

Huella ecológica y zonas bioproductivas. Una mirada desde la economía ecuatoriana

Marcelo Mantilla-Falcón¹; Dayana Ruiz-Eraza²; Alex Santiago Mantilla-Miranda³

Resumen

La huella ecológica es una medida del consumo de recursos naturales para satisfacer las necesidades de la población o la cantidad de biocapacidad para absorber los desechos generados y absorción de CO₂ por el ser humano; se mide en hectáreas globales (hag). El presente estudio tiene como finalidad determinar el grado de afectación en hectáreas globales producidas en el Ecuador desde el año 2008 hasta el año 2018. Se trata de una investigación de corte longitudinal de tipo descriptiva-explicativa, no experimental, con muestreo no probabilístico. Los datos fueron recogidos del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, desde el apartado denominado "Sistema Nacional de Indicadores Ambientales y Sostenibilidad" (SINIAS). Para su análisis se consideró la estadística descriptiva, correlacional y multivariante a través de un análisis de correspondencias. Se concluye que a lo largo del tiempo la afectación a las zonas bioproductivas sigue en crecimiento y que la huella ecológica ecuatoriana para el año 2022, tiene un superávit de 0,2 hag per cápita.

Palabras claves: Huella ecológica, biocapacidad, pastizales, zonas de pesca, recursos naturales.

Ecological footprint and bioproductive zones. A look from the Ecuadorian economy

Abstract

The ecological footprint is a measure of the consumption of natural resources to meet the needs of the population or the amount of biocapacity to absorb the waste generated and CO₂ absorption by humans; it is measured in global hectares (hag). The present study aims to determine the degree of affectation in global hectares produced in Ecuador from 2008 to 2018. It is longitudinal research of descriptive-explanatory type, non-experimental, with non-probabilistic sampling. The data were collected from the Ministry of Environment, Water and Ecological Transition, from the section called "National System of Environmental Indicators and Sustainability" (SINIAS). For its analysis, descriptive, correlational and multivariate statistics were considered through a correspondence analysis. It is concluded that over time the affectation of bioproductive zones continues to grow and that the Ecuadorian ecological footprint for the year 2022 has a surplus of 0.2 hag per capita.

Keywords: Ecological footprint, biocapacity, grasslands, fishing areas, natural resources.

Recibido: 30 de noviembre de 2023

Aceptado: 15 de febrero de 2024

¹ Universidad Técnica de Ambato;
<https://orcid.org/0000-0002-8209-7365>; luismmantilla@uta.edu.ec

² Universidad Técnica de Ambato
<https://orcid.org/0009-0005-3227-8204>; sruiz2057@uta.edu.ec

³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
<https://orcid.org/0000-0001-7047-7072>; alex.mantilla@epoch.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

El impacto del deterioro ambiental es notable de acuerdo con el nivel de huella ecológica producido por los seres humanos, elemento importante de la política de desarrollo sostenible entre los años 2009–2019 donde se realizó la diferenciación espacial del nivel de PIB y la huella ecológica de los países europeos, de los cuales se determinaron los componentes de los cambios estructurales y se evaluaron los mismos a lo largo del tiempo (Dembińska et al., 2022), debido a que la Huella Ecológica es una medida de la necesidad de los recursos naturales de la biosfera en hectáreas globales de tierra y mar que se necesitan para producir productos y servicios, así como para absorber residuos. Su estudio, análisis y tratamiento cobra mayor significación en los tiempos actuales.

De acuerdo con Dai et al. (2023) el modelo de huella ecológica es un enfoque cuantitativo que mide los recursos biológicos utilizados por los humanos y los residuos generados en términos de área de tierra bioproductiva, útil en la evaluación de la sostenibilidad del desarrollo regional en comparación con la capacidad de carga ecológica.

Las modalidades de explotación de los recursos naturales producen un deterioro superior a las posibilidades de regeneración de los propios ecosistemas (González Gaudiano et al., 2015). De acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, señala que el aumento desenfrenado del calentamiento global plantea la amenaza de desencadenar catástrofes ambientales más severas que los desafíos actuales (Erdogan & Okumus, 2021); esto incluye la degradación de hábitats naturales, la extinción de especies y repercusiones negativas en la vida humana.

Algunos investigadores estudiaron la influencia de las fuentes de energía, la complejidad económica, la innovación tecnológica y la huella ecológica como factores críticos en términos ambientales (Bashir et al., 2023); para ello utilizaron el método de análisis cruzado de rezagos distribuidos aumentados (CS-ARDL) y el enfoque de causalidad en panel pairwise Dumitrescu-Hurlin (DH) para establecer la relación dinámica entre los factores medioambientales y las actividades económicas; además, establecieron un vínculo unidireccional

desde la energía geotérmica, la innovación tecnológica, la complejidad económica y el uso de energía de carbón hacia la huella ecológica (Bashir et al., 2023).

La sociedad actual y la crisis ecoambiental se tornan en uno de los problemas de mayor impacto a nivel mundial, por lo que para algunos países del mundo se ha convertido en prioridad garantizar la seguridad ecológica (Ihobe, 2019). El principal país en concienciar es China, pues debido a su desarrollo económico y social ha provocado graves afecciones al ambiente. El estudio de seguridad ecológica en China y su evolución entre 2006 a 2016 a nivel provincial, utilizó el modelo de la huella ecológica para evaluar la seguridad ecológica, y se encontró que la situación de la misma en China se ha deteriorado (Liu et al., 2021). Se observó que el enfoque tradicional sobre el crecimiento económico se ha centrado en la velocidad de crecimiento, descuidando la calidad de este, dando lugar al aumento de la huella ecológica (Li et al., 2023).

