ecological footprint, of the physical and biological limits that the territory of Rionegro has for its growth. In addition to the above, the research carried out a reflection of the results obtained with interest groups. This was done in order to communicate the results of the research, as well as to contribute to the dissemination and understanding of the growth limit perspective. The most important result is that Rionegro is in a clear ecological deficit and to maintain its rate of consumption requires more resources than it has within its borders.

Keywords: human activity, growth, effect, environmental impact assessment, ecosystem services, sustainability.

Highlights: research article which assesses the limit to growth and sustainability of a municipality based on the calculation of ecological footprint index. A positive ecological footprint is necessary (not sufficient) for the sustainability of a territory. This research combines ecological footprint analysis with Human Development Index (HDI).

Limites do crescimento urbano no município de Rionegro - Antioquia. Uma análise da pegada ecológica

Resumo

O município de Santiago de Arma de Rionegro, no estado de Antioquia, na Colômbia, mostrado um crescimento acelerado em suas dinâmicas populacionais, urbanas e econômicas desde a metade do século XX e tem se consolidado como o centro de atividades comerciais, econômicas e de serviços da sub-região do oriente de Antioquia. Nesta pesquisa foi feita uma avaliação, utilizando o cálculo da pegada ecológica, dos limites físicos e ecológicos do território para o crescimento do município. Além disso, foi realizada uma reflexão dos resultados obtidos com grupos de interesse com o objetivo de comunicar esses resultados e promover a difusão e compreensão da perspectiva de limite de crescimento. O resultado mais importante da pesquisa é que Rionegro apresenta um déficit ecológico e para manter seu ritmo de consumo necessita de mais recursos do que possui dentro das suas fronteiras.

Palavras-chave: atividade humana, crescimento, efeito, avaliação de impacto ambiental, serviços de ecossistema, sustentabilidade.

Ideias destacadas: artigo de pesquisa que mediante o cálculo da pegada ecológica avalia o limite de crescimento e a sustentabilidade de um município. Uma pegada ecológica positiva é considerada necessária (não suficiente) para a sustentabilidade de um território. Adicionalmente, combina-se a análise de pegada ecológica com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Introducción

La subregión del Oriente antioqueño en Colombia ha tenido un incremento dramático de su población, área urbana y economía en los últimos 70 años. Según Nieto et ál. (2015, 39) el crecimiento poblacional se dio como resultado de un proceso de industrialización proveniente del Valle de Aburrá. El mismo autor menciona que, adicionalmente, la implementación de megaproyectos como la autopista Medellín-Bogotá en 1960 y el complejo hidroeléctrico, en la década de los setenta, impulsó todavía más el crecimiento de la subregión. Como lo mencionan (Montoya y Carmona 2018, 19) la ubicación geográfica adyacente al Área Metropolitana del Valle de Aburrá posiciona a la subregión en un lugar de importancia política, estratégica y económica por lo que ha sido incluida en la estrategia de polos de desarrollo del departamento de Antioquia. En ese contexto, Rionegro se ha consolidado como el centro de las actividades económicas y de servicios de la subregión. De acuerdo con un estudio realizado por IDOM (2018b, 48), Rionegro mostró un crecimiento poblacional de 120 % entre 1990 (39.684 habitantes) y 2016 (87.305 habitantes). Adicionalmente, se pronostica que la población del municipio llegará a 339.000 habitantes en 2050 (IDOM 2018b, 126).

Este fenómeno llama la atención sobre la sostenibilidad de Rionegro y pone en cuestión la continuidad de los bienes y servicios derivados de los ecosistemas y que son conocidos actualmente como servicios ecosistémicos (SE) (Camacho-Valdez y Ruiz-Luna 2012, 4). Esto bajo la consideración de que los modos de consumo de esos bienes y servicios determinan la presión que se ejerce sobre la naturaleza (Castrillón y Gallón 2020, 4).

Según Rees (1996, 28), la capacidad de carga de un ecosistema ha sido definida como la cantidad de población máxima que un hábitat puede soportar indefinidamente sin disminuir permanentemente la productividad de este. Sin embargo, debido a los estilos de vida y hábitos de consumo variables en nuestras sociedades, la carga humana ejercida sobre el medio ambiente es función no solo del tamaño de la población, sino también de los consumos per cápita.

Rees (1996, 33) y Wackernagel (1996, 45) sintetizan el análisis observando que la vida y las actividades humanas, así como la vida de otras especies, dependen del suministro de recursos y absorción de desechos, entre

otros servicios proporcionados por la naturaleza (servicios ecosistémicos) y que esos servicios requieren unas áreas de agua y tierra. De esta manera, la suma de las áreas de agua y tierra requeridas para suministrar los recursos y absorber los desechos de las actividades de un grupo poblacional determinado y con un nivel tecnológico dado se denomina huella ecológica (HE).

La huella ecológica es considerada positiva cuando es menor que la biocapacidad del mismo territorio. Es decir, cuando la demanda de recursos naturales expresada en hectáreas globales es menor que el área biológicamente productiva disponible en las fronteras de la misma región. Y, de la misma manera una huella ecológica negativa significa que esta es mayor que la biocapacidad.

En una revisión realizada al marco normativo relacionado con la sostenibilidad del Oriente antioqueño y Rionegro (Tabla 1) se evidenció la ausencia de indicadores que plantean en términos concretos las restricciones existentes en el territorio para el continuo crecimiento de la sociedad humana. Esta ausencia puede constatarse tanto en los documentos del ámbito nacional como regional y municipal. Solamente en el *Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022-2026* se menciona tangencialmente la necesidad de definir los límites ambientales para la protección de la salud de las personas y comunidades y la inclusión de las determinantes y condicionantes del territorio en los instrumentos de ordenamiento y planeación (Departamento Nacional de Planeación 2023, 99).

Al considerar lo anterior, esta investigación aporta una evaluación aproximada, a través de la HE, de las restricciones físicas y biológicas para el crecimiento del municipio de Rionegro. La HE se caracteriza por integrar en una sola unidad de medida tanto la demanda de recursos naturales como la descarga de desechos al ecosistema, lo que le otorga una capacidad de comunicación importante en materia de sostenibilidad.

Además del cálculo de HE, esta investigación realizó una reflexión con grupos de interés del municipio sobre los fundamentos de interpretación y los resultados. Este proceso se realizó con el fin de comunicar los resultados del cálculo de HE y para contribuir a la difusión y comprensión de la perspectiva de límite del crecimiento (LC).

Tabla 1. Documentos del marco normativo sostenible colombiano

Ámbito nacional	Ámbito regional	Ámbito municipal
PND 2022-2026 (DNP 2023)	Plan de gestión ambiental regional 2014-2032 (CORNARE 2014).	Plan de desarrollo municipal 2020-2023 (Alcaldía de Rionegro 2020).
Colombia productiva y sostenible. Un propósito de todos (DNP 2018).	Lineamientos ambientales para el ordenamiento territorial municipal 2011 (CORNARE 2011).	Acuerdo 002 del 25 de enero de 2018. POT de Rionegro (Concejo del Municipio de Rionegro, Antioquia 2018).
conpes 3918 de 2018 (CONPES 2018a)	Plan de crecimiento verde y desarrollo compatible con el clima para el Oriente antioqueño 2017 (Zapata et ál. 2017).	Plan integral de gestión ambiental 2013-2033 (Secretaría de Hábitat y Medio Ambiente 2013).
CONPES 3934 de 2018 (CONPES 2018b)	Plan estratégico para un pacto social por el desarrollo del Oriente antioqueño 2010-2023 (Toro Ochoa et ál. 2009).	Plan de acción Rionegro ciudad sostenible y competitiva (BID, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, y Financiera de Desarrollo Territorial S.A. 2019).
Política nacional de producción y consumo sostenible (Minambiente 2010).		
Ley 388 de 1997 (Congreso de la República de Colombia 1997, Ley 388).		
Ley 152 de 1994 (Congreso de la República de Colombia 1994, Ley 152).		

Materiales y métodos

Límite del crecimiento

En el contexto de esta investigación se entiende el crecimiento de la sociedad humana como el crecimiento poblacional, económico y urbanístico de una determinada población, en este caso, el municipio de Rionegro. Concretamente, el crecimiento económico se considera como el crecimiento de la producción y consumo de bienes y servicios.

El crecimiento de la población implica una demanda cada vez mayor de los recursos naturales (Minambiente 2010, 16). Y, según el modelo económico actual, en el que la satisfacción de las necesidades humanas y el bienestar se basan principalmente en el consumo de bienes y servicios, el incremento de la calidad de vida va acompañado de un mayor consumo (Aparicio Cabrera 2011, 8; Mejía Giraldo 2018, 118) y, en consecuencia, de más presión sobre el ecosistema. “La calidad del crecimiento (extracción insostenible de recursos, acumulación de contaminantes, etc.) socava la sostenibilidad del medio ambiente y las posibilidades de crecimiento futuro” (Gallón 2011, 122).

Por el contrario, debe tenerse en cuenta la característica finita del planeta y sus recursos, es decir, el planeta impone restricciones físicas y biológicas al crecimiento de las sociedades. Así, puede afirmarse que debido a la

finitud del planeta y a la capacidad de regeneración limitada de los ecosistemas, el crecimiento de la sociedad humana debe considerar unos límites para su crecimiento.

En la década de los setenta se propuso una evaluación de dichas restricciones utilizando dinámica de sistemas y sus resultados se publicaron en el libro *The Limits to Growth* (Meadows et ál. 1972). En la década de los noventa, se desarrolló el indicador de HE para medir la demanda de recursos naturales en contraste con la biocapacidad de un territorio determinado.

Según Wackernagel y Beyers (2019, 84), en 2016 la HE per cápita promedio mundial fue de 2,75 hectáreas globales (gha), en contraste con una biocapacidad de 1,63 gha per cápita. Esto quiere decir que, para mantener esa tasa de consumo de recursos, se debería contar con al menos 1,68 planetas. Datos locales indican que, para el mismo año, el área necesaria para satisfacer las necesidades de la población del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en Colombia, fue de 101 veces el área disponible dentro de su territorio y 1,8 veces el área total del departamento de Antioquia (Corantioquia y Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín 2017, 147).

