

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de ciencias biológicas y ambientales**

**Estimación de la huella de carbono del transporte de carga  
marítimo hacia las islas Galápagos**

**Luis Jorge Olaya Ramon**

**Licenciatura en gestión ambiental**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Licenciado en gestión ambiental

Puerto Baquerizo Moreno, 28 de abril de 2022

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de ciencias biológicas y ambientales**

## **HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Título del Trabajo de la materia final de carrera**

**Luis Jorge Olaya Ramon**

**Andres Pazmiño Jaramillo, candidato a PhD**

**Puerto Baquerizo Moreno, 28 de abril de 2022**

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Luis Jorge Olaya Ramon

Código: 00202705

Cédula de identidad: 2000064754

Lugar y fecha: Puerto Baquerizo Moreno, 24 de febrero del 2022

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

## RESUMEN

El crecimiento demográfico de las islas Galápagos conlleva al aumento de la demanda de bienes de consumo y de servicios. Dado que la mayoría de bienes requeridos en las industrias y hogares insulares provienen del Ecuador continental, y son transportados mayoritariamente por vía marítima en barcos de carga, se genera un impacto ambiental significativo. Una de las principales herramientas para medir el impacto ambiental de una industria o actividad es la huella de carbono. Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo realizar una estimación de la huella de carbono del transporte marítimo de bienes entre el Ecuador continental y la región insular.

En el transporte marítimo la huella de carbono se logra medir relacionando la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente producido en una determinada distancia recorrida. Mediante una revisión bibliográfica se determinó un valor de CO<sub>2</sub> equivalente por kilómetro recorrido lo que nos permite estimar la huella de carbono del transporte marítimo en Galápagos y de esta manera evaluar las características ambientales de la industria. Estos resultados pueden ayudar a una adecuada toma de decisiones en la administración de las islas, mejorar una de las principales industrias y definir el futuro de la importación y la producción local de bienes para consumo.

## ABSTRACT

The demographic growth of the Galapagos Islands leads to an increase in the demand of goods and services for local consumption. Since most of the goods required in the islands' industries and households come from mainland Ecuador and are transported mainly by cargo ships a significant environmental impact is generated. One of the main tools to measure the environmental impact of an industry or activity is the carbon footprint. This paper aims to estimate the carbon footprint of the freight of goods between mainland Ecuador and the insular region.

In maritime transportation, the carbon footprint is measured by correlating the amount of CO<sub>2</sub> equivalent produced in a certain distance travelled. Through a bibliographic review, we determined the value of CO<sub>2</sub> equivalent produced in a kilometer of transportation, and with this we can evaluate the environmental characteristics of the industry. These results can lead to an adequate decision making in the administration of the islands, improve one of the main industries and define the future of the import and local production of goods.

**TABLA DE CONTENIDO**

Introducción.....	8
Metodología .....	10
Comparación Bibliográfica .....	18
Resultados .....	15
Discusión.....	16
Conclusiones y recomendaciones .....	18
Bibliografía. ....	19

## Introducción

Los actuales desafíos ambientales requieren, entre otras cosas, análisis cuantitativos y cualitativos de las variables que contribuyen al cambio climático. En lugares como las islas Galápagos la correcta medición y análisis de estas variables es esencial para una adecuada toma de decisiones, para la implementación de políticas públicas encaminadas hacia el desarrollo sustentable, para una proactiva lucha contra el cambio climático y para la protección integral de la biodiversidad insular.

Una de las principales necesidades de las islas Galápagos es el transporte de víveres desde el Ecuador continental, estos bienes se transportan principalmente por vía marítima en contenedores desde los puertos costeros del Ecuador hasta las islas pobladas de Galápagos (CGREG, 2020). El transporte de víveres por vía marítima consta de varias etapas; carga, contenerización, embarque, transporte, descontenerización, y distribución. A lo largo de estas etapas se presentan varias amenazas medio ambientales, como el ingreso de especies invasivas, afectaciones a ecosistemas costeros, y la emisión de gases de efecto invernadero debido al transporte marítimo, aéreo y terrestre involucrado en el transporte de bienes (McCollum & Greene, 2010).

Es por esto, que el presente proyecto de investigación tiene como propósito realizar una estimación de la huella de carbono del transporte marítimo de carga entre el Ecuador continental y las islas Galápagos.