El capital natural desempeña un papel fundamental en garantizar la supervivencia de la humanidad, mantener la continuidad de la civilización contemporánea y lograr los objetivos relacionados con el desarrollo sostenible (Li et al., 2021). En un estudio de evaluación del desarrollo sostenible en regiones urbanas en China en 2010 y 2017 en relación con la influencia de las redes del transporte, se utilizó un modelo de huella ecológica tridimensional (EF3D) y se aplicaron modelos econométricos espaciales para comprender cuales fueron los factores impulsores y la influencia espacial de las redes de transporte en el desarrollo sostenible (Lv et al., 2021); en los resultados se encontró una influencia espacial significativa de las redes de transporte en la huella ecológica, además una ligera reducción en la huella, pero la mayoría de las áreas seguían estando en "sobregiro ecológico".

La seguridad ecológica de la provincia de Shaanxi estudiada desde 2000 hasta 2019 acerca del déficit ecológico per cápita de Shaanxi aumentó inicialmente a una tasa anual promedio del 105,75 % y luego disminuyó a una tasa anual promedio del 3,26 %, alcanzando un pico de -1,815 nha/cap en 2016 (Zhang et al., 2022). También, las zonas

de pesca que se consideraron fuente inagotable de sustento y bienestar económico para los humanos en los últimos años han enfrentado desafíos significativos.

De acuerdo con Kong et al. (2021) la pesca industrial ha ocupado más del 55% de las áreas oceánicas, la sobreexplotación y la contaminación han causado disminuciones sustanciales en los rendimientos pesqueros sostenibles, debilitando la resiliencia ecológica de los sistemas marinos. Al evaluar las condiciones ecológicas del puerto de Shanghái y la logística marítima de 2009 a 2018, el estado ecológico de la logística portuaria y marítima de Shanghái fue considerado como la parte más sustancial de la huella ecológica en la logística portuaria, seguida de cerca por la huella de contaminación (Xie et al., 2022).

En Colombia el caso de mercadeo de la empresa Ecopetrol entre 2009 y 2012 intentó introducir al mercado diésel bajo en azufre (diésel limpio), se abordó dos perspectivas: primero, destacó sus logros financieros y sus actividades de responsabilidad social empresarial; segundo, se examinó las demandas del marketing ambiental respecto al "lavado verde," con estándares ambientales menos exigentes permitidos en su territorio (Uribe-Saldarriaga, 2014b).

Bajo esta panorámica, los gobiernos y las autoridades reguladoras están prestando atención a las actividades de las empresas que pretenden ser respetuosas con el medio ambiente debido a las prácticas engañosas que dan la impresión de una reducción significativa de la huella ecológica cuando no la hay, no es exclusiva de los defensores del medio ambiente o ecologistas (Uribe-Saldarriaga, 2014a). Para el cálculo de huellas ecológicas a nivel mundial William E. Rees y Wackernagel en 1996 (Yang et al., 2023), crearon un cálculo aplicado en Colombia donde tomaron a la huella de agua gris como un indicador de la contaminación causada por la minería artesanal, entre otros estudios.

En África el rápido crecimiento de la población urbana ejerció una gran presión sobre la sostenibilidad ambiental, y esto plantea un tema importante de discusión, tanto en círculos académicos como en la formulación de políticas, lo cual ha llevado a una serie de problemas ambientales y socioeconómicos, como la escasez

de agua, la degradación ecológica, la inseguridad alimentaria y la degradación del suelo (Alnour et al., 2022), es decir, el rápido crecimiento urbano en África plantea desafíos significativos para la sostenibilidad ambiental y la gestión de recursos.

Los académicos y los políticos se han dado a la tarea de encontrar indicadores que permitan estimar la sostenibilidad de las economías (Tobasura Acuña, 2008). Así, la biocapacidad de la tierra es posible mejorar al organizar el uso de la tierra de acuerdo con su idoneidad natural o su potencial para llevar a cabo actividades productivas, esto implica elegir qué tipo de actividad es más adecuada para cada área de suelo, en lugar de aplicar un enfoque único o indiscriminado para todo el territorio rural (Ihobe, 2019), en donde los tres fundamentos de la sostenibilidad: ecología, economía y aspectos socioculturales varían con el tiempo debido a los avances tecnológicos y las fluctuaciones políticas, así como, dentro de investigaciones se experimentaron avances del microbioma vegetal en colaboración de los campos científicos lo que permitieron generar conocimientos cuantitativos acerca de las interacciones entre el suelo, los microorganismos y las plantas (García de Salamone, 2022).

A su vez, los exploradores y ecologistas se han enfocado en usar calculadoras de huella ecológica, lo que les permitió estimar el impacto ambiental que generaban, ello conllevó a cambios de comportamiento de los individuos y discusiones sobre sostenibilidad (Kok & Barendregt, 2021). Estas herramientas calculan la huella ecológica de un usuario (o de una familia), tomando en consideración los datos proporcionados sobre el modo de vida y los hábitos de consumo del usuario; los resultados se muestran en forma de las emisiones anuales equivalentes de dióxido de carbono en kilogramos (Kok & Barendregt, 2021).

Otra forma de cálculo es el enfoque tridimensional (3D) de la huella ecológica, transforma el enfoque tridimensional de un plano a una columna, donde la base (EFsize) representa la apropiación humana del flujo anual de recursos naturales proporcionado por la Tierra, mientras que la altura (EFdepth) representa la cantidad de años necesarios para regenerar los recursos consumidos en un año (Bi et al., 2021a). Por lo tanto,

los humanos perciben el cambio climático, pero su supervivencia diaria no se ve significativamente afectada. Se introducen la relación de ocupación de flujos (orflow) y la profundidad acumulada de la deuda ecológica (EFaccumdepth) para analizar la cercanía al estado de sobregiro (Bi et al., 2021b).