Huella ecológica

La HE comprende una familia de indicadores, expresados en unidades de superficie, que se pueden usar como parte de la evaluación de la sostenibilidad de un territorio (Rees 1996, 34), a saber:

1. Huella ecológica (HE): área de tierra productiva necesaria para producir los bienes de consumo y para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico por año, donde sea que se encuentre esta área.
2. Planetoide personal (PP): HE per cápita.
3. Biocapacidad (B): superficie ecológicamente productiva disponible en un territorio determinado.
4. Déficit ecológico (DE): nivel de consumo de recursos y descarga de residuos de una economía o población definida que excede a la producción natural sostenible de la región o localidad y a su capacidad asimilativa.

El cálculo de los indicadores de HE implica la estimación separada de la demanda de superficie para seis categorías de uso del suelo: absorción de carbono, cultivos, pastoreo, pesca, forestal e infraestructura. La metodología, fórmulas y factores explicados se han tomado de *Working Guidebook to the National Footprint and Biocapacity Accounts* (Lin et ál. 2019).

Las definiciones para las categorías de uso del suelo se toman de Ihobe (2019, 3) y los datos de población utilizados en todos los cálculos de HE de Rionegro (120.249 habitantes) fueron tomados del *Anuario Estadístico de Rionegro 2016* (Alcaldía de Rionegro 2016, 107).

A continuación, se presenta la metodología utilizada para el cálculo de la HE de Rionegro¹.

Aspectos generales del cálculo

El indicador de HE transforma el consumo de recursos (t/año) y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (tCO₂e/año), en área productiva medida en hectáreas globales (gha). La hectárea global (gha) es una unidad de área bioproductiva promedio mundial para todos los usos del suelo y para un año determinado. Esta unidad se utiliza para reportar tanto la biocapacidad como la HE de una región o del mundo. Esta unidad de medida promedia tanto los cambios en los rendimientos de los diferentes usos del suelo como los cambios en productividad a lo largo del tiempo. Además, para expresar los rendimientos promedio mundial de una hectárea de tierra para un uso de tierra determinado se utiliza la hectárea promedio mundial (wha).

¹ La categoría de área forestal no se incluyó en este cálculo debido a la ausencia de datos de consumo de madera para todos los usos.

La Fórmula 1 se utilizó para calcular la HE de Rionegro:

$$HE = \frac{P}{Y_W} * EQF * IYF \quad (1)$$

Donde:

HE=Huella ecológica [gha]

P=Cantidad de producto consumido [t/año] o de GEI emitidos [(tCO₂ e)/año]

Y_W=Rendimiento promedio mundial de una hectárea para un uso dado [t(wha*año)]

EQF=Factor de equivalencia para un uso de tierra dado [gha/wha]

IYF=Factor intertemporal de rendimiento para un uso de tierra dado

La Fórmula 1 se utilizó para calcular la HE de todos los usos del suelo exceptuando el de infraestructura cuya metodología de cálculo se explica más adelante. Una vez calculadas las HE de cada categoría de uso del suelo, éstas deben sumarse para obtener el valor total de la HE de Rionegro.

Factor de equivalencia (EQF)

El EQF refleja la productividad relativa de una hectárea promedio mundial de diferentes usos del suelo. Los EQF son los mismos en todo el mundo y cambian ligeramente de año en año. Este factor supone que la tierra más productiva se destina al uso más productivo. Es decir, el cálculo de este factor asume que la tierra más productiva se destina a cultivos, la siguiente a bosques, y la menos productiva a pastizales. En la Tabla 2 se presentan los EQF utilizados en esta investigación.

Tabla 2. Factores de equivalencia 2015

Categoría	EQF (gha/wha)
Absorción de carbono	1,29
Cultivos	2,52
Pastoreo	0,46
Pesca	0,37
Forestal	1,29
Infraestructura	2,52

Fuente: Lin et ál. (2019, 55).

Factor intertemporal de rendimiento (IYF)

Este factor adimensional procura considerar los cambios en el tiempo de los rendimientos promedio mundiales para un uso de suelo dado. Se calcula teniendo en cuenta el número de hectáreas globales de biocapacidad disponibles en el planeta en un año dado. Los valores

de IYF para todos los usos del suelo se definen como 1,0 debido a que las series de tiempo de los rendimientos están disponibles únicamente para tierras de cultivo y a nivel nacional. Esto dificulta de momento su aplicación a la escala municipal, como la de Rionegro.

Áreas para la absorción de carbono

Representa el área de bosque necesaria para la captura de GEI de origen antropogénico. Utilizando los datos del inventario de GEI de Rionegro provenientes del *Módulo 1. Estudio de mitigación del cambio climático para Rionegro* (IDOM 2018a, 2) y de la Fórmula 1, se calcula la HE para la absorción de carbono. Se tomó la razón de captura de carbono promedio mundial (y_w) de 2,68 tCO₂ e/wha* año, reportada en Lin et ál. (2019, 14).

Áreas de Cultivos

Representa el área de tierra necesaria para cultivar los alimentos requeridos por las personas y el ganado.

Debido a la ausencia de los datos correspondientes a las cantidades de alimento consumidas en el municipio de Rionegro, las cantidades de alimento necesarias para los cálculos de HE de las categorías de cultivos, pastizales y pesca se obtuvieron utilizando los promedios departamentales de consumo de 50 alimentos. Estos datos se obtuvieron del *Perfil alimentario y nutricional de Antioquia 2019* (Gerencia de Seguridad Alimentaria y Nutricional MANÁ y Universidad de Antioquia Escuela de Nutrición y Dietética 2019, 315), en combinación con los promedios de consumo de frutas y verduras para Antioquia, reportados en el *Perfil nacional de consumo de frutas y verduras* (Ministerio de Salud y Protección Social y FAO 2013, 159). De esta manera se obtuvo una lista de 66 productos alimenticios con sus respectivos promedios de consumo por persona por año.

Para cada uno de los 66 productos se aplicó la Fórmula 1. Los rendimientos para los diferentes cultivos se tomaron de FAOSTAT – *Cultivos* (FAO 2021). Estos se multiplicaron por un factor de intensidad de la tierra de 0,75. Este factor expresa la relación existente a nivel mundial entre la tierra disponible para cultivar y la tierra efectivamente utilizada.

Exploración hipotética de alimentación balanceada

Como estudio de caso, se propone considerar una situación hipotética de alimentación balanceada para Rionegro. Para ello, se utilizaron los datos reportados en *Fundamentos de alimentación saludable* (Velásquez de Correa 2006) para encontrar las cantidades de alimento por grupo de edad según con las ingestas dietéticas de referencia para macronutrientes y micronutrientes. En

esta referencia se define cuál debe ser la ingesta de nutrientes en gramos por día por grupos de edades para tener una alimentación equilibrada. Al mismo tiempo se utilizaron las listas de intercambio de Manjarrés et ál. (2015) para convertir esas cantidades de nutrientes en cantidades de alimentos expresadas en toneladas al año.

Una vez obtenidas las cantidades de alimentos por grupo de edad, se realizó la suma total para encontrar la cantidad de alimento requerido para el consumo de Rionegro en condiciones de alimentación balanceada. Con estas cantidades, se aplicó la Fórmula 1 para calcular la HE de cultivos en una situación hipotética de alimentación balanceada.

Áreas de pastoreo

Representa las áreas destinadas a pastizales para alimentar animales de producción de carne, huevos, leche y otros productos de origen animal. Para determinar la HE del pastoreo de animales, se consideraron los cinco productos primarios que aparecen en el *Perfil alimentario y nutricional de Antioquia 2019*: carne de res, carne de cerdo, pollo, huevos de gallina y leche de vaca.

Según la metodología de Lin et ál. (2019) y Agudelo Patiño (2010), la HE del pastoreo se calcula determinando, en primer lugar, la cantidad de alimento requerida por los animales de los cuales provienen los productos de consumo y, posteriormente, calculando la HE de este requerimiento alimenticio con la Fórmula 1.

Los datos del requerimiento total de alimento animal (en toneladas) por toneladas de producto animal (TFR) se obtuvieron de *Quantifying and Mapping the Human Appropriation of Net Primary Production in Earth's Terrestrial Ecosystems* (Haberl et ál. 2007, 9). Los datos de las mezclas de alimento para animales se obtuvieron de *National Footprint Accounts 2018 Edition* (Global Footprint Network 2018, 33). Para esta categoría también se realizó una exploración hipotética de alimentación balanceada.

Áreas de pesca

Se trata de las áreas ocupadas por los ecosistemas marinos y de agua dulce necesarios para repoblar los mariscos cosechados y la acuicultura. El cálculo de la HE de las áreas de pesca utiliza el mismo principio descrito para calcular el requerimiento de alimentación animal. Para el caso de los peces, el requerimiento total de alimento animal es de 1,22 tf/tLW (Global Footprint Network 2018, 45) y se utilizó una mezcla de arroz, trigo, maíz, soya y altramuz en iguales proporciones (Global Footprint Network 2018, 47).

Áreas de infraestructura

Se trata de las áreas de tierra productiva cubierta por infraestructura, incluyendo carreteras, viviendas y estructuras industriales y comerciales. En los cálculos de la HE se supone que el área ocupada por la infraestructura antes estaba ocupada por tierras de cultivo, por lo que el EQF para la HE de la infraestructura es igual al de la tierra de cultivo.

La Fórmula 2 se empleó para el cálculo de HE de infraestructura.

(2)

$$HE = A * YF * EQF * IYF$$

Dónde:

A:Área ocupada por la infraestructura [ha]

YF:Factor de rendimiento [wha/ha]

Factor de rendimiento (YF)

El factor YF refleja la productividad relativa de una hectárea promedio del país o región (ha) en relación con la productividad de una hectárea promedio mundial (wha). La Fórmula 3 calcula el factor YF para un uso de la tierra determinado.

$$YF = \frac{Yn}{Yw} \quad (3)$$

Dónde:

Yn=Rendimiento promedio nacional para un uso de tierra dado [t/(ha*año)]

Yw=Rendimiento promedio mundial para un uso de tierra dado [t/(wha*año)]

Se toma el promedio de los rendimientos locales y mundiales de la tierra de cultivos, Yn de 5,75 t/ha (MinAgricultura 2021) y Yw de 5,92 t/wha (FAO 2021), para obtener un factor YF de 0,97.

