

DANIELA SANDOVAL GAVIRIA
Ingeniera ambiental de la Universidad El Bosque
Colombia
[dsandovalg@unbosque.edu.co]

FERNANDO GUTIÉRREZ-FERNÁNDEZ
Doctor en Desarrollo, Sostenibilidad y Ecodiseño de la
Universidad Politécnica de Valencia
Miembro del grupo de investigación
Agua, Salud y Ambiente
Colombia
[gutierrezluisf@unbosque.edu.co]



CÁLCULO DE LAS HUELLAS DE CARBONO Y ECOLÓGICA DEL DESTINO TURÍSTICO DE PUERTO NARIÑO (AMAZONAS)¹

CALCULATION OF THE CARBON AND ECOLOGICAL FOOTPRINTS OF THE TOURIST DESTINATION OF PUERTO NARIÑO (AMAZONAS)

¹ Para citar el artículo: Sandoval, D. y Gutiérrez-Fernández, L. F. (2021). Cálculo de las huellas de carbono y ecológica del destino turístico de Puerto Nariño (Amazonas). *Turismo y Sociedad*, XXIX, pp. 79-94.
DOI: <https://doi.org/10.18601/01207555.n29.04>

Fecha de recepción: 17 de julio de 2020
Fecha de modificación: 14 de diciembre de 2020
Fecha de aceptación: 17 de febrero de 2021

Resumen

El turismo es un sector de la economía que creció con fuerza durante el año 2019 a nivel internacional, en Colombia y en Puerto Nariño (Amazonas), lo que conlleva un aporte en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El presente estudio calcula la huella de carbono de la parte urbana del municipio de Puerto Nariño teniendo en cuenta las actividades de disposición de residuos urbanos, uso de gas propano y de gases refrigerantes, consumo de energía y de gasolina para motores. Se obtuvieron como resultado 2020,98 t (toneladas) de CO₂ eq/año, lo que equivale a una huella ecológica de 3886,5 ha (hectáreas) o 19,43 veces el área de su circunscripción. Por tal razón, el consumo energético es la principal actividad generadora de dióxido de carbono, la segunda es el transporte fluvial.

Palabras clave: Huella de carbono, huella ecológica, destino turístico.

Abstract

Tourism is a sector of the economy that grew strongly during 2019 internationally, in Colombia and in Puerto Nariño–(Amazonas), which leads to a contribution in greenhouse gas emissions (GHG). This study calculates the carbon footprint of the urban part of the municipality of Puerto Nariño, taking into account the activities of: urban waste disposal, use of propane gas, refrigerant gases, energy consumption and gasoline for engines. As a result, 2020.98 t (tons) of CO₂ eq/year were obtained, which is equivalent to an ecological footprint of 3886.5 ha (hectares) or 19.43 times the area of its district. For this reason, energy consumption is the main activity that generates carbon dioxide, and the second is river transport.

Keywords: Carbon footprint, ecological footprint, tourist destination.

Introducción

En Colombia y el mundo, el turismo es un sector de la economía con un amplio crecimiento, sin embargo, el desafío que el cambio climático plantea a su desarrollo y su capacidad para contribuir con el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible siguen siendo temas poco estudiados (Becken, 2019; Hall, 2019; Scott et al., 2019) y, en ocasiones, refutados (Sharpley, 2020). Específicamente, en países en vías de desarrollo son escasos los estudios sobre la generación de gases de efecto invernadero y su aporte al cambio climático derivados de la actividad turística (Scott et al., 2016), muchos de los comentarios iniciales sobre turismo y recreación en los primeros informes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]) eran especulativos y a menudo no se basaban en investigaciones específicas sobre el turismo (p. 11).

En 2018, el World Travel & Tourism Council (WTTC) anunció una “agenda común” durante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que destacaba la necesidad de reducir la contribución de la industria de los viajes y del turismo a este problema y de apoyar los objetivos de reducción cuantitativa (Becken, 2019).

En los últimos años, algunos autores han empezado a indicar que, a pesar de las diferentes políticas que mencionan la obligación de realizar un turismo sostenible, la actividad hoy es más insostenible que nunca (Hall, 2011 y 2019; Ruttly et al., 2015; Scott, Hall et al., 2016; Scott, Gössling et al., 2016; Sharpley, 2020). Sin embargo, la competitividad a largo plazo depende de la voluntad de gestionar las vulnerabilidades de la industria e invertir en nuevos mercados, servicios e innovar en la forma de concebir este segmento de la economía

(World Tourism Organization [UNWTO] y United Nations Development Programme [UNDP], 2017).

Al examinar la contribución del turismo al cambio climático, Lenzen et al. (2018) mencionan que la huella de carbono mundial del turismo aumentó de 3,9 a 4,5 Gt CO₂e entre 2009 y 2013; cabe señalar que esta estimación se realizó teniendo en cuenta las huellas de carbono bajo las perspectivas de la contabilidad de origen y destino para 160 países.

Las anteriores cifras representan alrededor del 8% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero totales; transporte, compras de bienes y servicios, y alimentos (asociados con el turismo) son los que contribuyen de manera más significativa a la generación de este tipo de gases. De acuerdo con Lenzen et al. (2018), la mayor parte de la huella de carbono del turismo es ejercida por y en los países de altos ingresos.

A pesar de lo anterior, es responsabilidad de destinos como Puerto Nariño —como un espacio cuya actividad principal es el turismo— calcular su aporte al cambio climático. Este municipio, ubicado en el departamento de Amazonas, ha desarrollado un modelo de planificación turística único en Colombia, que permeó, a su vez, su ordenamiento territorial y le permitió convertirse en el primer lugar turístico sostenible certificado en el país suramericano.