En las investigaciones han señalado que la literatura existente informa tanto consecuencias ambientales desfavorables como favorables relacionadas con la globalización (G) y el desarrollo financiero (DV) (Ahmed et al., 2021); de hecho, las variables macroeconómicas pueden demostrar las propiedades asimétricas de la huella ecológica debido a su influencia por el comercio internacional, las distintas etapas del ciclo económico y las fluctuaciones en la demanda y oferta de productos locales en mercados tanto nacionales como internacionales.

Un análisis de la capacidad de carga ambiental (CCA), se llevó a cabo en la ciudad polaca de Wrocław en Europa del Este Central en el año 2016. Los resultados mostraron que la ciudad de Wrocław supera su capacidad de carga ambiental y que los cálculos se vieron afectados por limitaciones de datos y probablemente representan una sobreestimación de la Huella Ecológica, en relación a problemas socioambientales como: la disminución de los recursos naturales, la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo, la contaminación, el crecimiento sin precedentes de la población, la migración masiva a las ciudades y la expansión urbana (Świąder et al., 2020).

La huella ecológica del turismo tiene indicadores que proporcionaron una visión de cómo se equilibran los efectos ambientales al proporcionar servicios, indicadores útiles en el análisis de sostenibilidad turística, económica, y social, además, una comparación reflexiva de la producción de alimentos y transporte que generan los individuos de las diferentes clases sociales (alta, media y baja), (Casals Miralles et al., 2023).

En el aspecto económico la Inversión Extranjera Directa (IED), en la mayoría de los países afecta la tasa de agotamiento de tierras bioproductivas. Se evaluó el desempeño ambiental de la IED en países desarrollados y países en desarrollo, así como en sectores considerados "limpios" y "sucios" (Doytch, 2020). El impacto en los cuatro tipos

de huellas ecológicas evidenció que los países de ingresos altos tienden a experimentar un impacto ecológico en términos de consumo, mientras que los países de ingresos bajos y medianos tienden a experimentar un impacto ecológico relacionado con la producción.

Por consiguiente, las naciones desarrolladas y en desarrollo deberían colaborar para establecer mecanismos integrales de crecimiento sostenible y hacer que las tecnologías eficientes en el uso de recursos estén al alcance de países de todos los niveles de ingresos (Salman et al., 2022). Para lograr un equilibrio entre crecimiento económico y entorno sostenible ha sido un problema para los diferentes gobiernos, es por ello que el desarrollo sostenible está relacionado con factores económicos, el entorno institucional, la efectividad de las políticas regulatorias ambientales y la relación entre el desarrollo financiero, regulaciones ambientales estrictas, corrupción, inversión extranjera directa, apertura comercial, consumo de energía renovable y huella ecológica (Balsalobre-Lorente et al., 2023).

Las emisiones de CO₂ representan uno de los efectos secundarios más visibles de la actividad humana; para su determinación o cálculo se han desarrollado enfoques de huella como las huellas ecológicas, ambientales, de tierra, de carbono, nitrógeno y agua y zonas bioproductivas (cultivos, pastos, zona urbana, zona de pesca, bosques), para cuantificar los efectos humanos en los procesos naturales, es por ello que los esfuerzos humanos en la extracción y consumo de recursos naturales resultarán en impactos ambientales en forma de residuos, consumo de recursos y emisiones de CO₂ (Amer et al., 2022).

La huella ecológica en Ecuador tras el análisis de la demanda de los recursos naturales en todo el país y la comparación con la biocapacidad, mediante un cálculo realizado entre los años 2008-2011, determinaron que, para el año 2012 la Huella ecológica per cápita fue de 1.7 veces menor que el promedio mundial el cual superaba los 2.84 hectáreas globales, manteniéndose por debajo del promedio mundial, cuya biocapacidad fue de 1.73 hectáreas globales (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017).

Este trabajo busca caracterizar, desde una

óptica descriptiva-explicativa, lo que ha ocurrido en un periodo de 11 años sobre la medición de la huella ecológica y las zonas bioproductivas en el territorio ecuatoriano, sus implicaciones y perspectivas futuras.

II. METODOLOGÍA

Se trató de una investigación de corte longitudinal que comprende un periodo de 11 años consecutivos, desde el 2008 al 2018, cuya información está disponible en el portal del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Por su alcance es descriptiva-explicativa, y de acuerdo al enfoque es cuantitativa. No usa muestreo, simplemente dispuso de los datos anuales de las cuatro huellas ecológicas disponibles a saber: General, de Exportaciones, de Importaciones y de Producción. En cuanto a las zonas bioproductivas considero las seis superficies que en su orden corresponde a: zona de pesca, tierra urbanizada, tierras de cultivo, pastizales, bosques para absorción de carbono, y bosques. La medición de sus valores numéricos se recoge en hectáreas globales (hag) y para efectos de los cálculos se trabajó con los promedios de los 11 años.

Análiticamente se realizó una breve descripción estadística de sus promedios y coeficientes de variación entre huellas; una presentación gráfica a través de los años y un análisis de regresión lineal simple mediante el modelo matemático

$y = bx^2 + c$ donde y son la hag y x los años; asimismo se verificó el r de Pearson y su respectivo coeficiente de determinación (R^2) para constatar el porcentaje de la varianza explicada. Utilizando estadística multivariante se realiza un análisis de correspondencias simple para entender el grado de asociación y la proximidad o distancia de las variables: zonas bioproductivas y huellas ecológicas. Para mayor comprensión del fenómeno estudiado se grafica un mapa de calor que distribuye el grado de intensidad y concentración entre las variables; se concluye con un cruce de información entre proporciones de superficie bioproductiva afectada en hag por cada año para la huella ecológica general; el modelo matemático es como sigue: $IChag = \frac{hag_t}{hag_{t+1}}$; de donde $IChag$, índice de consumo de hectáreas globales; hag_t , hectáreas globales de año t ; hag_{t+1} , hectáreas globales del año siguiente.