Biocapacidad

La biocapacidad se refiere a la tierra biológicamente productiva y a las áreas de pesca disponibles en un determinado territorio. Se calcula para las categorías de cultivos, pastoreo, pesca, forestal e infraestructura. La metodología asume la absorción de carbono como la demanda de bosques, por lo tanto, se encuentra asociada a la biocapacidad forestal. Para el cálculo de la biocapacidad,

se utiliza la Fórmula 2. Donde “A” representa los diferentes tipos de área disponible en el territorio.

Participación de grupos de interés

En esta investigación se realizó una serie de tres talleres virtuales con grupos de interés con el fin de comunicar los resultados de la investigación y de contribuir a la difusión y comprensión de la perspectiva de LC.

Los grupos de interés, según definen ORSE, CSR Europe y Forética (2009, 5) son cualquier individuo o grupo que puede verse afectado o puede afectar al desarrollo de las actividades de una organización. Para el caso concreto de esta investigación, además de lo anteriormente señalado, se incluyeron personas o grupos que pudieran ser aliados estratégicos en la búsqueda de datos y en la comunicación de resultados.

La participación de los grupos de interés se dividió en dos fases. Una de identificación de grupos y otra de participación. Para la primera fase (identificación), se utilizó la metodología expuesta en AccountAbility, United Nations Environmental Programme y Stakeholder Research Associates Canada Inc. (2006, 25). Esta metodología plantea la identificación de los grupos de interés teniendo en cuenta aspectos como: la representación, la influencia, la responsabilidad y la cercanía.

Para la segunda fase (participación), se utilizó lo expuesto por Jaillier Castrillón (2018, 12). En ella se recomienda seguir una secuencia de cuatro pasos: acercamiento, problemática, extracción de datos e interpretación.

Resultados

Según Lin et ál. (2019), la HE se calcula para un año específico. Sin embargo, en el caso de Rionegro, no se dispone de todos los datos necesarios y, además, los datos con los que se cuenta no corresponden al mismo año. Por ello, se procuró que los datos utilizados en este cálculo fueran lo más cercanos posible en cuanto a su año de origen.

A continuación, en las Tablas del 3 al 11, se presentan los resultados desagregados para cada una de las categorías de la HE y el resultado total de la HE. Posteriormente se presenta el resultado de la HE para la exploración hipotética de alimentación balanceada, luego se presenta el resultado de biocapacidad y, finalmente, se presentan los resultados obtenidos de las sesiones de trabajo con los grupos de interés.

Tabla 3. Resultados de HE para la absorción de carbono

Categoría	Emisiones	Rendimiento global yw	IYF	EQF	HE (gha)	HE per cáp (gha/cap)
	(tCO ₂ e)	(tCO ₂ /wha)		(gha/wha)		
1. Energía						
1.1. Movilidad	127.120,2	2,68	1,0	1,29	61.188	0,51
1.2. Industrial	45.447,1	2,68	1,0	1,29	21.876	0,18
1.3. Residencial	39.519,2	2,68	1,0	1,29	19.022	0,16
1.4. Servicios	25.028,9	2,68	1,0	1,29	12.047	0,10
1.5. Institucional	7.574,5	2,68	1,0	1,29	3.646	0,03
2. Residuos						
2.1. Residuos	22.723,6	2,68	1,0	1,29	10.938	0,09
2.2. Aguas residuales	4.610,6	2,68	1,0	1,29	2.219	0,02
3. IPPU	2.634,6	2,68	1,0	1,29	1.268	0,01
4. AFOLU	52.033,7	2,68	1,0	1,29	25.046	0,21
5. Fugitivas	2.634,6	2,68	1,0	1,29	1.268	0,01
Total	329.327	Total HE por GEI:			158.519	1,32

Tabla 4. Resultados de HE para áreas de cultivo

Alimento	Consumo	Rendimiento global yw	IYF	EQF	HE (gha)	HE per cáp (gha/cap)
	(t)	(t/wha)		(gha/wha)		
Café	1.611	0,82	1,0	2,52	6.596	0,05
Cacao	1.106	0,44	1,0	2,52	8.441	0,07
Caña panelera	1.119	4,28	1,0	2,52	878	0,01
Aceite de palma	160	14,80	1,0	2,52	36	0,00
Avena	1.835	2,33	1,0	2,52	2.644	0,02
Trigo (harina)	1.642	3,32	1,0	2,52	1.660	0,01
Arroz	3.643	4,60	1,0	2,52	2.659	0,02
maíz tradicional	3.476	5,50	1,0	2,52	2.122	0,02
Limón tahití	619	16,03	1,0	2,52	130	0,00
Aguacate	3.020	9,44	1,0	2,52	1.074	0,01
Mandarina	6.496	13,08	1,0	2,52	1.668	0,01
Mango	3.331	9,09	1,0	2,52	1.231	0,01
Naranja	8.164	18,06	1,0	2,52	1.518	0,01
Níspero	5.574	12,44	1,0	2,52	1.505	0,01
Papaya	3.511	29,38	1,0	2,52	401	0,00
Papayuela	2.897	29,38	1,0	2,52	331	0,00
Sandía	2.849	31,79	1,0	2,52	301	0,00
Banano	3.077	21,26	1,0	2,52	486	0,00
Murrapo	1.580	5,59	1,0	2,52	949	0,01
Piña	2.576	25,44	1,0	2,52	340	0,00
Pitahaya	8.208	3,87	1,0	2,52	7.126	0,06
Tomate de árbol	1.993	32,18	1,0	2,52	208	0,00
borojó	2.853	2,90	1,0	2,52	3.304	0,03
Coco	1.119	5,06	1,0	2,52	743	0,01

Alimento	Consumo	Rendimiento global Yw	IYF	EQF	HE (gha)	HE per cáp (gha/cap)
	(t)	(t/wha)		(gha/wha)		
Ciruela	2.563	4,48	1,0	2,52	1.921	0,02
Chontaduro	1.273	8,04	1,0	2,52	532	0,00
Durazno	5.706	14,65	1,0	2,52	1.308	0,01
Manzana	6.584	15,92	1,0	2,52	1.389	0,01
Pera	6.254	15,39	1,0	2,52	1.365	0,01
Feijoa	10.863	11,19	1,0	2,52	3.260	0,03
Fresa	2.195	21,80	1,0	2,52	338	0,00
Mora	1.922	6,67	1,0	2,52	968	0,01
Granadilla	1.448	19,15	1,0	2,52	254	0,00
Guanábana	2.524	9,09	1,0	2,52	932	0,01
Guayaba	2.607	9,09	1,0	2,52	963	0,01
Guama	2.458	3,39	1,0	2,52	2.435	0,02
Higo	7.549	3,96	1,0	2,52	6.402	0,05
Lulo	3.160	12,37	1,0	2,52	858	0,01
Maracuyá	1.646	18,69	1,0	2,52	296	0,00
Melón	4.038	24,58	1,0	2,52	552	0,00
Marañón	2.524	4,00	1,0	2,52	2.119	0,02
Uchuva	1.207	22,09	1,0	2,52	183	0,00
Uva	4.301	5,69	1,0	2,52	2.538	0,02
Zapote	4.740	10,68	1,0	2,52	1.490	0,01
Plátano	4.477	6,92	1,0	2,52	2.172	0,02
Papa	4.016	20,26	1,0	2,52	666	0,01
Yuca	5.205	11,28	1,0	2,52	1.550	0,01
Remolacha	1.053	57,13	1,0	2,52	62	0,00
Zanahoria	808	34,44	1,0	2,52	79	0,00
Tomate	1.326	36,59	1,0	2,52	122	0,00
Lechuga	834	21,56	1,0	2,52	130	0,00
Repollo	549	28,29	1,0	2,52	65	0,00
Pepino	1.791	36,27	1,0	2,52	166	0,00
Arveja	1.523	6,22	1,0	2,52	822	0,01
habichuela	1.347	6,22	1,0	2,52	727	0,01
Brócoli	1.383	18,72	1,0	2,52	248	0,00
Col	658	28,29	1,0	2,52	78	0,00
Coliflor	1.317	18,72	1,0	2,52	236	0,00
Espinaca	474	28,55	1,0	2,52	56	0,00
Lentejas	2.699	1,15	1,0	2,52	7.882	0,07
Frijol	3.590	0,89	1,0	2,52	13.546	0,11
Cebolla de bulb.	777	20,72	1,0	2,52	126	0,00
Cebolla de rama	263	16,60	1,0	2,52	53	0,00
Ahuyama	2.155	11,82	1,0	2,52	612	0,01
Apio	303	20,74	1,0	2,52	49	0,00
Guatila	2.721	32,20	1,0	2,52	284	0,00
Total (t/año)	187.289	Total HE por cultivos (A):			106.185	0,88

Las tablas de la 5 a la 8 pertenecen al cálculo de HE para la categoría de pastoreo. La Tabla 5 muestra los datos del requerimiento total de alimento animal (en toneladas) por toneladas de producto animal. En la Tabla 6 se presentan las mezclas de alimentos para animales.

En la Tabla 7 se calculan las cantidades de alimento animal requeridas para producir las cantidades de alimento humano obtenidas de *Perfil alimentario y nutricional de Antioquia 2019* y del *Perfil nacional de consumo de frutas y verduras*. En la Tabla 8 se calcula la HE para la categoría de pastoreo a partir de los resultados obtenidos en la Tabla 7.

Tabla 5. Requerimiento total de alimento en toneladas de alimento por tonelada viva TFR (tf/tLW)

Animal / Producto	TFR (tf/tLW)
Res	42,24
Cerdo	6,70
Pollo	3,14
Leche de vaca	2,35
Huevos de gallina	2,75

Fuente: Haberl et ál. (2007, 9).