Puerto Nariño es el segundo municipio en importancia del departamento de Amazonas (Colombia), denominado pesebre natural por sus calles angostas. Este lugar anualmente recibe gran cantidad de turistas: en 2019 arribaron 59 333 visitantes, dato que, comparado con sus 7781 habitantes totales (Planeación Municipal, 2018), significa que recibe 7,6 veces su población residente; si se contrasta solo con los 4942 residentes

del casco urbano, el turismo supera en 12 veces a las personas allí asentadas.

En el año 2017, cerca del casco urbano de Puerto Nariño se designaron 45 464 ha como sitio Ramsar, donde se encuentran los Lagos de Tarapoto, que son un complejo de sistemas lenticos interconectados entre sí mediante ríos y arroyos que sustentan gran variedad de especies de plantas y animales, entre las que destacan sus 136 especies de peces, incluyendo el pez de agua dulce más grande que se conoce, el pirarucu (*Arapaima gigas*), y más de 153 especies de aves (Servicio de Información sobre Sitios Ramsar, s. f.).

La huella de carbono es un indicador que ha adquirido fuerza en los últimos años en varios sectores —incluido el turismo— a medida que el cambio climático se incrementa (Cadarsó et al., 2015; Dwyer et al., 2010; El Hanandeh, 2013; Gutiérrez-Fernández y Montoya, 2014; Kitamura et al., 2020; Lenzen et al., 2018; Rodríguez-Buitrago y Gutiérrez-Fernández, 2017; Wiedmann y Minx, 2007; Zhiyong et al., 2021). Para el caso de Puerto Nariño, este indicador puede ayudar a conservar su valioso capital natural y a fortalecer el desarrollo de un turismo sostenible, de forma que vaya en consonancia con la creciente concientización del turista, que, sumada a las presiones de los controles medioambientales de los gobiernos, ha hecho que el turismo cambie de una concepción estandarizada y de gran escala a una actividad sustentada en tres principios: flexibilización de la producción, sostenibilidad del destino y personalización del consumo (Díaz et al., 2006; Morillo-Moreno, 2011).

La huella de carbono tiene su origen en la huella ecológica, propuesta inicialmente por Wackernagel y Rees (1996), la cual es un indicador que se refiere a la superficie de tierra y mar biológicamente productiva,

expresada en hectáreas globales, necesaria para sostener una determinada población humana. En específico, hace referencia a la cantidad de tierra necesaria para asimilar todo el CO₂ producido por las actividades humanas (Pandey et al., 2011).

Colombia aporta el 0,4% del total de las emisiones mundiales, según datos de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, presentada ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en 2016. El cálculo fue realizado a partir de la serie de datos comprendidos entre los años 1990 y 2012, e indica que Colombia ocupa el quinto puesto en emisiones a nivel de Latinoamérica y presenta una emisión per cápita de 4 tCO₂e (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], Departamento Nacional de Planeación [DNP] y, Cancillería, 2016, p. 131).

En tal sentido, en la Cumbre de París, en 2015, Colombia se comprometió a reducir sus emisiones en un 20% con respecto a las proyectadas para el año 2030. Para cumplir su compromiso, el país cuenta con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, cuyo principal objetivo es reducir el riesgo y los impactos socioeconómicos y ecosistémicos que tienen su origen en el cambio climático o que se están viendo exacerbados por él.

Debido a los compromisos colombianos, y dado que Puerto Nariño es considerado un destino turístico sostenible, sería importante alentar el compromiso frente al cambio climático del municipio con instrumentos de gestión como las huellas de carbono y ecológica, que favorezcan la planificación del sector y permitan la reducción de sus impactos (Galli et al., 2012).

Metodología

Se desarrolló un estudio de caso simple (Alonso, 2003) del casco urbano del municipio de Puerto Nariño (Colombia) (ver figura 1), un área de 2 km² y con una población de 4942 habitantes. El enfoque de investigación comprende la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2008).

Para el cálculo de la huella de carbono se empleó el *GHG Protocol* (Greenhouse Gas), en español el *Protocolo GEI* (gases de efecto invernadero), que fue desarrollado por el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), el World Resources Institute (WRI) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

El protocolo se basa en establecer unos límites para el cálculo y la cuantificación de las emisiones en tres alcances diferentes: (1) emisiones directas de GEI; (2) emisiones indirectas de GEI asociadas con la electricidad; y (3) otras emisiones indirectas.

De acuerdo con la metodología del *Protocolo GEI*, el primer paso para el desarrollo de la investigación fue definir los límites del estudio: se seleccionó solo el área urbana del municipio de Puerto Nariño por considerar razones técnicas y propias de la investigación. Entre las razones técnicas se tiene que el casco urbano, por ser un lugar al cual se accede únicamente por vía fluvial, no es parte del sistema interconectado nacional de energía. Allí se manejan de manera directa las actividades objeto de levantamiento de la línea base en la presente investigación y

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio a partir de imágenes tomadas de Google Earth Pro-2020



Nota. Tomado de Sandoval (2020). Ubicación: situado a orillas del río Loretoyaco, a 87 km de Leticia (capital del departamento) y a 1.240 km de Bogotá (capital del país). Extensión total: 1.876 km²; urbana: 2 km²; rural, 1.874 km².

que pueden ser objeto de cuantificación con un mínimo margen de error, que permiten calcular una huella de carbono que evidencie el impacto y la generación de gases de efecto invernadero.

El casco urbano fue seleccionado porque es el punto de entrada de los turistas, tanto de los que permanecen en la zona como de aquellos que se desplazan a otros puntos, como Lagos de Tarapoto, principal atractivo turístico natural, o comunidades indígenas como la de San Martín de Amacayacu. Así mismo, allí es donde se ubica la oferta turística, entendida esta como el conjunto de bienes o servicios puestos en el mercado, tanto de tipo primordial (recursos turísticos) como complementario (empresas que componen el equipamiento turístico, restauración, ocio, comercio).