III. RESULTADOS

Para comprender la afectación que, a través del tiempo, sufrió el medio ambiente natural del territorio ecuatoriano en un periodo de 11 años (2008-2018) del cual se dispone información en la fuente oficial (SINIAS), en la figura 1, se evidencia las fluctuaciones y el grado de consumo de hectáreas globales que cada tipo de huella significó en las zonas bioproductivas. Los valores representan el promedio en el periodo estudiado.

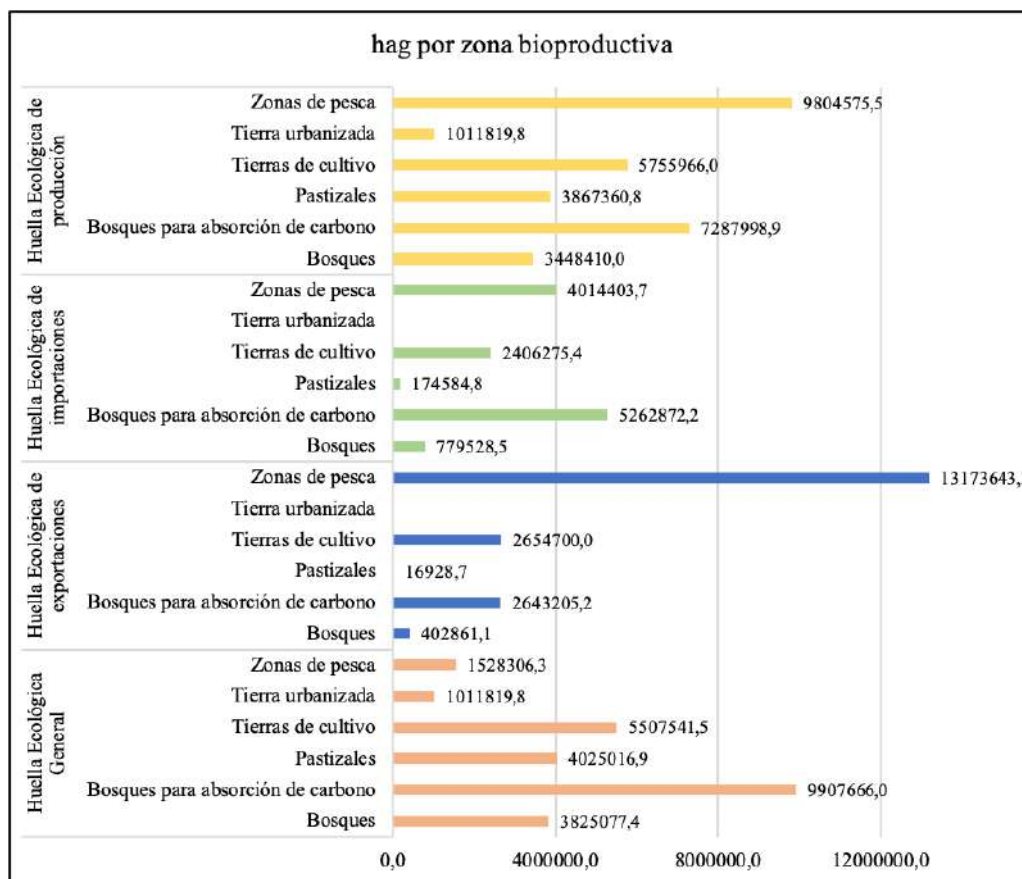


Figura 1. Consumo promedio de hectáreas globales por zona bioproductiva

Nota. Distribución y variación de superficie bioproductiva en hag promedio durante el periodo 2008-2018.

Fuente: SINIAS.

La información evidencia claramente que la huella ecológica de exportaciones afecta significativamente a la zona bioproductiva de pesca, primero por la cobertura amplia que debe emplear para captura de sus productos y por la cantidad en toneladas que representa para la exportación. Así mismo, tanto la huella ecológica de exportaciones e importaciones no afecta de ninguna manera a las zonas bioproductivas denominadas “tierra urbanizada” y tiene sentido porque no son áreas de influencia con dicha actividad económica.

Por otro lado, la huella ecológica general tiene profunda afectación a los bosques para absorción de carbono; y, finalmente con un fuerte impacto en las zonas de pesca también se ubica la huella ecológica de producción. Estos indicadores señalan que en el país ya se ha superado o se está al límite de los estándares mundiales en cuanto a equilibrio natural entre consumo y protección medioambiental (Global Footprint Network, 2023).