Tabla 6. Mezcla de alimento para animales

Alimento	Res (%)	Cerdo (%)	Pollo (%)	Leche (%)	Huevos (%)
Maíz	0,05	0,26	0,21	0,05	0,16
Soya	0,01	0,00	0,00	0,02	0,09
Harina de soya	0,00	0,07	0,11	0,00	0,00
Trigo	0,02	0,02	0,00	0,02	0,09
Cebada	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01
Sorgo	0,01	0,06	0,09	0,01	0,04
Semilla de canola	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Arveja	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Salvado de arroz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Pescado	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
Concentrado	0,10	0,15	0,14	0,10	0,16
Pasto	0,69	0,00	0,00	0,65	0,00
Alimento cultivado	0,10	0,39	0,39	0,12	0,39
Residuos de cultivo	0,01	0,04	0,04	0,01	0,04

Fuente: Global Footprint Network (2018, 33).

Tabla 7. Cálculo de cantidades de alimento animal requeridas para la producción de alimento humano (la unidad (tf) hace referencia a las toneladas de alimento animal)

	Alimento humano					Total (tf)
	Res (t)	Cerdo (t)	Pollo (t)	Leche (t)	Huevos (t)	
Consumo	1.611	1.738	2.155	5.500	2.111	
TFR (tf/t)	42,24	6,70	3,14	2,35	2,75	
Alimento animal (tf)	68.036	11.642	6.772	12.926	5.807	
Mezcla de alimento animal (tf)						Total (tf)
Maíz	3.346	2.977	1.432	636	934	9.325
Soya	669	0	0	318	522	1.509
Harina de soya	0	859	766	0	0	1.625
Trigo	1.338	286	0	318	514	2.456
Cebada	669	0	0	127	34	830
Sorgo	669	687	633	127	216	2.332

Semilla de canola	0	0	0	0	38	38
Arveja	0	0	0	0	33	33
Salvado de arroz	0	0	0	0	62	62
Pescado	0	116	68	0	0	184
Concentrado	6.804	1.746	948	1.293	947	11.738
Pasto	46.945	0	0	8.402	0	55.347
Alimento cultivado	6.576	4.501	2.649	1.487	2.237	17.450
Residuos de cultivo	686	469	276	155	233	1.820

Tabla 8. Resultados de HE para la categoría de áreas de pastoreo

Alimento animal	Rendimiento global Yw	gha/tf	IYF	EQF	HE (gha)	HE per cáp (gha/cap)
	(tf)			(gha/wha)		
Maíz	9.325	5,50		1,0	2,52	5.695
Soya	1.509	2,67		1,0	2,52	1.896
Harina de soya	1.625	3,48		1,0	2,52	1.567
Trigo	2.456	3,32		1,0	2,52	2.485
Cebada	830	2,96		1,0	2,52	941
Sorgo	2.332	1,59		1,0	2,52	4.941
Semilla de canola	38	2,04		1,0	2,52	63
Arveja	33	7,79		1,0	2,52	14
Salvado de arroz	62	7,70		1,0	2,52	27
Pescado	184		2,79	1,0		514
Concentrado	11.738		0,00	1,0		0
Pasto	55.347		0,35	1,0		19.462
Alimento cultivado	17.450		0,09	1,0		1.568
Residuos de cultivo	1.820		0,00	1,0		0
Total HE por pastoreo:					39.174	0,33

La Tabla 9 presenta los resultados para el cálculo de la HE de la categoría de áreas de pesca.

Tabla 9. Resultados de HE para la categoría de áreas de pesca

Alimento humano (pescado) (t)	TFR (tf/t)	Alimento animal (tf)	IYF	EQF	HE (gha)	HE per cáp (gha/cap)
3.208	1,22	3.919		(gha/wha)		
Mezcla	Mix (%)	Alimento [tf]	(tf/wha)			
Salvado de arroz	0,2	784	7,70	1,0	2,52	342
Trigo	0,2	784	3,32	1,0	2,52	793
Maíz	0,2	784	5,50	1,0	2,52	479
Soya	0,2	784	2,67	1,0	2,52	985
Altramuz	0,2	784	1,34	1,0	2,52	1.960
Total he por pesca (A):					4.558	0,038

La Tabla 10 presenta los resultados para el cálculo de la HE de la categoría de infraestructura.

Tabla 10. Resultados de HE para la categoría de infraestructura

Infraestructura	Área (ha)	YF (wha/ha)	IYF	EQF (gha/wha)	HE (gha)	HE per cáp (gha/cap)
Área construida	1.282	0,97	1,0	2,52	3.135	0,026

Fuente: IDOM (2018b, 57).

Finalmente, la Tabla 11 presenta los resultados totales de HE para Rionegro.

Tabla 11. Resultados de HE y Planetoide Personal (agregado de los resultados de las Tablas 3, 4, 8, 9 y 10).

Categoría	HE (gha)	HE per cáp (gha/cap)	Importancia (%)
Absorción de carbono	158.519	1,32	50,9
Cultivo	106.185	0,88	34,1
Pastoreo	39.174	0,33	12,6
Pesca	4.558	0,04	1,5
Forestal*	-	-	-
Infraestructura	3.135	0,03	1,0
Total	311.572	2,59	100

Nota: * no se cuenta con datos sobre consumo de madera en Rionegro.

Resultados de HE para la exploración hipotética de alimentación balanceada

En la Tabla 12 se presentan los resultados de la HE para Rionegro considerando la situación hipotética de alimentación balanceada explicada previamente. Esta situación tiene implicaciones para las categorías de áreas de cultivo, de pastoreo y de pesca. Además, esta situación hipotética puede tener implicaciones indirectas sobre las emisiones de los GEI, que en última instancia también afectarían la HE; sin embargo, estas últimas no se analizaron en esta investigación.

Tabla 12. Resultados de HE bajo una condición hipotética de alimentación balanceada

Categoría	HE (gha)	HE per cáp (gha/cap)	Importancia (%)
Absorción de carbono	158.519	1,32	74,2
Cultivo	30.501	0,25	14,3
Pastoreo	20.430	0,17	9,6
Pesca	1.091	0,01	0,5
Forestal*	--	--	--
Infraestructura	3.135	0,03	1,5
Total	213.676	1,78	100

Nota: *no se cuenta con datos sobre consumo de madera en Rionegro.

Resultado de biocapacidad

En la Tabla 13 se indican las áreas disponibles de cada uso del suelo en Rionegro y los YF calculados con la Fórmula 3 necesarios para los cálculos de biocapacidad. La Tabla 14 muestra los resultados de la biocapacidad para Rionegro.

Tabla 13. Áreas y factores de rendimiento (Yn y Yw despejados de la fórmula 2 y utilizando la HE total y los consumos totales)

Categoría	Área (ha)	Yn w(t/ha)	Yw (t/wha)	YF (wha/ha)
Cultivo	1.712	5,75	5,92	0,97
Pastoreo	12.361	1,40	8,99	0,46
Pesca*	73	4,11	4,11	1,00
Bosque**	4.090	2,11	2,68	0,78
Infraestructura	1.282	5,75	5,92	0,97

Fuente: IDOM (2018b, 57).

Nota: *se toma el rendimiento local igual al mundial debido a la ausencia de datos locales. **se utilizan los rendimientos de absorción de carbono en ausencia de datos sobre consumo y rendimientos locales de madera.

Tabla 14. Resultados de biocapacidad (B) y biocapacidad per cápita

Uso de la tierra	Área (ha)	Yn* (t/ha)	Yw* (t/wha)	YF (wha/ha)	IYF	EQF (gha/wha)	B (gha)	B. per cápita (gha/cap)
Tierra de cultivo	1.712	5,75	5,92	0,97	1,0	2,52	4.187	0,03
Pastoreo	12.361	1,40	8,99	0,16	1,0	0,46	881	0,01
Pesca	73	4,11	4,11	1,00	1,0	0,37	27	0,00
Bosque	4.090	2,10	2,68	0,78	1,0	1,29	4.134	0,03
Infraestructura	1.282	5,75	5,92	0,97	1,0	2,52	3.135	0,03
						Total	12.364	0,10

Nota: *los rendimientos Yn y Yw representan, en el cálculo de la biocapacidad, los rendimientos promedios locales y globales obtenidos utilizando la fórmula 2 de manera inversa una vez obtenida la HE para cada categoría.

Grupos de interés

A la secuencia de talleres asistieron representantes de: el Centro de Estudios Territoriales de la Universidad Católica de Oriente, el Proyecto Alianza Oriente Sostenible, la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare (CORNARE), Planeta Verde, los docentes del pregrado en Desarrollo Territorial de la Universidad de Antioquia seccional Oriente, la Corporación

Empresarial del Oriente Antioqueño, la Universidad EA-FIT, los Municipios Asociados del Altiplano del Oriente Antioqueño (MASORA), la Red de Corporaciones Turísticas de Antioquia y representantes de organizaciones sociales como Lunes de Ciudad y Con Voz Colectiva, entre otros. En la Tabla 15 se compilán afirmaciones y cuestionamientos expresados en los tres talleres.