El concepto de huella de carbono fue introducido en los años 90s por Rees y Wackernagel como una unidad de medida que permite cuantificar el comportamiento y los resultados de la gestión de industrias bajo los parámetros de los límites medio ambientales. (Widman 2007). Según Widman (2007) algunas de las variables que participan en la medición de la huella de carbono son las emisiones de gases de efecto invernadero, el uso de suelo, energía, materiales crudos entre otros. Dentro de las variables de emisiones de gases de efecto invernadero, la huella de carbono es uno de los principales criterios adoptados para medir el impacto de un producto o proceso



En el caso de las islas Galápagos, los esfuerzos de conservación han llevado la investigación científica a enfocarse en las variables ambientales y biológicas más importantes del archipiélago. Al mismo tiempo, la administración pública y política de la región insular ha llevado a cabo iniciativas de desarrollo enfocadas en la sustentabilidad, la gestión integral de recursos y a la administración y prestación de servicios de calidad, eco amigables y socialmente participativos (CGREG, 2020). No obstante, existe muy poca información disponible sobre criterios de cuantificación del impacto ambiental del transporte de bienes hacia Galápagos.

Por ello, mediante la medición de la huella ecológica de la industria del transporte de carga hacia las islas Galápagos, podremos realizar una estimación de como el medio ambiente se ve afectado por esta actividad. Podremos además entender las relaciones de la comunidad, el medio ambiente y los recursos ambientales con una de las más importantes actividades de la región, el transporte.

Según el censo poblacional realizado por el INEC en el año 2015, la población de Galápagos ha crecido de 1346 habitantes en 1950 a 25,244 habitantes en el 2015. La tasa de hogares en el área urbana ha crecido en un 12.8%, y en un 30.8% en la zona rural (INEC 2015). Este crecimiento demográfico y urbano genera un incremento en la demanda de bienes desde el continente ecuatoriano hacia Galápagos. Es por esta razón que el presente estudio se enfoca en estimar la huella de carbono en el transporte de bienes por vía marítima hacia las islas. Para ello se estima la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente por kilómetro recorrido, y se analiza su aplicabilidad en Galápagos.

**Metodología:**

El presente es un estudio cuantitativo exploratorio que usa fuentes secundarias para la estimación de la huella de carbono del transporte de carga del puerto de Guayaquil hacia Galápagos.

Existen varios mecanismos para calcular la huella de carbono del transporte marítimo de carga, todos estos se expresan en unidades de medida que relacionan el dióxido de carbono equivalente en kilogramos, la distancia recorrida por el barco, la cantidad de combustible y el tipo de combustible utilizado por el barco, el volumen de la carga transportada, el tipo de barco sus dimensiones y su tonelaje. (CEPAL, 2017)

Varios artículos científicos, proyectos de investigación, estudios empresariales, e incluso documentos oficiales de gobiernos y organismos internacionales realizan estas mediciones con el propósito de evaluar la eficiencia y las condiciones medioambientales bajo las cuales se lleva a cabo el transporte de carga de distintos productos como frutas víveres enseres incluso el transporte de combustible (Gonzáles, Soler, Orive, Camarero, 2013).

El transporte marítimo se ha constituido como una de las principales industrias a nivel global, dinamiza la economía en distintos países costeros y proveen de servicios a continentes enteros. Es gracias a la industria del transporte marítimo que en lugares lejanos como a las islas Galápagos podemos acceder a bienes de consumo asequibles. Por esto, en los últimos años se ha incrementado el interés en investigar y entender las condiciones medioambientales bajo las cuales esta industria se lleva a cabo.

La presente investigación se ha llevado a cabo mediante un enfoque metodológico, de revisión bibliográfica y de una comparación de varios artículos científicos en los cuales se mide la huella de carbono del transporte de carga marítima. En estas investigaciones se concluye es la principal unidad de medida de la huella de carbono el transporte de carga marítima es:

$$KgCO_2e/km$$

Esta unidad de medida representa el dióxido de carbono equivalente medido en kilogramos por kilómetro recorrido en un barco de carga. Existen distintas unidades de medida que contrastan las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes con la distancia recorrida, con la cantidad de combustible consumido, con las características del barco de carga, con el volumen o el peso de la carga transportada. Sin embargo, se ha seleccionado esta unidad de medida ya que es la más aceptada y porque existen varios artículos científicos que la usan lo que me permite realizar un análisis comparativo más amplio (Wackernagel, Galli 2007).

### Comparación Bibliográfica:

- Un método para evaluar la huella de carbón del transporte de carga marítimo: un caso de estudio europeo y sus resultados.