El segundo paso fue establecer la información de la línea base de las principales fuentes de emisión de GEI derivadas de las actividades que se desarrollan en el casco urbano de Puerto Nariño y que podían ser claramente cuantificadas. Para fijar esta línea base y facilitar el trabajo, se clasificaron en tres categorías las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero, siguiendo lo establecido en la metodología del *Protocolo GEI*:

- Directas (alcance 1). Emisiones de GEI provenientes de fuentes situadas dentro de los límites del casco urbano. En el caso del proyecto, se identificaron tres fuentes: consumo de gas propano, cantidad de residuos sólidos y gases refrigerantes (entre los cuales se identificaron los que son utilizados en neveras, congeladores y sistemas de aire acondicionado).
- Indirectas (alcance 2). Emisiones de GEI que se producen como consecuencia de la utilización de la energía suministrada

en red en los límites del casco urbano. Para determinar la línea base de este alcance, se tomó el consumo de energía eléctrica en kW/h.

- Otras indirectas (alcance 3). El resto de las emisiones de GEI que se producen fuera de los límites del municipio como resultado de las actividades que tienen lugar dentro del área definida. En el caso del estudio, se calcularon las emisiones producto del consumo de combustible por parte de los “rápidos”, que son las empresas encargadas del transporte fluvial tanto de pasajeros como de carga liviana desde Leticia hasta Puerto Nariño y viceversa.

Cabe señalar que, para facilitar la obtención de información y estimar los GEI en el casco urbano del municipio, se clasificaron las fuentes generadoras por sectores: comercial, hotelero, administrativo y residencial.

El último paso para el cálculo de la huella de carbono del área delimitada fue mediante la aproximación más común para calcular las emisiones de GEI, que es la aplicación de factores de emisión documentados a nivel internacional, lo que describe el IPCC como metodología nivel 1. Cabe señalar que los “factores son cocientes calculados que relacionan emisiones de GEI a una medida de actividad en una fuente de emisión” (WBCSD, WRI y SEMARNAT, 2006, p. 48), para lo cual se utiliza la siguiente fórmula general, que permite el cálculo de las emisiones en CO₂ equivalentes:

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{Datos de actividad} \times \text{Factor de emisiones (FE)}$$

Para realizar la selección de los factores de emisión, se siguieron las sugerencias del IPCC descritas en el documento de Eggleston et al. “IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by

the National Greenhouse Gas Inventories Programme”, publicado en 2006, que las clasifica en tres niveles o *tiers* en función de su exactitud e información requerida.

El nivel 1 es el menos detallado, pero, a su vez, el más fácil de emplear, y fue el utilizado en la presente investigación. Se trata del uso de factores de emisión relacionados con información socioeconómica, que generalmente presenta un amplio espectro y utiliza información general de la actividad evaluada, asociada de forma sectorial. Los factores de emisión para calcular el impacto de la actividad por lo general son tomados de fuentes de información estadística nacionales o internacionales, los balances nacionales de energía, etc.

El nivel 2 se fundamenta en métodos específicos, como factores de emisión calculados a partir del proceso, y el balance de masas, de forma que se pueda determinar la cantidad de emisiones.

El nivel 3 se realiza con una evaluación rigurosa y específica de la fuente, tipo *bottom-up*, o de abajo hacia arriba, que requiere de inventarios detallados de la infraestructura y de factores de emisión específicos o la determinación de emisiones en la fuente.

Como se mencionó, para este estudio se utilizó el nivel 1. Esto significa que se tiene un menor detalle, ya que se emplearon factores de emisión por defecto tomados de la literatura y, en algunos casos, datos de actividad también extraídos de fuentes internacionales; sin embargo, la recolección de información se hizo de forma que fuera estadísticamente representativa.

Para estimar el tamaño de la muestra para la recolección de la información con el fin de establecer la línea base, se utilizaron los datos del censo realizado por la Oficina de

Planeación Municipal en 2018, en el que se indica que la infraestructura total municipal es de 394 edificaciones, cantidad que se puede dividir así: 50 de tipo comercial, 15 del sector hotelero, 23 utilizadas por la parte administrativa y 306 de tipo residencial. Se trabajó con una muestra representativa con un nivel de confianza del 99% y un margen de error del 5%, lo que significó la recolección de datos de 276 lugares, distribuidos de la siguiente forma: 49 comerciales, 12 hoteleros, 22 administrativos y 193 residenciales.

La información se recabó mediante oficinas, entrevistas y encuestas realizadas en campo. Las comunicaciones fueron enviadas a la Empresa de Energía Eléctrica del Amazonas (ENAM) “La triple A”, encargada del relleno sanitario del municipio, y a las empresas encargadas de los rápidos (transporte fluvial). Sin embargo, es necesario aclarar que no se recibió respuesta de estas últimas, por lo que se realizó la estimación de acuerdo con los datos recolectados a partir de trabajo en campo y las conversaciones con los conductores de las embarcaciones.

Finalmente, con el valor de la huella de carbono se procedió a estimar la ecológica, para evidenciar el área necesaria que la naturaleza requería para fijar en la vegetación, como sumidero de CO₂, la cantidad de GEI emitidos por las actividades calculadas. De esta forma, se busca visualizar mejor el alcance y el tipo de demanda que la humanidad está imponiendo sobre los sistemas naturales, que, en el caso específico de este estudio, se producen sobre la selva húmeda tropical: la Amazonia.

Resultados

Límites del estudio

La zona de estudio de este proyecto fue el casco urbano del municipio de Puerto

Nariño, con un área de 2 km² y una población residente de 4942 habitantes. El único acceso desde Leticia (capital departamental) es por vía fluvial, navegando el río Amazonas, que luego, a la altura del municipio, se une a la bocana del río Loretoyacu, en un trayecto de 87 km, aproximadamente, en una zona de bosque inundable o de várzea (bosque que crece en llanuras inundables), lo cual sucede en período de aguas altas o en ascenso, fenómeno que se da en el primer semestre del año (Morales-Betancourt, 2014).