Tabla 15. Resultados de la participación con grupos de interés

Taller 1	Taller 2	Taller 3
<ul style="list-style-type: none"> La mayoría de los participantes piensan que el municipio alcanzará una población superior a los 300.000 habitantes en el 2030 y superará el millón en 2050. Hay cuestionamientos sobre cómo saber que se están explotando los recursos naturales de una manera sostenible. Se plantean los cuestionamientos: ¿hasta dónde vamos a crecer?, ¿hasta cuándo vamos a crecer? y, ¿cómo vamos a satisfacer nuestras necesidades en el futuro? 	<ul style="list-style-type: none"> Se concluyó que las causas para no considerar los límites planetarios en la planificación del territorio son: la inconciencia y educación desconectada de la naturaleza, vivir y decidir pensando y sintiendo que no hay límites y los gobiernos de corto plazo. Se tienen unos límites en los territorios que debemos empezar a considerar. Nuestro sistema económico debe repensarse para que se ajuste a los procesos naturales del planeta. El sistema económico (capitalismo) es resiliente. Es decir, aunque evidentemente se requieren cambios sustanciales, este cuenta con una forma de inercia que no permitirá cambiar su trayectoria en el corto plazo. Si cambiamos los mecanismos de incentivos, también podrían cambiar esas dinámicas de comportamiento. Qué incentiva a los humanos a comportarse como se comportan a escala humana y qué incentiva a las organizaciones a que se comporten como se comportan a escala organizacional. Los sistemas económicos están altamente interconectados y son dependientes. Por esta razón los sistemas económicos no se pueden detener abruptamente. 	<p>Una vez socializados los resultados de la HE de Rionegro, en el tercer taller, se presentaron las siguientes reflexiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se hace necesaria una visión holística de la planeación y más coherencia. Se requiere alrededor del 50 % de la superficie del Oriente Antioqueño para satisfacer las necesidades de Rionegro ¿Qué implicaciones tiene a nivel de salud mental los resultados de la HE? ¿Cuál es el papel de las administraciones municipales en la administración de los recursos si seguimos repitiendo los mismos errores del pasado? <p>A la pregunta sobre qué acciones se deben emprender una vez conocido el valor de la HE de Rionegro, los participantes contestaron:</p> <ul style="list-style-type: none"> Replicar la información y tomar acciones individuales y familiares para reducir la HE. Implementar cátedras municipales para la reducción de la HE y trabajar más desde la educación básica. Identificar de dónde vienen los recursos (flujos) que se consumen en el municipio. Dar visibilidad a los resultados obtenidos y hacerlo llegar a los tomadores de decisiones.

Taller 1	Taller 2	Taller 3
		<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo hacer para incluir los resultados de las diferentes huellas en la definición de los límites de la urbanización? • ¿Cuáles deberían ser los lineamientos para la planeación del territorio en los próximos 20 años? • ¿Cuál es la corresponsabilidad de Rionegro con respecto al Oriente Antioqueño? • Crear un observatorio de datos del Oriente Antioqueño.

Discusión

Consideraciones iniciales

Aunque la HE es un poderoso indicador de dependencia del medio ambiente, tiene también limitaciones, ya que no mide ciertos aspectos importantes de la sostenibilidad (Ihobe 2019): la HE no tiene en cuenta los aspectos sociales de la sostenibilidad, el agotamiento de recursos naturales no renovables, ni identifica dónde y de qué manera la biocapacidad es vulnerable o resistente. Además, no se tiene en cuenta la liberación de metales pesados, materiales radioactivos y compuestos sintéticos (policlorobifenilos (PCB), clorofluorocarbonos (CFC), cloruro de polivinilo (PVC), dioxinas, etc.).

En cuanto al significado y la utilidad de la HE como indicador territorial de sostenibilidad, Rees (1996) plantea las siguientes reflexiones:

1. Si bien la tecnología mejora la eficiencia con la que se extraen los recursos y disminuye los residuos, esto ha mostrado su capacidad para estimular el consumo, lo que incrementa la demanda neta sobre el ecosistema.
2. La posibilidad de importar recursos a una determinada región permite romper los límites naturales de esa región. Esto ocasiona el traslado de la carga ecológica a otro territorio.
3. En un planeta finito, no todas las regiones pueden ser importadoras de biocapacidad.

La HE en el territorio

El valle de San Nicolás, que incluye nueve municipios del Oriente antioqueño (El Carmen de Viboral, El Retiro, El Santuario, Guarne, La Ceja, La Unión, Marinilla, San Vicente y Rionegro), cuenta con una extensión de 176.000 ha (Zapata et ál. 2017). Así, teniendo en cuenta la HE total de Rionegro de 311.572 gha, es evidente que el municipio se encuentra en un importante déficit ecológico.

También es importante señalar que un porcentaje de las 176.000 ha mencionadas anteriormente no es productiva, ya que está ocupada por la infraestructura humana. Por otra parte, si se considera el Planetoide Personal de 2,59 gha en contraste con la biocapacidad per cápita de Rionegro de 0,10 gha (ver tablas 11 y 14), la población del municipio requiere 25 veces el área de su territorio para satisfacer sus necesidades de consumo. En otras palabras, tiene un déficit ecológico total de 299.208 gha. Esto demuestra que el municipio de Rionegro tiene una alta dependencia de otros territorios para satisfacer las necesidades de su población.

Teniendo en cuenta que las cantidades de alimento necesarias para el cálculo de la HE de Rionegro se obtuvieron partiendo del *Perfil alimentario y nutricional de Antioquia 2019*, y que este, a su vez, proviene de una muestra representativa de hogares en veintisiete municipios de las nueve subregiones de Antioquia, es importante analizar a Rionegro en el contexto de ese grupo de municipios. Para este análisis, se compararon los indicadores de producto interno bruto (PIB), la línea de pobreza por ingresos y el índice multidimensional de condiciones de vida (IMCV) de los veintisiete municipios.

Así, siendo Rionegro el municipio con el PIB más alto entre los veintisiete municipios, en cuanto al PIB per cápita, está por encima del promedio, sin alejarse sustancialmente. Sin embargo, esto refleja una dinámica económica mayor que la media; es decir, más industrias, más empleos y más ingreso per cápita, lo que, según el modelo económico dominante, estimula un mayor consumo de bienes y servicios (Castrillón y Gallón 2020).

En cuanto a la línea de pobreza por ingresos y al IMCV, Rionegro se encuentra en la segunda mejor posición para cada uno de estos indicadores, superado solamente por el municipio de La Estrella en la línea de pobreza y por Sabaneta en el IMCV.

Considerando las anteriores comparaciones, se puede decir que el uso de los promedios de consumo de alimentos reportados en el *Perfil alimentario y nutricional de Antioquia 2019* conduce a una subestimación de la HE de Rionegro, ya que, según estos indicadores, en Rionegro se puede esperar un mayor consumo de bienes y servicios que la media, así como un consumo mayor de alimentos.

Categorías de la HE

Como se puede apreciar en la Tabla 11, la categoría con mayor impacto en la HE de Rionegro es la absorción de carbono (50 %). Este comportamiento sigue una tendencia mundial en la que las áreas requeridas para la

absorción de carbono ocupan el porcentaje más alto de la HE (Figura 1).

En segundo lugar, en importancia, aparece el área de cultivos, lo que también se asemeja a la tendencia mundial. A diferencia de la categoría de pastoreo, que para Rionegro aparece en el tercer lugar, y en el mundo es la cuarta en importancia. Esto puede deberse a que en este cálculo de la HE no se consideró el consumo de productos forestales.

En relación con otros países, el Planetoide Personal de Rionegro (2,59 gha) es similar al de países como Argelia, Costa Rica, México y al promedio de América Latina. En las figuras 1 y 2 se muestra el histórico del Planetoide Personal para el mundo y para Colombia.

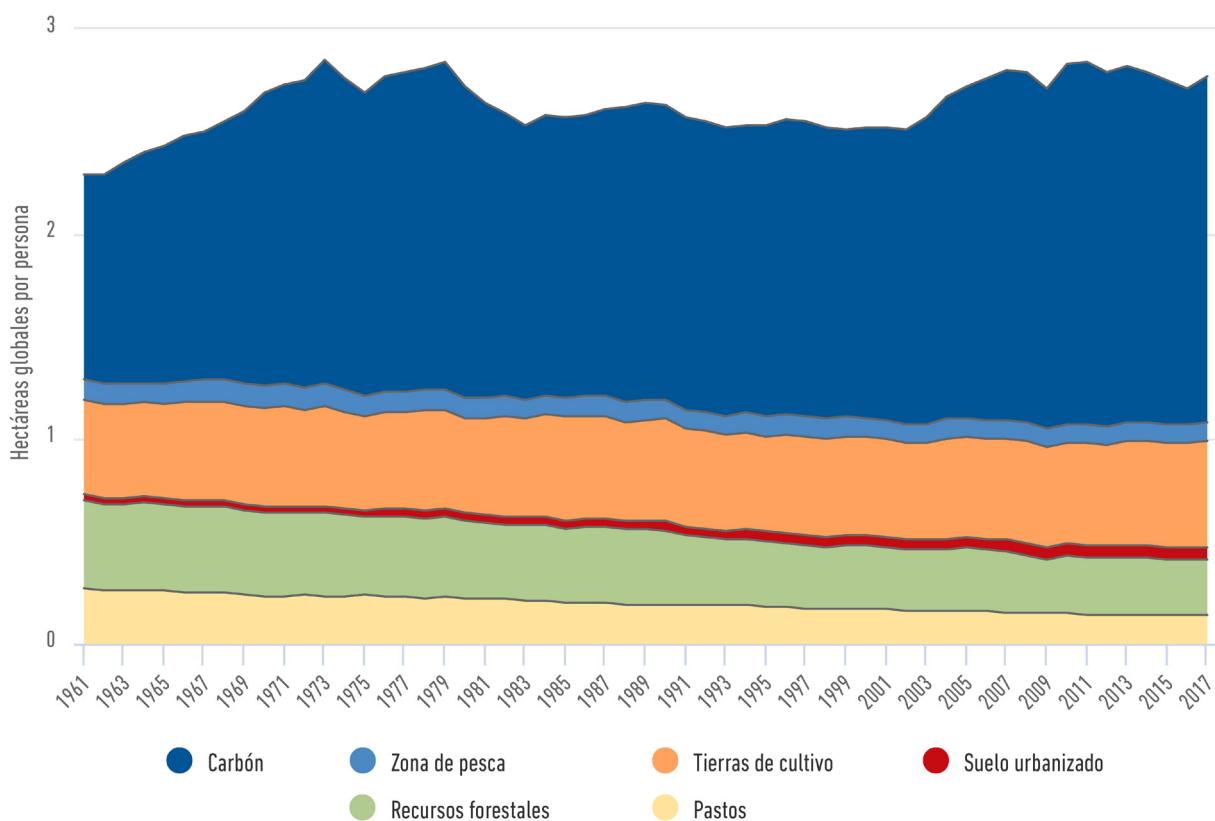


Figura 1. Histórico del Planetoide Personal mundial para las seis categorías de cálculo.