En este artículo realizan una estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero en las actividades logísticas en las cadenas de producción, específicamente se realiza una evaluación en la eficiencia de las cadenas de valor del transporte marítimo de frutas y muebles haz un análisis me lo voy a ecológico del transporte entre distintos países de Europa (Rizet, Browne, Cornelis, Leonardi, 2012).

Método y cálculo: Para este análisis se realizan tres estimaciones;

1. La eficiencia energética en la cadena de suministro que se mide en gramos de aceite equivalente relacionados a los Kilogramos de producto.
2. La eficiencia de gases de efecto invernadero en la cadena de suministro (partida desde un almacén, transporte terrestre hasta un terminal marítimo, embarque, transporte, des embarque, y distribución), expresado en gramos de CO<sub>2</sub> equivalentes relacionadas a los kilogramos de producto.
3. La intensidad de los gases de efecto invernadero en el transporte, medido en gramos de CO<sub>2</sub> equivalentes por desarrollo del transporte en 1 tonelada de carga en 1 kilómetro recorrido

Mediante este método se obtienen los siguientes resultados:

- a. Combustión = 859 gCe = 3153 gCO<sub>2</sub>e
- b. Combustión + suministro= 968 gCe = 3.73214 KgCo<sub>2</sub>e/Km

- Evaluando la huella de carbón y la eficiencia energética en cadenas de suministro competitivas. Caso de estudio y de revisión

En este artículo se estiman las emisiones de gases de efecto invernadero en las actividades logísticas en las cadenas de producción, específicamente se realiza una evaluación en la eficiencia de las cadenas de valor del transporte marítimo de frutas y muebles haz un análisis me lo voy a ecológico del transporte entre distintos países de Europa. (Ailong, 2020)

Para este análisis se realizan tres estimaciones. La eficiencia energética en la cadena de suministro que se mide en gramos de aceite equivalente relacionados a los Kilogramos de producto. La eficiencia de gases de efecto invernadero en la cadena de suministro, expresado en gramos de CO<sub>2</sub> equivalentes relacionadas a los kilogramos de producto. La intensidad de los gases de efecto invernadero en el transporte, medido en gramos de CO<sub>2</sub> equivalentes por desarrollo del transporte en una tonelada de carga en un kilómetro recorrido

En este estudio se realiza una investigación similar al anterior en la que se busca calcular la huella de carbón de la industria del transporte marítimo de carga de artículos específicos en ciertos países de Europa, Bélgica, Francia, Reino Unido. Esta investigación se lleva a cabo mediante una recolección de datos y una revisión bibliográfica extensa.

En esta investigación se utiliza una metodología que busca calcular la huella de carbón y el transporte marítimo de cuatro productos, el yogurt, artículos de vestir, frutas y muebles. Se escogen estos artículos ya que son los principales productos de producción y exportación entre los países de la investigación.

Adicionalmente este artículo tiene un enfoque en los diferentes tipos de combustibles que se utilizan y como estos pueden influenciar en la huella de

carbón final, estos combustibles son Diésel, gasolina y aceite combustible pesado.

En este artículo también se consideran distintas variables, el uso de energía eléctrica me dicen que lo Watts horas, el uso de gas natural, y el transporte de productos medido en volumen en kilogramos.

El resultado de ese artículo arroja una medición de 3553 g de CO<sub>2</sub> equivalente, es decir 3.553 kg de CO<sub>2</sub> equivalente por kilo metro recorrido transportando vienes con el mismo tipo de combustible que en el caso de estudio anterior, aceite de combustible pesado

## Resultados

El primer indicador para cálculo de la huella de carbono del transporte marítimo considera la distancia que recorre un navío, dado que este es el dato principal que poseo para mi cálculo elijo el indicador de Rizet (3.73214 KgCo2e/Km). La distancia que recorren los barcos de carga entre los puertos del Ecuador continental y las islas Galápagos es de aproximadamente 1000 kilómetros.

*Tabla 1 Indicador de huella de carbono (Rizet, Browne, Cornelis, Leonardi, 2012).*

			Factor de emisión			
			Combustión		combustión + suministro	
	Kg (carga)	Equivalente en energía	gCe	gCO2e	gCe	gCO2e
Combustible pesado de navío	1	952	859	3153	968	3553

El valor es de 3,73214 KgCO<sub>2</sub>exKm. Esto significa que en transporte de la carga de un barco carguero estándar se producen 7.73 Kg de CO<sub>2</sub> equivalente en cada kilómetro que recorre. Actualmente los barcos de carga transportan entre 1300 y 3700 toneladas de carga por viaje, lo que representa un barco carquero estándar. (MTO, 2016)

El cálculo estimado de la huella de carbón del transporte marítimo de bienes de consumo entre el Ecuador continental y las islas Galápagos es:

Indicador de huella de carbón multiplicada por distancia recorrida.