El municipio limita por el norte con la República del Perú y el resguardo indígena Cotohué (Putumayo); por el sur, con el río Amazonas y el parque nacional natural Amacayacu; por el oriente, con el parque nacional natural Amacayacu; y por el occidente, con el río Amazonas y la República del Perú.

La zona urbana se divide en seis barrios: Los Baos, Progreso, Loma Linda, 8 de Diciembre, 13 de Mayo y Zona Centro. Cabe resaltar el barrio Loma Linda, que se ubica entre la carrera 5 y las calles 3 y 4. Este es el barrio más pequeño, pero en él se encuentran importantes sitios turísticos, como la maloka indígena Los Pensadores; además, es la zona de acceso al resguardo de San Martín de Amacayacu a través de una ecovía que, a su vez, es un atractivo en sí.

Recopilación de datos y cálculo de la huella de carbono

A continuación, se presentan los datos de la línea base y el cálculo de la huella de carbono de forma conjunta, para permitir un mejor entendimiento de las estimaciones realizadas. El cálculo se hizo de acuerdo con los alcances definidos en la parte metodológica.

• Alcance 1

Como se mencionó en la metodología, en este alcance se tuvieron en cuenta tres

actividades para el cálculo de la huella de carbono: generación de residuos sólidos, consumo de gas propano y uso de gases refrigerantes, las cuales se detallan a continuación.

Actividad. Generación de residuos sólidos

Puerto Nariño cuenta con un relleno sanitario llamado “Guhire Meane”, que se encuentra en la parte alta del municipio. Conforme al contrato 001400, suscrito el 26 de septiembre de 2018, este relleno recibió presupuesto para su adecuación por parte del Consorcio Gestión Integral Residuos Sólidos Municipio de Puerto Nariño. De acuerdo con esta información, así como con las visitas realizadas al relleno y las conversaciones con los funcionarios encargados de su gestión, se evidencia un manejo adecuado, lo cual es un elemento importante para determinar el factor de emisión más apropiado en el momento de efectuar el cálculo del aporte de GEI.

En el año 2019 se realizaron mediciones del peso de los residuos recibidos hasta el mes de julio, tarea llevada a cabo por parte de la empresa encargada, pero por problemas administrativos no se complementó la medición anual. Por lo anterior, para efectuar el cálculo de la línea base del año 2019, en la presente investigación se promediaron los kilogramos generados y medidos por el relleno sanitario mensualmente, con lo cual se estimó el dato para las fechas faltantes de medición (agosto a diciembre) (ver tabla 1).

Tabla 1. Residuos que ingresaron al relleno sanitario de Puerto Nariño durante el año 2019

<i>Mes</i>	<i>Residuos en (kg)</i>	<i>Fuente</i>
enero	10 519	La triple A
febrero	9966	La triple A
marzo	9829	La triple A

Mes	Residuos en (kg)	Fuente
abril	10 212	La triple A
mayo	9718	La triple A
junio	9939	La triple A
julio	10 658	La triple A
agosto	10 120	Promedio de los primeros 7 meses
septiembre	10 120	Promedio de los primeros 7 meses
octubre	10 120	Promedio de los primeros 7 meses
noviembre	10 120	Promedio de los primeros 7 meses
diciembre	10 120	Promedio de los primeros 7 meses
<i>Total</i>	<i>121 441</i>	

Nota. Adaptada con base en Sandoval (2020).

De acuerdo con el IPCC (2006), para poder calcular el factor de corrección de los residuos se debe conocer la cantidad de materia orgánica degradable (DDOCm) contenida en los residuos sólidos dispuestos, calculada como el producto entre la cantidad de residuos (W), la fracción de carbono orgánico degradable contenido en los desechos (DOC), la fracción de carbono orgánico degradable que se descompone bajo condiciones anaeróbicas y el factor de corrección de CH₄ (MCF). Teniendo en cuenta el alcance de la presente investigación y que en “Guhire Meane” no se calcula la cantidad de materia orgánica degradable (DDOCm), después de revisar literatura sobre rellenos sanitarios en Colombia se tomó la decisión de emplear el factor de emisión calculado para el de Yotoco, que sirve al municipio de Cali y tiene elementos similares. Por lo tanto, el factor de emisión que se utilizó para el cálculo fue el de 1,2 t de CO₂ equivalentes/ toneladas de residuos (Alcaldía de Santiago de Cali, 2016).

La fórmula de cálculo fue la general, presentada en la metodología y utilizada para todos los cálculos:

Emisiones de GEI = Datos de actividad × Factor de emisiones (FE)

De acuerdo con la fórmula, se tienen 121 441 t de residuos sólidos x 1,2 t CO₂e/t de residuos = 145,73 t de CO₂ equivalentes.

Actividad. Consumo de gas propano

Para determinar el consumo de gas, los cuatro establecimientos que venden gas y que se ubican en el casco urbano fueron encuestados, de ahí se obtuvo la información que se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Venta de gas propano en el año 2019

<i>Cantidad de pipetas de gas propano que se utilizan en el municipio</i>				
<i>Datos proporcionados en los lugares que venden el gas en el municipio</i>				
<i>Lugar</i>	<i>Cantidad de pipetas de 10 kg / mensual</i>	<i>Cantidad de pipetas de 10 kg / anual</i>	<i>Cantidad de pipetas de 20 kg / mensual</i>	<i>Cantidad de pipetas de 20 kg / anual</i>
Regalías	0	0	0	0
La Tigresa	80	960	20	240
Airuwe	168	2016	0	0
Comercializadora Zipa	8	96	8	96
Total pipetas vendidas	256	3072	28	336
<i>Total kilogramos de gas vendidos en 2019</i>				<i>37 440</i>

Nota. Adaptada con base en Sandoval (2020).

Con la línea base equivalente a las cantidades de gas consumido, se utilizó el factor de emisión calculado por la Oficina Catalana de Canvil Climàtic y especificado en su

Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero de 2013, el cual es de 2,94 kg de CO₂ equivalentes/kg de gas propano.