Fuente: *Open Data Platform (Global Footprint Network 2021a)*.

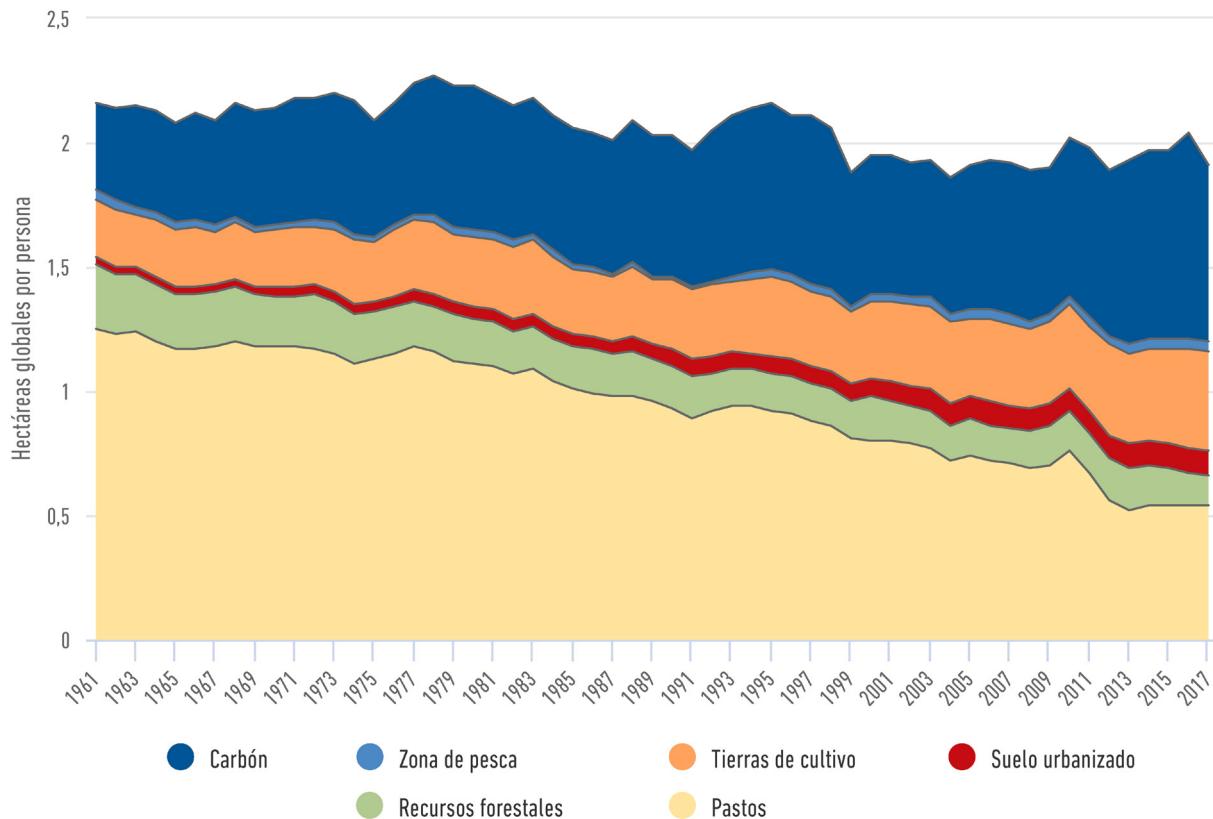


Figura 2. Histórico del Planetaide Personal de Colombia para las seis categorías de cálculo.

Fuente: Open Data Platform (Global Footprint Network 2021a).

La HE y la nutrición

Para este análisis se parte de los resultados obtenidos considerando la situación hipotética de alimentación balanceada explicada previamente (véase Tabla 12).

Esta consideración hipotética asume el ideal de que toda la población se encuentra en rangos de peso saludables para su edad y se alimentan de manera balanceada del mismo grupo de alimentos. Cabe destacar la reducción del Planetaide Personal que se evidencia en los resultados de la HE bajo la consideración hipotética mencionada. Mientras que el Planetaide Personal resultante bajo una ingesta promedio de Antioquia es de 2,59 gha (véase Tabla 11), para la situación hipotética es de 1,78 gha (véase Tabla 12). Es decir, hay una reducción del 65 % de la HE del grupo de alimentos y del 31 % de la HE total.

Adicionalmente, aunque no se ha calculado en esta investigación, sería razonable esperar que la reducción de las cantidades de alimentos requerida para la

situación hipotética implique también una reducción de la HE asociada a las emisiones de los GEI. Esto se debe a la reducción de las actividades agropecuarias y de transporte, entre otras, que suponen una reducción en el consumo de alimentos. Esto significa una reducción mayor de la HE total.

Índice de Desarrollo Humano (IDH)

Global Footprint Network propone un análisis que contrasta la HE con el IDH como forma de medir el desarrollo sostenible. De esta manera, se evalúan dos dimensiones: el desarrollo social y económico, por un lado, y la sostenibilidad ambiental, por el otro (Global Footprint Network 2021b). En la Figura 3 se contrasta la HE de diferentes grupos de países (en términos del número de planetas necesarios para mantener el ritmo de consumo de cada uno) con su IDH.

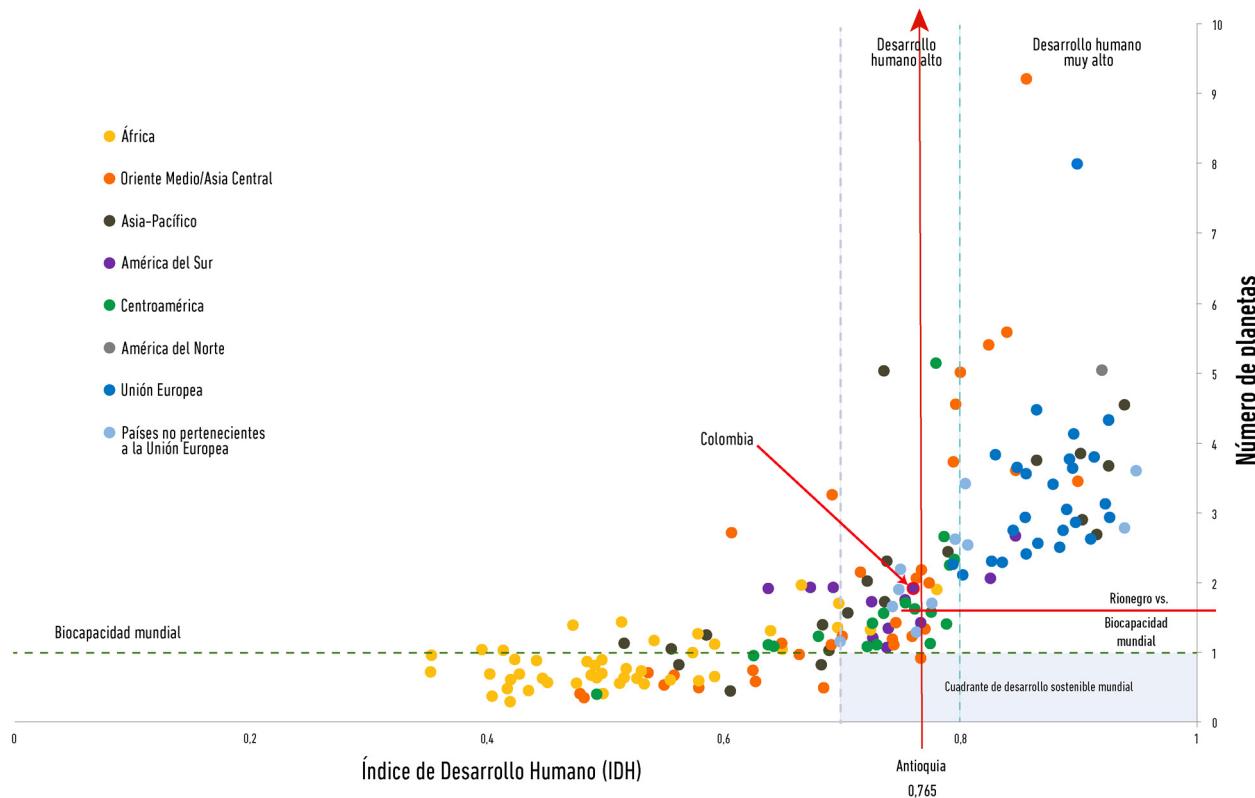


Figura 3. Huella Ecológica e Índice de Desarrollo Humano por países, 2017.
Fuente: modificado de Global Footprint Network (2021b, hoja 2 Definitions).

La lectura de la Figura 3 refuerza la idea de que una mayor calidad de vida implica un incremento en la presión sobre el ecosistema. Así, puede observarse cómo la nube de puntos describe una curva que, a medida que aumenta el IDH (en el lado derecho de la figura), también lo hace la HE (en el lado superior) de una manera que podría ajustarse a un comportamiento exponencial.

Se señala a Colombia, que aparece en el centro de la nube de puntos, cerca de otros países de Sudamérica, Centroamérica, Asia, algunos africanos y algunos europeos no pertenecientes a la Unión Europea. A la derecha de la figura (mejor IDH) aparecen los países de la Unión Europea, Estados Unidos y algunos asiáticos. Por el contrario, en la parte izquierda (peor IDH) aparecen los países africanos y algunos asiáticos.

Adicionalmente, este análisis propone una región donde se da el desarrollo sostenible. Esta zona se denomina “cuadrante de desarrollo sostenible mundial”. En esta zona de la figura se cruzan un IDH de más de 0,7 y una HE por debajo de la biocapacidad mundial (1 planeta disponible). Sin embargo, según los cálculos de Global

Footprint Network, edición de 2021, de los 184 países considerados, solamente Filipinas, Sri Lanka y el Estado de Palestina están en el cuadrante de desarrollo Sostenible.