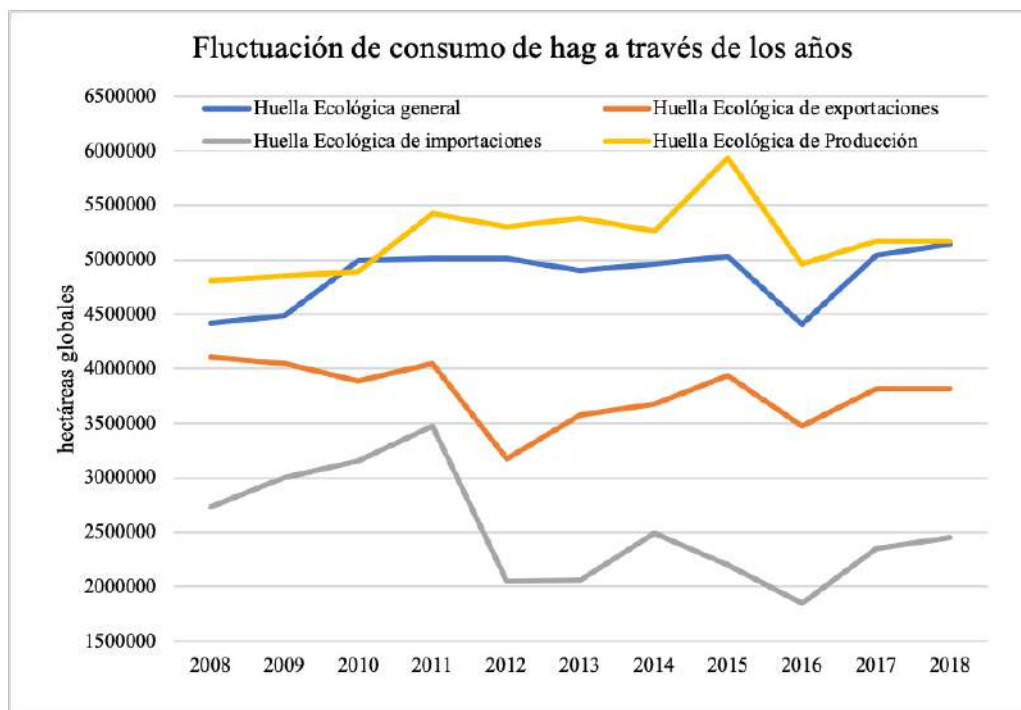


Figura 2. Fluctuaciones de consumo de hag a través de los años
Nota. Panorámica de la afectación en hag promedio por huella ecológica en el periodo 2008-2018
Fuente: SINIAS.

De la figura 2 se desprende que la huella ecológica con mayores impactos al medio ambiente es la de producción cuyas cantidades en afectación superan las 4 millones y medio de hag en el 2008, para llegar al pico más elevado en el año 2015 con 5932110,47hag; parecería que la huella ecológica de importaciones es la menos dañina para el ambiente, sin embargo, también suma hag de consumo de territorio natural.

Para comprender de mejor manera la tendencia de esta afectación se construye modelos de regresión lineal en función de los años y la cantidad de hag afectadas para cada huella ecológica, evidenciando, además, el nivel de correlación y el coeficiente de determinación que representan; y corresponde al número de hag y X al año de proyección. Los datos se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Principales valores correlación y ecuaciones de regresión lineal simple

Huella ecológica	ecuación de regresión	r	R ²	ajuste
General	$y = 37193,89(X) - 70015885,7$	0,4496	0,2021	media
de exportaciones	$y = -30122,58(X) + 64415015,3$	0,3544	0,1256	media
de importaciones	$y = -91572,59(X) + 186863156,7$	0,5935	0,3523	considerable
de producción	$y = 38946,59(X) - 73203467,54$	0,3959	0,1567	media

Nota. Ecuaciones de regresión lineal e indicadores de correlación de Pearson.
Fuente: Elaboración propia

Con un análisis somero, se afirma que en la huella general y de producción las correlaciones son directamente proporcionales, lo que equivale decir que, al incrementarse los años, también se incrementarán la cantidad de hag globales y consecuentemente, la afectación al medioambiente

sigue en escalada continua. El nivel de correlación está entre media y considerable (Mondragón Barrera, 2014).

Mas allá del análisis matemático según las proyecciones de la regresión lineal, es importante visibilizar el problema de acuerdo al enfoque de

“análisis de correspondencias” para lo cual se consideran las cuatro huellas ecológicas y sus respectivas zonas bioproductivas para comprender

el nivel de afectación y asociación que tienen entre ellas. La información se detalla en la figura 3.

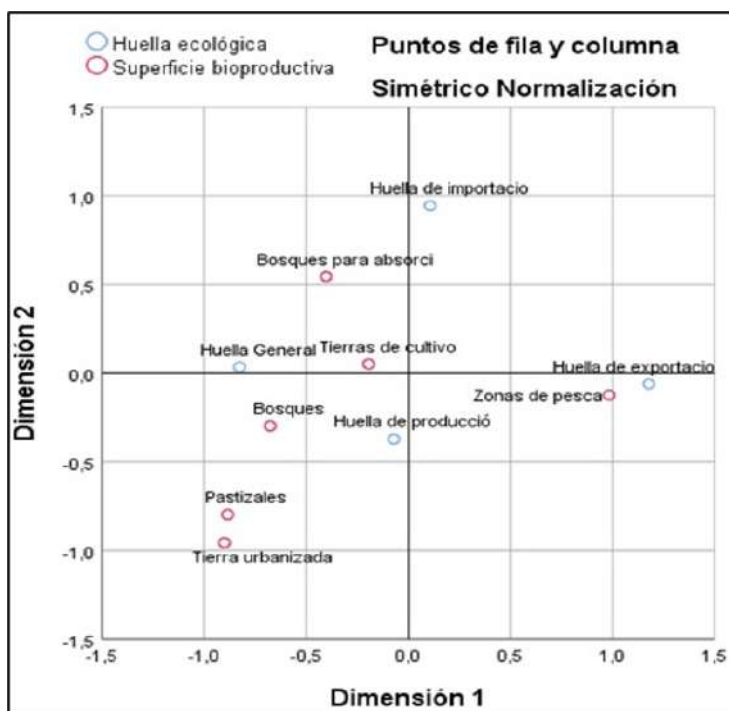


Figura 3. Diagrama de correspondencias entre huella ecológica y superficie bioproductiva
Nota. Asociación entre la huella ecológica y superficie bioproductiva en función de las hag.
Fuente: Elaboración propia.