3.73214 KgCO<sub>2</sub>e multiplica 1000 kilómetros de recorrido entre Ecuador y Galápagos. Como resultado tenemos 3732,14 KgCO<sub>2</sub>e por viaje entre Ecuador y Galápagos. Actualmente se están realizando 2 viajes de navíos de carga mensuales, esto representa 4 viajes (ruta Ecuador – Galápagos – Ecuador). Y a su vez esto representa 48 viajes al año (179.142,72 KgCO<sub>2</sub>e)

## Discusión

Existen varios artículos científicos y casos de estudio que proponen medir la huella de carbono de distintos materiales de construcción, de distintas industrias, de sectores productivos, etc. En el caso del transporte marítimo la huella ecológica principalmente integra dos variables; la distancia recorrida por los navíos y el volumen de la carga transportada, también existen estudios en los que se relacionan variables como fuentes de energía, combustible, tonelaje, edad del navío, etc (Pandey, D. Arawal M. 2010).

La huella ecológica es una medición de gran importancia, sin embargo, aún se requiere un debate mucho más amplio sobre como calcularla, evaluarla y relacionarla a variables que vayan más allá de lo ambiental; sociedad, medio ambiente, comunidades, desarrollo sostenible, etc.

En esta estimación; 3732,14 KgCO<sub>2</sub>e por viaje, y 179.142,72 KgCO<sub>2</sub>e al año en 48 viajes entre el Ecuador continental y las islas Galápagos. En promedio, un árbol maduro absorbe 167Kg de Co<sub>2</sub> al año (Garret, 2022). Se requieren 1072.71 árboles adultos para absorber el total de CO<sub>2</sub> que emite la industria de transporte de bienes entre el Ecuador continental y las islas Galápagos.

Adicionalmente existen otras variables de impacto ambiental, la mera presencia de barcos de gran calado en las costas de las islas Galápagos genera un impacto visual, cuando los barcos se acercan a las bahías perturban el hábitat marino costero. El proceso de carga y descarga de contenedores genera un impacto y deteriora el suelo por el que transita. El ruido también es un contaminante, perturba a las aves y ahuyenta a los reptiles pequeños. (Gonzáles, Soler, Orive, Camarero, 2013)

También existen las potenciales fallas del sistema de carga que pueden generar impactos ambientales significativos. En el 2001 el buque Jessica transportaba 160000 galones de diésel y encayó en las cercanías de la playa punta carola (El Comercio, 2014). Este es un ejemplo de los posibles impactos ambientales asociados al transporte de carga marítima.



Existen varias opciones que se podrían implementar para mejorar el sistema, primero es necesario llevar a cabo un debate exhaustivo sobre la relevancia, capacidad, desafíos y limitaciones de la producción local de bienes para consumo. Esto con miras a reducir la importación de bienes del Ecuador continental. Mejorar los sistemas de producción insular puede ser una alternativa a la sostenibilidad ambiental total, y principalmente reducir la dependencia de bienes de consumo que llegan desde el Ecuador continental fomentando el desarrollo económico local.

La emisión de gases de efecto invernadero no es la única variable ambiental asociada al transporte marítimo de bienes, existen problemas asociados como la degradación de ecosistemas, ingreso de especies invasivas, que pueden ser animales, plantas o microorganismos. Patógenos que pueden generar grandes afectaciones no solo a la biodiversidad endémica de las islas, sino a la comunidad insular y a los visitantes.

Cabe mencionar que es importante aplicar en el Ecuador y en la región insular los varios tratados y protocolos como son el Convenio de la Diversidad Biológica, los protocolos de Río, París, el plan Galápagos 2050, los objetivos de desarrollo del milenio, entre otros marcos legales y administrativos locales, nacionales e internacionales que pueden potenciar una adecuada gestión y administración insular.

## **Conclusiones y recomendaciones.**

Este tipo de mediciones deben ser fomentadas, principalmente porque proveen variables cuantitativas que pueden ser usadas para una adecuada toma de decisiones. Permiten construir modelos de desarrollo enfocados en los principios del desarrollo sustentable. El medio ambiente como eje transversal, los procesos económicos como procesos transformadores y de agregado de valor, y la sociedad como aquellos que construyen estos modelos en función de sus ideologías.