Tabla 3. Emisiones de CO₂eq por consumo de gas propano en el año 2019

Emisiones de CO ₂ eq/año (t de CO ₂ eq/año con datos de lugares que venden el gas)	Kg de gas / año	Factor de emisión del combustible en kg de CO ₂ /kg	Emisiones en kg de CO ₂ eq/año	Emisiones en t de CO ₂ eq/año
	37 440	2,94	110 073,60	110,07

Nota. Adaptada con base en Sandoval (2020).

Actividad. Uso de gases refrigerantes

Para establecer la línea base, se recabó información de los gases refrigerantes que utilizan los electrodomésticos —como neveras, congeladores y aires acondicionados— presentes en el sector comercial, hotelero, administrativo y residencial, para lo cual se acopió información de 276 lugares de los descritos anteriormente. Se encontró que se emplean los siguientes tipos de refrigerantes: R22, R410a, R600a, R134a y R29; cabe señalar que el R22 es un gas refrigerante que debe ser reemplazado de acuerdo con lo establecido en el Protocolo de Montreal, acuerdo internacional vinculante suscrito por Colombia, cuyo objetivo principal es realizar el control de la producción y del consumo de sustancias que gradan la capa de ozono.

Para su cuantificación, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Emisiones de Gr} = \sum \text{cantidad de gases refrigerantes por vivienda (Kg)}$$

$$\text{GR} = \text{gases refrigerantes}$$

Tabla 4. Emisiones de CO₂eq por consumo de gases refrigerantes en el año 2019

Gas refrigerante	Σ cantidad de gases refrigerantes (kg/año)	Factor de emisión	Factor de conversión kg/gr	Emisiones en kg de CO ₂ eq/año	Toneladas de CO ₂ eq/año
R22	2,150	1810	0,001	3891,5	3,8915
R410a	2,790	2088	0,001	5825,52	5,82552
R600a	6,091	3	0,001	18,273	0,018273
R134a	16,777	1430	0,001	23 991,1	23,9911
R290	0,859	3,3	0,001	2,83	0,00283
Total				33 729,223	33,729223

Nota. Adaptada con base en Sandoval (2020).

• Alcance 2

En este alcance se calcularon las emisiones de GEI que se producen como consecuencia de la utilización de la energía suministrada en red dentro de los límites del casco urbano; como se detalla más adelante, la energía consumida también es generada en sus límites geográficos.

Actividad. Consumo de energía

Puerto Nariño cuenta en su casco urbano con una central eléctrica de generación con diésel, la cual proporciona el 100% de la energía que se consume. Cabe señalar que el municipio no forma parte del sistema interconectado colombiano.

Debido a lo anterior, no es posible utilizar el valor del factor marginal de emisión de gases de efecto invernadero establecido por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) mediante la Resolución 642 de 2019. Por lo tanto, el valor fue tomado de estudios similares, como el realizado por Campos y Gutiérrez-Fernández (2015), denominado

Tabla 5. Emisiones de CO₂eq por consumo de energía en el año 2019

Sector	Consumos de energía (kWh/mensual)	Consumos de energía (kWh/año)	Factor de emisión (kg CO ₂ eq/kWh)	Emisiones de CO ₂ eq/año (kg de CO ₂ eq)	Emisiones de CO ₂ eq/año (t de CO ₂ eq/año)
Comercial	16 924	203 088	1,2282	249 432,682	249,4327
Hotelero	5613	67356	1,2282	82 726,639	82,7266
Administrativo	10 619	127 428	1,2282	156 507,070	156,5071
Residencial	29 203	350 436	1,2282	430 405,495	430,4055
Total	62 359	748 308	1,2282	919 071,886	919,0719

Nota. Adaptada con base en Sandoval (2020).

“Estimación de la huella de carbono del destino turístico de Leticia–Amazonas, Colombia y diseño de una propuesta de manejo de las principales emisiones de gases efecto invernadero”. Dicho valor fue empleado en el estudio titulado “Determinación de la huella de carbono con base en las principales fuentes generadoras de GEI del municipio de Puerto Nariño”, y fue elaborado por los funcionarios del gobierno municipal en 2016 (Alcaldía Municipal de Puerto Nariño, 2016b), fecha desde la cual no se calculaba la huella de carbono; cabe resaltar que la huella ecológica no había sido estimada anteriormente.

De acuerdo con lo anterior, se tiene:

Emisiones de GEI = 748 308 kWh/año x 1,228 (FE) = 919,0719 t de CO₂eq/año

• Alcance 3

Actividad. Consumo de combustible por parte de las empresas de transporte fluvial

Para calcular la huella de carbono que se genera por el transporte fluvial, se monitoreó la actividad de las tres empresas que operan la ruta Leticia-Puerto Nariño y viceversa. Con la información recolectada, se establecieron los días en que cada una

presta el servicio (ya que tienen acuerdos entre ellas para la prestación del servicio), el tamaño promedio de las embarcaciones y el consumo de combustible.

Tabla 6. Kilómetros recorridos y consumo de combustible del transporte fluvial en el año 2019

Empresa	Kilómetros recorridos por año	Total consumo galones de gasolina
Líneas Amazónicas S. A. S.	68 320	27 165
Expresos Unidos Tres Fronteras E. U.	67 760	34 001
Transporte Fluvial de Amazonas	68 320	30 215
Total	204 400	91 381

Nota. Adaptada con base en Sandoval (2020).

Se pudo establecer que el consumo de combustible de la empresa Expresos Unidos es mayor a pesar de realizar menos kilómetros de recorrido, ya que esta es la compañía que utiliza embarcaciones de mayor capacidad (60 pasajeros en promedio) y los motores son de dos tiempos, por lo que son menos eficientes. Por su parte, Líneas Amazónicas cuenta con motores de cuatro tiempos y embarcaciones más pequeñas.