Las distribución espacial de la asociación entre las zonas bioproductivas y las huellas ecológicas deja ver claramente como la huella de exportaciones está fuertemente ligada con la zona de pesca que corrobora con la cantidad de hag consumidas o afectadas para llevar a cabo dicha actividad económica; la huella de producción está asociada directamente con bosques, tierras de cultivo y pastizales, quedando muy distante las tierras urbanizadas; asimismo, la huella ecológica general tiene un impacto directo sobre las tierras de cultivo, bosques para absorción de carbono y bosques en general, finalmente, la huella de importaciones se asocia con los bosques para absorción de carbono. Esta información se corrobora con el mapa de calor de la figura 4. Analíticamente se confirma la asociación entre las huellas ecológicas y las zonas bioproductivas puesto que el valor p del chi

cuadrado es de 0,000; en cuanto a la masa (0,322), zonas de pesca tiene un valor superior y contribuye con el 99,4%; en tanto que, en las columnas, es decir, la huella ecológica con mayor masa es la de producción (0,352), sin embargo, el aporte en la primera dimensión lo constituye la huella de exportaciones con una contribución del 99,9%.

Al analizar el mapa de calor, la relación y clasificación en función de la cantidad de hag consumidas de las zonas bioproductivas y la huella ecológica, se evidencia una vez más que exportaciones y zonas de pesca tienen la mayor intensidad de color y está fuertemente asociada, lo cual ya se evidenció en el análisis de correspondencias y en los promedios globales especificados en la figura 1. Asimismo, exportaciones e importaciones no tienen afectación sobre tierras urbanizadas.

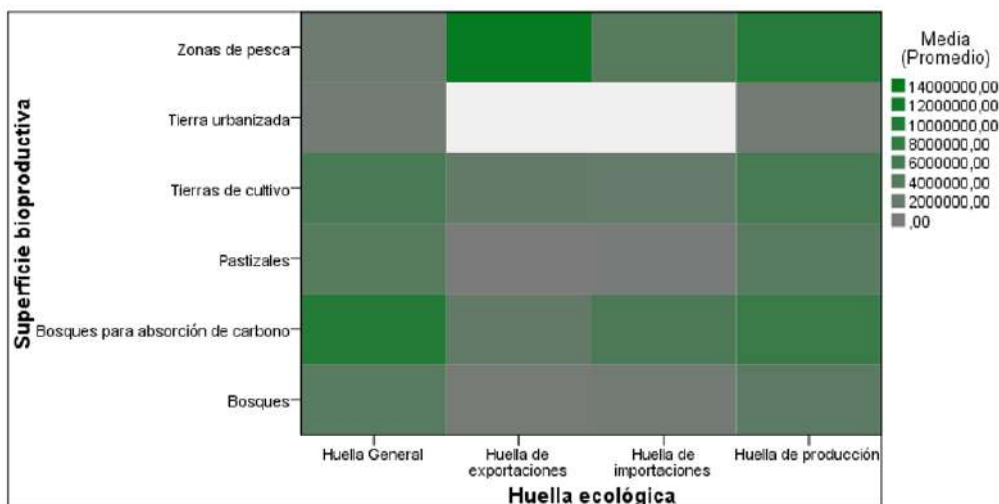


Figura 4. Mapa de calor
Nota. Diagrama de calor que asocia la intensidad de relación entre las zonas bioproductivas y las huellas ecológicas respectivas
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se verifica en razones o dicho periodo, para tal efecto se presenta la tabla 2 proporciones en número de veces que por año la donde contiene dichos indicadores. huella ecológica general representó afectación en

Tabla 2. Razones o proporciones comparativas de la huella ecológica en el periodo de estudio

Años	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
2008	1,000	1,016	1,130	1,136	1,136	1,110	1,123	1,139	0,999	1,141	1,164
2009	0,984	1,000	1,112	1,118	1,118	1,092	1,105	1,121	0,984	1,123	1,146
2010	0,885	0,899	1,000	1,005	1,005	0,982	0,994	1,009	0,885	1,010	1,031
2011	0,881	0,895	0,995	1,000	1,000	0,977	0,989	1,003	0,880	1,005	1,025
2012	0,880	0,895	0,995	1,000	1,000	0,977	0,989	1,003	0,880	1,005	1,025
2013	0,901	0,915	1,018	1,023	1,023	1,000	1,012	1,027	0,900	1,028	1,049
2014	0,891	0,905	1,006	1,011	1,012	0,988	1,000	1,015	0,890	1,016	1,037
2015	0,878	0,892	0,992	0,997	0,997	0,974	0,985	1,000	0,877	1,002	1,022
2016	1,001	1,017	1,130	1,136	1,137	1,111	1,123	1,140	1,000	1,142	1,165
2017	0,876	0,890	0,990	0,995	0,995	0,973	0,984	0,998	0,876	1,000	1,020
2018	0,859	0,873	0,970	0,975	0,976	0,953	0,964	0,979	0,858	0,980	1,000

Nota. Comparaciones de hag por cada año de la huella ecológica global a través de los años.
Fuente: Elaboración propia

Los valores se explican en número de veces que un año creció o decreció su cantidad de hag con respecto al siguiente año o al anterior, por ejemplo el año 2018, todos sus coeficientes son superiores a la unidad, lo cual determina que es un año que mayor cantidad de afectación produjo sobre el medio ambiente, así, para el año 2008 representa 1,164 veces más y con respecto al 2017 1,020 veces, asimismo, el año 2016 tiene valores por debajo de la unidad y eso implica que hubo una recuperación

de las zonas bioproductivas o un menor consumo de hag con respecto a los años anteriores.