En el caso de Rionegro, se marca un punto en la figura, utilizando el IDH de Antioquia (0,765, línea roja vertical) para 2017, tomado de Global Data Lab (2021), dada la ausencia de este índice para Rionegro. Este punto se ubica donde se cruzan la línea roja vertical (IDH 0,765) con la línea roja horizontal (1,6 planetas), que resulta del contraste del Planetoide Personal (2,59 gha) con la biocapacidad mundial (1,6 gha). Esto sitúa a Rionegro en la parte central de la nube, junto con Colombia y otros países vecinos.

Un segundo punto para Rionegro se podría obtener del contraste del Planetoide Persona (2,59 gha) con la biocapacidad del municipio (0,10 gha). Sin embargo, este punto se encuentra por fuera de la figura, ya que en esta comparación se requieren 25 planetas para satisfacer las necesidades de la población de Rionegro. Así, Rionegro se ubicaría por encima de países como Luxemburgo, Qatar y Emiratos Árabes Unidos. Ahondando en este punto,

es necesario decir que la ubicación de Rionegro no se debe a su alto IDH y su alta HE sino por su baja biocapacidad (0,10 gha). Por otra parte, teniendo en cuenta el IDH de Antioquia, vale la pena mencionar que, según la información sobre las condiciones socioeconómicas de Rionegro, su IDH podría ser un poco mayor que el de Antioquia. En ese sentido, esto desplazaría hacia la derecha la ubicación de Rionegro en la figura.

Del mismo modo, la subestimación de la HE de Rionegro por alimentación y por la no inclusión de los productos forestales, ocasionaría un desplazamiento hacia abajo de la HE, lo que significa que su HE real sería, por lo tanto, en el sentido del análisis, más planetas necesarios. Es decir, una insostenibilidad aún mayor.

Conclusiones

La HE de Rionegro proporciona un criterio importante de sostenibilidad que los tomadores de decisiones del municipio pueden utilizar para crear instrumentos de planificación del territorio. A pesar de los aspectos de la sostenibilidad no incluidos en el indicador y de la subestimación ocasionada por la ausencia de algunos datos, la HE tiene un poder de comunicación destacable, ya que transmite un mensaje fácilmente comprensible para la población no especializada y, además, permite la comparación con otros territorios.

A pesar de la subestimación de la HE de Rionegro debida a la ausencia de datos sobre el consumo de productos forestales y alimentos, un Planetoides Personal de 2,59 gha, muestra que Rionegro se encuentra en un claro déficit ecológico. Al contrastar este resultado con la biocapacidad de 0,10 gha per cápita, se obtiene que su déficit ecológico es de 299.208 gha. O lo que es lo mismo, se requieren por lo menos 25 veces la biocapacidad del municipio para sostener su ritmo de consumo.

Al comparar la HE de Rionegro con la superficie total del Oriente antioqueño, se advierte que se requiere alrededor del 50 % de la superficie de toda la subregión para satisfacer las demandas de solo este municipio, sin contar con los otros veintidós que se encuentran en el mismo territorio (el cálculo de la biocapacidad de la subregión podría modificar esta comparación).

El componente más importante de la HE de Rionegro es el de la absorción de los GEI. Por lo tanto, cualquier esfuerzo realizado para reducir la HE deberá considerar como elemento fundamental la reducción de las emisiones de los GEI.

Desde otro punto de vista, considerando la situación hipotética propuesta de alimentación balanceada, puede

plantearse que una alimentación más equilibrada puede tener un impacto positivo en la HE y, por lo tanto, en las demandas sobre el ecosistema.

Incluir el IDH en el análisis de la HE permite complementar la reflexión. Así, Rionegro sigue la tendencia de Colombia y el mundo en una dirección de insostenibilidad, en la que el incremento de la calidad de vida conlleva un incremento en la explotación de recursos naturales. Esto implica el acercamiento a los límites planetarios.

En cuanto a la participación de los grupos de interés, se encontraron dificultades para convocar a representantes de la administración municipal, como concejales y otros funcionarios de las diferentes secretarías del municipio, ya que no se registró su participación en ninguno de los talleres. Sin embargo, desde otras organizaciones e instituciones de educación superior se dio una acogida importante a los talleres y al proyecto, considerando tanto sus objetivos, como su metodología y propuesta de análisis del desarrollo urbano de un territorio.

El concepto de límite para el crecimiento entra en conflicto y va en contra del modelo económico dominante. En este sentido, la adopción de este criterio para el desarrollo de instrumentos de planeación plantea problemas de fondo que deben solucionarse posiblemente mediante la educación y un cambio cultural.

El concepto de la HE, al igual que otros métodos de evaluación de la capacidad de carga, es en buena parte desconocido para los grupos de interés que participaron en los talleres. Por este motivo, los resultados y las implicaciones de los valores de la HE de Rionegro suscitan asombro y preocupación.

Los participantes manifestaron su incertidumbre sobre cómo integrar este tipo de análisis en la planificación del territorio a futuro y sobre cómo y quién debe definir el límite del crecimiento del municipio.

Uno de los elementos que se identificaron como clave para lograr un impacto real de la HE en los instrumentos de planificación es la difusión y comunicación de los resultados al público en general y a los tomadores de decisiones. Para ello, se propuso la creación de unas cátedras municipales para trabajar desde la educación básica.

Un valor de la HE negativo (HE mayor que biocapacidad), como el de Rionegro, implica una dirección de insostenibilidad del municipio. Entendiendo entonces, que un valor de la HE positivo (HE menor que biocapacidad) es necesario, pero no suficiente, para alcanzar la sostenibilidad de un territorio, Rionegro debe emprender acciones que apunten tanto a disminuir su HE como a aumentar su biocapacidad. Por otro lado, sería

necesario incluir indicadores e índices, como el IDH, que evalúen los valores de sostenibilidad del municipio en contraste con la HE.

Referencias

- AccountAbility, United Nations Environmental Programme y Stakeholder Research Associates Canada Inc. 2006. *De las palabras a la acción. El compromiso con los stakeholders. Manual para la práctica de las relaciones con los grupos de interés.* Consultado el 1 de abril de 2024. <https://bibliotecavirtual.info/2011/04/de-las-palabras-a-la-accion-el-compromiso-con-los-stakeholders-manual-para-la-practica-de-las-relaciones-con-los-grupos-de-interes/>
- Agudelo Patiño, Luis Carlos. 2010. *La ciudad sostenible. Dependencia ecológica y relaciones regionales. Un estudio de caso en el área metropolitana de Medellín, Colombia.* Bogotá D.C.: Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Alcaldía de Rionegro. 2016. “Anuario Estadístico de Rionegro 2016”. De la serie Anuario Estadístico de Rionegro. Consultado el 1 de abril de 2024. <https://www.rionegro.gov.co/Documents/Anuario-estadistico-2016.pdf>
- Alcaldía de Rionegro 2020. “Plan de Desarrollo 2020 -2023”. Consultado el 10 de febrero de 2022. <https://rionegro.gov.co/wp-content/uploads/2020/10/Plan-de-Desarrollo-2020-2023.pdf>
- Aparicio Cabrera, Abraham. 2011. “Bienestar subjetivo del consumidor y concepto de felicidad”. *Argumentos. Estudios Críticos de la Sociedad*, no. 67, 67-93.
- Banco Interamericano de Desarrollo, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, y Financiera de Desarrollo Territorial S.A. 2019. *Rionegro ciudad sostenible y competitiva.*
- Camacho-Valdez, Vera y Ruiz-Luna, A. 2012. “Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos”. *Biociencias* 1 (4): 3-15. <https://doi.org/10.15741/revbio.01.04.02>
- Castrillón G., Sergio A. y Luciano Gallón. 2020. “Huella ecológica y dinámica de sistemas. Prospectiva para el municipio de Rionegro en Colombia”. *XVIII Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas. La Práctica Latinoamericana de la Dinámica de Sistemas en 2020* 18 (Paper 57). <http://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2021/05/XVIII-Congreso-Latinoamericano-De-Din%C3%A1mica-De-Sistemas-2020-1.docx-2-2.pdf>
- Concejo del Municipio de Rionegro, Antioquia. 2018. Acuerdo 002 de 2018. Por medio del cual se modifican excepcionalmente unas normas urbanísticas del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Rionegro – Antioquia, Acuerdo 056 de 2011 y se adoptan otras disposiciones, el 25 de enero de 2018.
- Congreso de la República de Colombia. 1994. Ley 152 de 1994. Por la cual se establece la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo. 15 de julio de 1994. Diario Oficial No. 41.450. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=327>
- Congreso de la República de Colombia. 1997. Ley 388 de 1997. Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones. 18 de julio de 1997. Diario Oficial No. 43.091. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>
- CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social). 2018a. “CONPES 3918. Estrategia para la Implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia”. 15 de marzo de 2018. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3918.pdf>
- CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social). 2018b. “CONPES 3934. Política de Crecimiento Verde”. 10 de julio de 2018. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3934.pdf>
- Corantioquia y Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 2017. “Aunar esfuerzos para la actualización de la Huella Ecológica en la Región Central de Antioquia como aporte a la gestión de la planificación y el ordenamiento ambiental”. Convenio Nro.1611-203. Medellín Colombia. http://www.corantioquia.gov.co/ciadic/PAT/PAT_CV_1611_203_2016.pdf
- CORNARE. 2011. “Lineamientos Ambientales para el Ordenamiento Territorial Municipal”. <http://www.cornare.gov.co/documentos/Lineamientos-ambientales-POT-ver11.pdf>
- CORNARE. 2014. “Plan de Gestión Ambiental Regional 2014-2032. Servicios ecosistémicos y adaptación al cambio climático, un pacto por la sostenibilidad del Oriente Antioqueño”. <https://www.cornare.gov.co/PGAR/Final-PGAR-2014-2032.pdf>
- DNP (Departamento Nacional de Planeación). 2018. *Colombia productiva y sostenible. Un propósito de todos.* Consultado el 1 de abril de 2024. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Colombia%20productiva%20Actualizaci%C3%B3n%20Bases.pdf>
- DNP (Departamento Nacional de Planeación). 2023. *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Colombia, Potencia Mundial de la Vida.* Consultado el 1 de abril de 2024. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/portalDNP/PND-2023/2023-05-04-bases-plan-nacional-de-inversiones-2022-2026.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2021. “FAOSTAT – Cultivos”. Consultado el 9 de abril de 2021. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Gallón, Luciano. 2011. “Modelo de Sostenibilidad Regional. Dinámica de Sistemas para enfrentar la pobreza en Suramérica”. Tesis de doctorado en Sostenibilidad, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