Para el factor de emisión se tomó el valor calculado por la UPME, específicamente el del factor de emisión de combustibles colombianos (FECOC) para la gasolina de motor, que es de 8,808 KgCO₂/Gal (Incombustión Unión Temporal, 2016). Se obtuvieron los siguientes resultados:

Emisiones de GEI = 91 381 galones de gasolina de motor \times 8,89 = 812 377,09 kg CO₂eq.

De acuerdo con los tres alcances, la huella de carbono para el municipio de Puerto Nariño durante el año 2019 fue de 2020,98 t de CO₂eq/año (ver tabla 7).

Tabla 7. Cálculo de la huella de carbono total del municipio de Puerto Nariño en el año 2019

Tipo de alcance	Actividad	t de CO ₂ eq/año	Huella total t de CO ₂ eq/año
Alcance 1	Disposición de residuos urbanos	145,73	289,53
	Uso de gas propano	110,07	
	Uso de gases refrigerantes	33,73	
Alcance 2	Consumo de energía	919,07	919,07
Alcance 3	Consumo de gasolina de motor	812,38	812,38
<i>Total</i>			2020,98

Nota. Elaboración propia (2020).

Cálculo de la huella ecológica

Para la estimación de la huella ecológica se consideró emplear los datos de Vicuña-Miñano et al. (2018). Los autores estimaron en 0,52 t el carbono fijado por hectárea por año; estos datos se obtuvieron de mediciones en 70 parcelas de monitoreo permanente instaladas en el interior del bosque

amazónico, en áreas naturales protegidas y en zonas de amortiguamiento, durante un período de seguimiento de 27 años (1990-2017). Utilizando la tasa de fijación para bosques amazónicos primarios, se tiene que, para compensar la huella de carbono de Puerto Nariño, se requieren 3886,5 ha de selva húmeda tropical.

Puerto Nariño tiene una superficie total (área urbana y rural) de 1876 km². No obstante, teniendo en cuenta que el área que fue objeto de análisis fue la urbana, se utilizó la extensión de esta, la cual es de 2 km². De acuerdo con la huella de carbono, se requieren 3886,5 ha de bosque primario, equivalentes a 38,865 km² o, lo que es igual, 19,43 veces la zona urbana. Si el cálculo se realiza con toda la extensión del municipio, solo se necesita el 2,07% del territorio para absorber el dióxido de carbono generado.

Análisis de resultados

Se establece que la principal actividad generadora de dióxido de carbono es el consumo energético. Esto se debe, en gran medida, a que Puerto Nariño no forma parte del sistema interconectado nacional, el cual tiene un factor de emisión de 0,381 t de CO₂eq/MWh (Resolución 642 de 2019 de la UPME), que es bastante más bajo que el de generación con la planta de energía de Puerto Nariño.

Si el municipio perteneciera al sistema interconectado, la emisión sería de 285,11 t de CO₂eq/año por consumo energético, lo cual dejaría al transporte fluvial como la actividad más contaminante, y eso sería congruente con lo mencionado en la parte introductoria y que Lenzen et al. (2018) señalaron: que, en el turismo, el transporte contribuye de manera significativa a la generación de gases de efecto invernadero. Dada la imposibilidad, en la actualidad, de que Puerto Nariño sea parte del sistema

interconectado de energía nacional por su ubicación, se debe pensar en la generación de energía con fuentes renovables no convencionales.

El dato calculado en la presente investigación para la emisión de CO₂ equivalente por consumo de energía para el año 2019, que fue de 919,07 t de CO₂eq/año, es un 70,8% del consumo calculado por la Alcaldía municipal para 2016, ya que en ese período la estimación estuvo en 1296,73 t de CO₂eq/año.

Lo anterior se debe a que el cálculo realizado en 2016 incluyó todo el consumo de energía generada en la planta eléctrica, y esta proporciona electricidad a los caseríos aledaños, incluido el internado, pero que están por fuera del casco urbano.

La segunda actividad generadora de GEI en el municipio, como se mencionó, es el transporte fluvial, con 812,38 t de CO₂eq/año, lo cual es coherente con que sea la única forma de acceso a Puerto Nariño. Por esta razón, deberían establecerse acciones para disminuir su impacto, como protocolos de mantenimiento y reemplazo de motores, migrando hacia tecnológicas más eficientes, y realizar un estudio de frecuencias para lograr movilizar la mayor cantidad de pasajeros por trayecto.

Como tercera fuente de emisiones se encuentra la disposición de residuos urbanos. Este valor es aproximado, ya que no se tiene un conocimiento exacto de la composición de los elementos que se están disponiendo y tampoco se realizó el pesaje por parte de la empresa encargada durante todo el año 2019. Los valores de generación de GEI por tonelada de residuos en Colombia son superiores a los de países como España, que reporta 0,324 t de CO₂eq/t de residuos (Gobierno Vasco, 2008), lo cual puede deberse a una escasa cultura de reciclaje y

reutilización; sin embargo, por el tipo de economía de Puerto Nariño es previsible que se puedan implementar políticas en este sentido.

Pese a lo señalado anteriormente, se deben realizar estudios, ya que el hecho de tener un único acceso al casco urbano por medio fluvial puede ser contraproducente y aumentar la generación de GEI al requerir desplazar los residuos objeto de reuso o reciclaje.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados de las huellas de carbono y ecológica, se puede establecer que existen potenciales condiciones de insostenibilidad debido al crecimiento del sector turismo y sus consecuentes emisiones de GEI en la zona urbana perteneciente al municipio de Puerto Nariño, que requeriría de un área de bosque primario 19,43 veces mayor a su superficie urbana destinada a estoquear mediante la fotosíntesis el dióxido de carbono que emiten las actividades que se evaluaron en el presente estudio (disposición de residuos urbanos, uso de gas propano y de gases refrigerantes, consumo de energía y de gasolina de motor). Si se incluye la zona rural, ese nivel de emisión se ve compensado, lo cual puede verse como un subsidio de las externalidades negativas que traen consigo la actividad turística y la mayor densidad poblacional que se presenta en el casco urbano.