La profundización de estas mediciones también es importante, estas mediciones de huella ecológica pueden significar el inicio de una serie de mediciones enfocadas a cuantificar los impactos ambientales de todas las industrias insulares; agricultura, ganadería, turismo navegable, hotelería, visitas guiadas, transporte de pasajeros, aerolíneas, y demás segmentos productivos.

Luego, estas mediciones pueden consolidarse en un catálogo de impactos ambientales, una libreta de mediciones sobre la cual se evalúen estas industrias y se fomenten modelos de gestión más “verdes” energías renovables, vehículos eléctricos, proyectos de conservación efectiva etc. En el caso de esta estimación de la huella de carbono del transporte de carga por vía marítima ya conocemos la cantidad de árboles necesarios para equiparar el impacto medido en emisiones de dióxido de carbono.

A futuro, programas como el plan Galápagos 2050 se construirán bajo las ideas de la sostenibilidad, pero para alcanzarla requeriremos de la convergencia de sectores sociales, segmentos ambientalistas, los productores locales y los agenciadores nacionales y extranjeros que dinamizan la economía insular.

## Referencias bibliográficas

- Widman, M. (2007) . A definition of carbon footprint. Research and consulting
- Mancini, M. Gali, A. Niccolucci V. (2016) . Ecological Footprint: Refining the carbon Footprint calculation. ACADEMIA
- Pandey, D. Arawal M. (2010) . Carbon footprint: current methods of estimation. ACADEMIA
- Nikola, M. Ailong V. (2020) . Life-Cycle Cost Assessment of Alternative Marine Fuels to Reduce the Carbon Footprint in Short-Sea Shipping: A Case Study of Croatia. Science direct
- McCollum, D. Greene, G. (2010) Greenhouse Gas Emissions from Aviation and Marine Transportation: Mitigation Potential and Policies. Esclorship
- Lin, J. Meng, F. Cui S. Xu L. (2007) . Using hybrid method to evaluate carbon footprint of Xiamen City, China. ELSEVIER
- Lindstad, H. Bjorn, E. Anders, H. (2011) . Reductions in greenhouse gas emissions and cost by shipping at lower speeds. ELSEVIER
- Rizet, C. Browne, M. Cornelis, E. Leonardi, J. (2012). Assessing carbon footprint and energy efficiency in competing supply chains: Review – Case studies and benchmarking. ELSEVIER.
- Leonardi, J. Bwowne, M. (2010). A method for assessing the carbon footprint of maritime freight transport: European case study and results. International Journal of Logistics: Research and Applications
- INEC. (2015). Principales resultados Censo de Población y Vivienda Galápagos 2015. Recuperado de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion\\_y\\_Demografia/CPV\\_Galapagos\\_2015/Presentacion\\_CPVG15.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/CPV_Galapagos_2015/Presentacion_CPVG15.pdf)
- Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos (2020). Plan de Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Régimen Especial de Galápagos, Plan Galápagos 2030. Puerto Baquerizo Moreno, Galápagos, Ecuador
- Wackernagel, M., Galli. A. (2007). An overview on ecological footprint and sustainable development: A chat with Mathis Wackernagel. International Journal of Ecodynamics
- Gonzáles, N., Soler, F., Orive, A., Camarero. A., (2013). TRANSPORTE MARÍTIMO Y MEDIO AMBIENTE: LAS IMPLICACIONES DE LAS SECAS Y LAS ECAS. Revista Transporte y Territorio N° 8, Universidad de Buenos Aires.
- Redacción el Comercio. (25 mayo 2014) Las huellas del buque Jessica no se olvidan en San Cristóbal. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/buque-jessica-contaminacion-galapagos-ambiente-galapaface-i.html>

Garret, C., (25 marzo 20022). ¿Cuánto CO2 absorbe un árbol?. Recuperado de <https://climate.selectra.com/es/actualidad/co2-arbol>

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2016). Los productos van en contenedores a Galápagos. Recuperado de <https://www.obraspublicas.gob.ec/los-productos-van-en-contenedores-a-galapagos/>

CEPAL. (2017) Las emisiones de CO2 en las importaciones marítimas de América Latina y revisión del cálculo de las exportaciones. Recuperado de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46535/1/S2000860\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46535/1/S2000860_es.pdf)