- Gerencia de Seguridad Alimentaria y Nutricional MANÁ y Universidad de Antioquia Escuela de Nutrición y Dietética. 2019. *Perfil alimentario y nutricional de Antioquia 2019. Resumen Ejecutivo*. Medellín: Universidad de Antioquia. Consultado el 10 de febrero de 2022 <https://acortar.link/abOpCU>
- Global Data Lab. 2021. "Sustainable Human Development Index (4.0)". Global Dat Lab. Consultado el 31 de mayo de 2021. https://globaldatalab.org/shdi/shdi/COL/?levels=1%2B&interpolation=o&extrapolation=o&nearest_real=o&years=2017
- Global Footprint Network. 2018. "National Footprint Accounts". Learning License. Consultado el 31 de mayo de 2021. <https://www.footprintnetwork.org/licenses/public-data-package-free/>
- Global Footprint Network. 2021a. "Open Data Platform". Global Footprint Network. Consultado el 6 de mayo de 2021. http://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.125128074.1268071080.1591370871-126164803.1591224091#/compareCountries?type=BCtot&cn=all&yr=2016
- Global Footprint Network. 2021b. "National Footprint and Biocapacity Accounts". Public Data Package. Consultado el 31 de mayo de 2021. <https://www.footprintnetwork.org/licenses/public-data-package-free/>.
- Haberl, Helmut, K. Heinz Erb, Fridolin Krausmann, Veronika Gaube, Alberte Bondeau, Christoph Plutzar, Simone Gingrich, Wolfgang Lucht y Marina Fischer-Kowalski. 2007. "Quantifying and Mapping the Human Appropriation of Net Primary Production in Earth's Terrestrial Ecosystems". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (31): 12942-12947. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704243104>
- IDOM. 2018a. "Modulo 1. Estudio de mitigación del cambio climático". Estudios base para el municipio de Rionegro, Antioquia. Consultado el 10 de febrero de 2022. <https://rionegro.gov.co/wp-content/uploads/2021/03/Estudio-Gases-de-Efecto-Invernadero.pdf>
- IDOM. 2018b. "Módulo 3. Estudio de Huella Urbana y Escenarios de Crecimiento". Estudios base para el municipio de Rionegro, Antioquia. <https://rionegro.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ESTUDIO-DE-CRECIMIENTO-URBANO.pdf>
- Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. 2019. "Huella ecológica de Euskadi". Bilbao: Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda. <https://www.ihobe.eus/publicaciones/huella-ecologica-euskadi-2019-2>
- Jaillier Castrillón, Érika. 2018. "Capítulo 2. Metodologías participativas e innovación social". En *Las metodologías participativas, una estrategia para construir y comprender la innovación social*, de Carlos Augusto Arboleda Jaramillo, Liliana Patricia Restrepo Medida, Gabriel Mendes Figueira, James Alberto Morales Chincha, Astrid Girlesa Uribe Martínez, Érika Jaillier Castrillón, Claudia Milena Arias Arciniegas, Juan Manuel Montes Hincapié y Elkin Olaguer Pérez Sánchez, Primera edición, 103. Un recorrido por el programa: Innovantioquia, Juventud Antioqueña Piensa en Grande. Medellín: Corporación Ciudadanía Activa.
- Lin, David, Laurel Hanscom, Jon Martindill, Michael Borucke, Lea Cohen, Alessandro Galli, Elias Lazarus, Golnar Zokai, Katsunori Iha y Mathis Wackernagel. 2019. "Working Guidebook to the National Footprint and Biocapacity Accounts". Global Footprint Network. Consultado el 10 de febrero de 2022 https://www.footprintnetwork.org/content/uploads/2019/05/National_Footprint_Accounts_Guidebook_2019.pdf
- Manjarrés C., Luz Mariela, Luis Fernando García Z., María Milena Rodríguez F., Elcy Arango E., Paula Andrea Uribe Y., Diana María Sepúlveda H., Olga Luz Espinal G., Marta Alicia Cadavid C. y Ana Cristina Vanegas R. 2015. *Lista de intercambios*. Tercera edición. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Meadows, Donella H., Dennis L. Meadows, Jorgen Randers y William W. Behrens III. 1972. *The Limits to Growth*. Nueva York: Universe Books.
- Mejía Giraldo, Juan F. 2018. "El impacto de los modelos de bienestar en el consumo. Una revisión teórica". *Colección Académica de Ciencias Sociales. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Palmira* 5 (2): 112-124.
- MinAgricultura (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). 2021. "Comparativo de área, producción, rendimiento y participación departamental por cultivo". *Agronet*. Consultado el 9 de abril de 2021. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=3#>
- Minambiente (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial). 2010. *Política Nacional de Producción y Consumo sostenible. Hacia una cultura de consumo sostenible y transformación productiva*. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Consultado el 10 de febrero de 2022. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/polit_nal_produccion_consumo_sostenible.pdf
- Minsalud y FAO (Ministerio de Salud y Protección Social y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2013. *Perfil nacional de consumo de frutas y verduras*. Bogotá D.C.: Subdirección de Salud Nutricional Alimentos y Bebidas, Ministerio de Salud y Protección Social y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Consultado el 10 de febrero de 2022. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/>

- <Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/perfil-nacional-consumo-frutas-y-verduras-colombia-2013.pdf>
- Montoya Gallego, Erney y Luz Stella Carmona Londoño. 2018. “La planeación del oriente antioqueño: el camino hacia la gran región metropolitana”. En *Lectura territorial del oriente cercano antioqueño*, editado por Aura González Serna, Primera edición, 17-36. Medellín: Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.
- Nieto, Patricia, Matthias Kopp, Margarita Isaza Velásquez, Lina María Martínez Mejía, Víctor Andrés Casas Mendoza, Juan Camilo Castañeda Arboleda, Juan Camilo Arboleda Alzate, Elizabeth Otálvaro Vélez y Carlos Andrés Hernández Duque. 2015. “Contexto histórico y social del departamento de Antioquia, subregiones: Urabá y Oriente, Medellín”. Hacemos memoria. Medellín: Facultad de Comunicaciones Universidad de Antioquia. Deutsche Welle Akademie. <http://hacemosmemoria.org/wp-content/uploads/2015/11/Contexto-Antioquia-Urabá-Oriente-Med.pdf>
- ORSE, CSR Europe y Forética. 2009. “Diálogo con los grupos de interés. Guía práctica para empresas y stakeholders”. Consultado el 10 de febrero de 2022. https://www.solucionesong.org/ficheros/4c9355455eoac/Gua_fortica.pdf
- Rees, William E. 1996. “Indicadores territoriales de sustentabilidad”. *Ecología política*, no. 12, 27-41.
- Secretaría de Hábitat y Medio Ambiente. 2013. “Plan integral de gestión ambiental 2013-2033. Por un municipio más verde”. Alcaldía de Rionegro, Universidad Católica de Oriente. Consultado el 10 de febrero de 2024. <https://www.rionegro.gov.co/Transparencia/Documentos%20OPP/Plan%20Integral%20de%20Gesti%C3%B3n%20Ambiental.pdf>
- Toro Ochoa, Javier, Rosa María Rodríguez Peralta, Rodrigo Echeverri Restrepo, Rubén Darío Jaramillo Cardona, Alberto Preciado, Jaime Albeiro Giraldo Giraldo, Cesar Augusto Castaño Jaramillo, Gloria Eugenia Flórez Giraldo, María Eugenia Valderrama Rendón y Maryuleidy Gómez Hurtado. 2009. *Plan Estratégico para un Pacto Social por el Desarrollo del Oriente Antioqueño*. Dirección de Planeación Estratégica Integral Gobernación de Antioquia. <https://www.ervet.it/wp-content/uploads/downloads/2013/11/LibroPLANEO.pdf>
- Velásquez de Correa, Gladys. 2006. *Fundamentos de alimentación saludable*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Wackernagel, Mathis. 1996. “¿Ciudades sostenibles?” *Ecología política*, n.º 12, 43-50.
- Wackernagel, Mathis y Bert Beyers. 2019. *Ecological Footprint: Managing Our Biocapacity Budget*. Canada: New Society Publishers.
- Zapata, Dora Milena, María Ximena Barrera, Luis Germán Naranjo, Roberto León Gómez, Claudia Martínez, Liliana Ramos y Mathieu Lacoste. 2017. *Plan de Crecimiento Verde y Desarrollo Compatible con el Clima para el Oriente Antioqueño*. Cali: CORNARE, Alianza Clima y Desarrollo, Fundación Natura, World Wildlife Fund Colombia. https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/approximacion__al_teritorio/PLAN-CRECIMIENTO-VERDE-Y-DESARROLLO-COMPATIBLE-CON-EL-CLIMA.pdf

Sergio A. Castrillón G.†

Consultor y gerente de proyectos en Environmental Resources Management Colombia LTDA (ERM Colombia LTDA) en la práctica de sostenibilidad corporativa y cambio climático. Graduado de la Maestría en Sostenibilidad de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín. Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Intereses de investigación en límites planetarios, huella ecológica y la evaluación de riesgos climáticos a través de modelos digitales.

Luciano Gallón

Profesor Titular en la Universidad Pontificia Bolivariana. Doctor en Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC, 2012) en Barcelona, España. Magíster en Gestión Tecnológica e ingeniero electrónico por la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB, 2004, 1993) en Medellín, Colombia. Entre los intereses de investigación se encuentran la dinámica de sistemas, la sociocibernética, la sostenibilidad, la singularidad, la gestión de conocimiento personal, y la gestión de la investigación, la tecnología y la innovación.