Lo anterior obliga a que se revise la forma de realizar turismo dentro del área urbana del municipio o a que se generen los mecanismos de compensación necesarios, de forma que realmente se hable de una actividad sostenible en el tiempo. Entre estos mecanismos de compensación puede estar la compra de bonos de CO₂ o el pago por los servicios ambientales que produce la zona rural, por ser un sumidero de GEI.

Se recomienda que el cálculo de la huella de carbono de destinos como Puerto Nariño —donde se recibe una gran cantidad de visitantes y que no se encuentra conectado por ningún tipo de vía terrestre— contemple en el futuro el origen de los turistas, con el fin de incluir los viajes aéreos en esta.

El cálculo de la huella de carbono requiere de información precisa sobre las fuentes generadoras de GEI, sin embargo, el sector gubernamental generalmente no cuenta con dicha información, por eso es necesario realizar trabajo en campo. Además, en Colombia no se tienen definidos varios factores de emisión, por lo que llegar a un nivel 3 en el cálculo de la huella de carbono implicaría una mayor envergadura de este tipo de estudios, ya que en este nivel se usan métodos de orden superior, incluyendo modelos y sistemas de medición de inventarios adaptados a las circunstancias nacionales y repetidos en el tiempo.

Por lo general, si el crecimiento del flujo de visitantes no va acompañado de programas de sostenibilidad, hace que se incrementen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI o GHG, por su sigla en inglés) asociadas con las actividades turísticas. Por eso es necesario, como primer paso para su reducción, calcular la huella de carbono, en este caso, la del casco urbano del municipio de Puerto Nariño.

Referencias

Alcaldía de Santiago de Cali. (2016). *Evaluación de la huella de carbono y huella hídrica, ciudad de Santiago de Cali, Colombia*. <https://www.cali.gov.co/dagma/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=descargar&idFile=24382>

Alcaldía Municipal de Puerto Nariño. (2016a). *Plan de Desarrollo 2016-2019. “Por la oportunidad de la gente”*. https://puertonarinoamazonas.micolombiadigital.gov.co/sites/puertonarinoamazonas/content/files/000063/3110_plan-de-desarrollo-20162019.pdf

Alcaldía Municipal de Puerto Nariño. (2016b). *Determinación de la huella de carbono con base en las principales fuentes generadoras de GEI del municipio de Puerto Nariño. Puerto Nariño–Colombia*.

Alonso, J. C. (2003). El estudio de caso simple: un diseño de investigación cualitativa. En *Textos de política y relaciones internacionales* (pp. 1-33). Pontificia Universidad Javeriana.

Becken, S. (2019). Decarbonising tourism: Mission impossible? *Tourism Recreation Research*, 44(4), 419-433. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02508281.2019.1598042>

Campos, D. y Gutiérrez-Fernández, F. (2015). Estimación de la huella de carbono del destino turístico de Leticia-Amazonas, Colombia y diseño de una propuesta de manejo de las principales emisiones de gases de efecto invernadero. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 11(1), 2-15. <https://dx.doi.org/10.4067/287>

Cadarso, M. Á., Gómez, N., López, L. A., Tobarra, M. Á. y Zafrilla, J. E. (2015). Quantifying Spanish tourism’s carbon footprint: The contributions of residents and visitors: A longitudinal study. *Journal of Sustainable Tourism*, 23(6), 922-946. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09669582.2015.1008497>

Díaz, F., Álvarez, J., González, O., Jiménez, V., Bethencourt, M., Vera, J., Fernández, C., Clivaz, C. y Matos-Wasem, R. (2006). *Política turística: la competitividad y sostenibilidad de los destinos*. Editorial Tirant Lo Blanch.

Dwyer, L., Forsyth, P., Spurr, R. y Hoque, S. (2010). Estimating the carbon footprint of Australian tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 18(3), 355-376. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09669580903513061>

Dwyer, L., Forsyth, P., Spurr, R. y Hoque, S. (2010). Estimating the carbon footprint of Australian tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 18(3), 355-376. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09669580903513061>

- Eggleston, H. S., Buendía, L., Miwa, K., Ngara, T. y Tanabe, K. (Eds). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. Vol. 1. *General guidance report*. IPPC e IGES. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol1.html>
- El Hanandeh, A. (2013). Quantifying the carbon footprint of religious tourism: The case of Hajj. *Journal of Cleaner Production*, 52(1), 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.009>
- Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B. y Giljum, S. (2012). Integrating ecological, carbon and water footprint into a “footprint family” of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological Indicators*, 16, 100-112. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.017>
- Gobierno Vasco. (2008). *Guía técnica para la medición, estimación y cálculo de las emisiones al aire*, 7, 23-26.
- Gutiérrez-Fernández, F. y Montoya, L. (2014). La huella de carbono como herramienta para lograr una producción sostenible en un cultivo de flores ubicado en la sabana de Bogotá – Colombia. *Revista de Tecnología*, 13(3), 73-86. <https://doi.org/10.18270/rt.v13i3.1858>
- Hall, M. (2011). Policy learning and policy failure in sustainable tourism governance: From first- and second-order to third-order change? *Journal of Sustainable Tourism*, 19(4-5), 649-671. <https://doi.org/10.1080/09669582.2011.555555>
- Hall, M. (2019). Constructing sustainable tourism development: The 2030 Agenda and the managerial ecology of sustainable tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 27(7), 1.044-1.060. <https://doi.org/10.1080/09669582.2018.1560456>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. P. (2008). *El matrimonio cuantitativo cualitativo: el paradigma mixto* (Ponencia). 6.º Congreso de Investigación en Sexología, Instituto Mexicano de Sexología, A. C. y Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México.
- Incombustión Unión Temporal. (2016). *Consultoría técnica para el fortalecimiento y mejora de la base de datos de los factores de emisión de los combustibles colombianos — FECOC*. http://www.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones/aplicacion/INFORME_FINAL_FECOC_2015.pdf
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Departamento Nacional de Planeación (DNP) y Cancillería. (2017). *Acciones de mitigación en Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería y Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).
- Kitamura, Y., Ichisugi, Y., Karkour, S. e Itsubo, N. (2020). Carbon footprint evaluation based on tourist consumption toward sustainable tourism in Japan. *Sustainability (Switzerland)*, 12(6), 1-23. <https://doi.org/10.3390/su12062219>
- Lenzen, M., Sun, Y-Y., Faturay, F., Ting, Y., Geschke, A. y Malik, A. (2018). The carbon footprint of global tourism. *Nature Climate Change*, 8(6), 522-528. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0141-x>
- Morales-Betancourt, D. (2014). Capacidad de carga física y real para atractivos turísticos priorizados y vías de acceso en el casco urbano de Puerto Nariño, Amazonas. *Turismo y Sociedad*, 15, 167-186. <https://doi.org/10.18601/01207555.n15.10>
- Morillo-Moreno, M. (2011). Turismo y producto turístico. Evolución, conceptos, componentes y clasificación. *Visión*