Se contrasta la información con el PIB de los años 2008 a 2018 a través de una regresión lineal obteniéndose el siguiente modelo matemático: $PIB=27919+0,0129(hg)$ con un valor de r de 0,3459 y un coeficiente de determinación (R^2) de 0,1197, lo que equivale decir que el PIB es explicado en un 11,97% en función de la huella ecológica global.

Para tener una visión evolutiva de lo que

significó el consumo o desgaste de las zonas bioproductivas, resumidas en la huella ecológica en la tabla 3 se presentan cifras que van desde el año 1961 hasta el 2022 (en lustros) con sus respectivos valores tanto en hag, dólares y número

de habitantes. Es fácil entender que al crecer la población decrece la capacidad bioproductiva por persona, se reduce significativamente la reserva de biocapacidad y se incrementa el PIB per cápita.

Tabla 3. Principales indicadores del consumo de la biocapacidad por persona a través del tiempo

Año	Biocapacidad por persona (hag)	Huella ecológica por persona (hag)	Reserva de biocapacidad (hag)	PIB Per cápita (\$)	Población
1961	7,6	1,4	6,2	---	4751510
1965	6,5	1,3	5,2	---	5337350
1970	5,4	1,5	3,9	---	6172210
1975	4,6	1,7	2,9	---	7105790
1980	4,2	2,1	2,1	2070	8135850
1985	3,9	2,0	1,9	2035	9254310
1990	3,4	1,8	1,6	1171	10449800
1995	3,1	2,1	1,0	1987	11561700
2000	2,8	1,8	1,0	1451	12626500
2005	2,5	1,9	0,6	3014	13770000
2010	2,3	2,1	0,2	4640	14989600
2015	2,1	2,0	0,1	6131	16195900
2020	1,9	1,7	0,2	5645	17588600
2022	1,9	1,7	0,2	6414	18001000

Nota. Principales cifras de la biocapacidad para el Ecuador. Fuente: Cuentas Nacionales de Huella y Biocapacidad edición 2023 (año de datos 2019); PIB, Estadísticas Financieras Internacionales (IFS); Población, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Global Footprint Network, 2023).

Para el caso ecuatoriano, la legislación en materia ambiental es abundante, empezando por la Constitución del Ecuador; El Código Orgánico del Medio Ambiente y su Reglamento COA; Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medioambiente TULSMA; Leyes Orgánicas y Ordinarias; Ordenanzas y Acuerdos Ministeriales Importantes, todas orientadas a garantizar el cuidado y protección del medio ambiente en beneficio de las presentes y futuras generaciones.

IV. DISCUSIÓN

Básicamente, el hombre y sus actividades económicas representan serias afectaciones al medioambiente y sus recursos. En Ecuador las zonas que más afectación representan son las de pesca puesto que el país es un fuerte exportador de productos del mar, por ejemplo, camarón, para el primer trimestre del 2023, el monto en dólares alcanzó los USD 1.871,9 millones (297,0 miles de TM) con respecto al trimestre anterior incrementó

16,0% y la variación interanual fue del 6,6%; el valor de las exportaciones se debió principalmente al aumento de la demanda de China, país que desde inicios de año levantó las restricciones relacionadas con la política de Cero-Covid; en lo correspondiente a pescado y atún, se exportó 23,8 miles de TM por un valor de 85 millones aproximadamente; el incremento frente al trimestre anterior superó el 26,5% (Banco Central del Ecuador, 2023). Queda evidenciado que la sostenibilidad económica y financiera del país tiene serias implicaciones en el consumo de recursos naturales con afectación a su entorno y el consecuente agotamiento futuro.

La huella ecológica que mayor repercusión presenta en este periodo de estudio es la correspondiente a “producción”, ella afecta a las seis zonas bioproductivas en mayor o menor grado; por ejemplo, a las tierras de cultivo, que son áreas destinadas para producir alimentos y fibra, cultivos oleaginosos y caucho; bosques, por la cantidad de madera, leña y pulpa que consume anualmente

cada país; áreas urbanizadas, constituida por la tierra ocupada por infraestructuras humanas, incluyendo transporte, viviendas e industrias; zona de pesca, referida a la producción primaria requerida para realizar la captura de pescados y mariscos; y, finalmente, absorción de carbono, que es la cantidad de terreno forestal requerido para absorber las emisiones de CO₂ (Global Footprint Network, 2023).

Conforme avanza el tiempo, se determina que la correlación es directamente proporcional en el caso de la huella ecológica de producción y la general, pues al existir más población, más necesidades de recursos y mayores exigencias sociales, el grado de afectación al medio ambiente es mayor y, por tanto, se requiere de más hag para la satisfacción de dichas necesidades; dicho argumento se verifica con los ratios calculados (tabla 2) que al año siguiente siempre representa mayor superficie requerida y su razón de proporción supera la unidad con respecto a los años anteriores.

V. CONCLUSIONES

La huella ecológica es la medida aproximada que determina el grado de afectación que el hombre provoca en el medio ambiente, producto de sus actividades económicas, sociales, del consumo para la satisfacción de sus necesidades biológicas, y otros hábitos que no justifican dicha degradación ambiental.

En Ecuador, la tendencia de afectación en hag sigue en aumento año tras año; por ejemplo, para el año 1962, la biocapacidad disponible por persona era de 7,3 hag, el consumo en términos de huella ecológica era de 1,3 hag, existiendo un superávit de 6 hag por persona.; comparando a la fecha (2023) la biocapacidad es de 1,9 hag, consumo de huella ecológica 1,7 hag, entonces queda tan solo 0,2 hag a favor, valor que seguramente, en un par de años se consumirá por completo y posteriormente empezará a existir un déficit de biocapacidad (Global Footprint Network, 2023).