- Gerencial*, (1), 135-158. <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545890011.pdf>
- Oficina Catalana de Canvil Climàtic (OCCC). (2013). *Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)*. OCCC. https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/files/2013/07/Guia-practica-calcul-emisiones_rev_ES.pdf
- Pandey, D., Agrawal, M. y Pandey, J. S. (2011). Carbon footprint: Current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1-4), 135-160. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1678-y>
- Planeación Municipal. (2018). *Censo consolidado por casas censadas y personas censadas para el 2018 [Anexo 6]*. Recuperado de archivos de Planeación.
- Rodríguez Buitrago, A. M. y Gutiérrez-Fernández, F. (2017). Reducción de la huella de carbono por medio de la implementación de un sistema fotovoltaico en el sector hotelero. Caso de estudio Anaira Hostel (Leticia-Amazonas-Colombia). *Revista de Tecnología*, 16(1), 169-182. <https://doi.org/10.18270/rt.v16i1.2323>
- Rutty, M., Gössling, S., Scott, D. y Hall, C. (2015). The global effects and impacts of tourism. En C. Hall, S. Gössling y D. Scott (eds.), *The Routledge Handbook of Tourism and Sustainability* (pp. 36-62). Routledge.
- Sandoval, D. (2020). *Formulación de acciones de mitigación de GEI a partir del cálculo de la huella de carbono para Puerto Nariño-Amazonas* [Trabajo de grado]. Universidad El Bosque.
- Scott, D., Hall, C. M. y Gössling, S. (2016). A review of the IPCC Fifth Assessment and implications for tourism sector climate resilience and decarbonization. *Journal of Sustainable Tourism*, 24(1), 8-30. <https://doi.org/10.1080/09669582.2015.1062021>
- Scott, D., Gössling, S., Hall, C. M. y Peeters, P. (2016). Can tourism be part of the decarbonized global economy? The costs and risks of alternate carbon reduction policy pathways. *Journal of Sustainable Tourism*, 24(1), 52-72. <https://doi.org/10.1080/09669582.2015.1107080>
- Scott, D., Hall, C. M. y Gössling, S. (2019). Global tourism vulnerability to climate change. *Annals of Tourism Research*, 77, 49-61. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2019.05.007>
- Servicio de Información sobre Sitios Ramsar. (s. f.). *Complejo de humedales Lagos de Tarapoto*. <https://rsis.ramsar.org/es/ris/2336>
- Sharpley, R. (2020). Tourism, sustainable development and the theoretical divide: 20 years on. *Journal of Sustainable Tourism*, 28(11), 1.932-1.946. <https://doi.org/10.1080/09669582.2020.1779732>
- Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (2015). *Factores de emisión de combustibles colombianos*. http://www.upme.gov.co/CalculadoraEmisiones/Calculadora_emisiones.asp
- Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (2019). Resolución 642 de 2019. Por medio de la cual se actualiza el factor marginal de emisión de gases efecto invernadero del Sistema Interconectado Nacional – 2018, para proyectos aplicables al Mecanismo de Desarrollo Limpio-MDL. https://www1.upme.gov.co/Normatividad/642_2019.pdf
- Vicuña-Miñano, E., Baker, T., Banda-R, K., Honorio-Coronado, E., Monteagudo, A., Phillips, O. L., Del Castillo-Torres, D., Farfán-Ríos, W., Flores, G., Huaman, D., Tante-Huaman, K., Hidalgo-Pizango, G., Lojas-Alemán, E., Pickavance, G. C., Ríos, M., Rojas, M., Salinas, N. y Vásquez-Martínez, R. (2018). El sumidero de carbono en los bosques primarios. *Folia Amazónica. Revista del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana*, 27(1), 101-109. <https://doi.org/10.24841/fa.v27i1.456>

Wackernagel, M. y Rees, W. E. (1996). *Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth* (1.ª ed.). New Society Publishers.

Wiedmann, T. y Minx. J. (2007). Definition of carbon footprint. En C. C. Pertsova (ed.), *Ecological economics research trends* (pp. 1-11). Nova Science Publishers, Hauppauge.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), World Resources Institute (WRI) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2006). *Protocolo de gases efecto invernadero. Estándar corporativo de contabilidad y reporte* (Edición revisada). WBCSD, WRI y SEMARNAT. [https://ghgprotocol](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf).

[org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf)

World Tourism Organization (UNWTO) y United Nations Development Programme el Desarrollo (UNDP). (2017). *Tourism and the Sustainable Development Goals – Journey to 2030*. UNWTO. <https://doi.org/10.18111/9789284419401>

Zhiyong, H., Tao, L. y Ximei, L. (2021). Temporal and spatial characteristics and evolution of China's inbound tourism carbon footprint. *Journal of Resources and Ecology*, 12(1), 56-67. <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2021.01.006>