La débil aplicación de tecnología moderna influye en la afectación mayor al medio ambiente, pues al no contar con procesos técnicos avanzados se sigue explotando la naturaleza de manera rudimentaria o artesanal con las consecuentes afectaciones tanto para el hombre y su entorno y

no hay política pública a largo plazo para efectos de mitigación, remediación o recuperación de las zonas afectadas.

Nota: Ponencia presentada en el IV Congreso Internacional Economía y Contabilidad Aplicado a la Empresa y Sociedad, ECAES 2023, desarrollado en la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmed, Z., Zhang, B., & Cary, M. (2021). Linking economic globalization, economic growth, financial development, and ecological footprint: Evidence from symmetric and asymmetric ARDL. *Ecological Indicators*, 121, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107060>

Alnour, M., Ali, M., Abdalla, A., Abdelrahman, R., & Khalil, H. (2022). How do urban population growth, hydropower consumption and natural resources rent shape environmental quality in Sudan? *World Development Sustainability*, 1, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.wds.2022.100029>

Amer, E. A. A. A., Meyad, E. M. A., Gao, Y., Niu, X., Chen, N., Xu, H., & Zhang, D. (2022). Exploring the link between natural resources, urbanization, human capital, and ecological footprint: A case of GCC countries. *Ecological Indicators*, 144, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109556>

Balsalobre-Lorente, D., Topaloglu, E. E., Nur, T., & Evcimen, C. (2023). Exploring the linkage between financial development and ecological footprint in APEC countries: A novel view under corruption perception and environmental policy stringency. *Journal of Cleaner Production*, 414, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137686>

Banco Central del Ecuador. (2023). *Informe de resultados de comercio exterior. Primer trimestre de 2023*. https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorExterno/ComercioExterior/informes/ResultCE_012023.pdf

Bashir, M. A., Dengfeng, Z., Filipiak, B. Z., Bilan, Y., & Vasa, L. (2023). Role of economic complexity and technological innovation for ecological footprint

in newly industrialized countries: Does geothermal energy consumption matter? *Renewable Energy*, 217, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119059>

Bi, M., Yao, C., Xie, G., Liu, J., & Qin, K. (2021a). Improvement and application of the three-dimensional ecological footprint model. *Ecological Indicators*, 125, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107480>

Bi, M., Yao, C., Xie, G., Liu, J., & Qin, K. (2021b). Improvement and application of the three-dimensional ecological footprint model. *Ecological Indicators*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107480>

Casals Miralles, C., Barioni, D., Mancini, M. S., Colón Jordà, J., Boy Roura, M., Ponsá Salas, S., Llenas Argelaguet, L., & Galli, A. (2023). The Footprint of tourism: a review of Water, Carbon, and Ecological Footprint applications to the tourism sector. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 422, pp. 1–16). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138568>

Dai, J., Ouyang, Y., Hou, J., & Cai, L. (2023). Long-time series assessment of the sustainable development of Xiamen City in China based on ecological footprint calculations. *Ecological Indicators*, 148, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110130>

Dembińska, I., Kauf, S., Tłuczak, A., Szopik-Depczyńska, K., Marzantowicz, Ł., & Ioppolo, G. (2022). The impact of space development structure on the level of ecological footprint - Shift share analysis for European Union countries. *Science of the Total Environment*, 851, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157936>

Doytch, N. (2020). The impact of foreign direct investment on the ecological footprints of nations. *Environmental and Sustainability Indicators*, 8, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100085>

Erdogan, S., & Okumus, I. (2021). Stochastic and club convergence of ecological footprint: An empirical analysis for different income group of countries. *Ecological Indicators*, 121, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107123>

García de Salamone, I. E. (2022). Microbiology,

Bioeconomy and Sustainable Development Goals. *Revista Argentina de Microbiología*, 54, 71–73. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2022.05.007>

Global Footprint Network. (2023). *Ecological Footprint*. Global Footprint Network. <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>

González Gaudiano, E. J., Meira-Carrea, P. Á., & Martínez-Fernández, C. N. (2015). Sustentabilidad y Universidad: retos, ritos y posibles rutas. *Revista de La Educación Superior, RESU*, 44(175), 69–93.

Ihobe. (2019). *Huella ecológica de Euskadi*. Sociedad Pública de Gestión Ambiental.

Kok, A. L., & Barendregt, W. (2021). Understanding the adoption, use, and effects of ecological footprint calculators among Dutch citizens. *Journal of Cleaner Production*, 326, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129341>

Kong, F., Cui, W., & Xi, H. (2021). Spatial-temporal variation, decoupling effects and prediction of marine fishery based on modified ecological footprint model: Case study of 11 coastal provinces in China. *Ecological Indicators*, 132, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108271>

Li, P., Zhang, R., & Xu, L. (2021). Three-dimensional ecological footprint based on ecosystem service value and their Drivers: A case study of Urumqi. *Ecological Indicators*, 131, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108117>

Li, X., Li, S., Li, C., Shi, J., & Wang, N. (2023). The impact of high-quality development on ecological footprint: An empirical research based on STIRPAT model. *Ecological Indicators*, 154, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110881>

Liu, T., Wang, H. Z., Wang, H. Z., & Xu, H. (2021). The spatiotemporal evolution of ecological security in China based on the ecological footprint model with localization of parameters. *Ecological Indicators*, 126, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107636>

Lv, T., Zeng, C., Stringer, L. C., Yang, J., & Wang,

- P. (2021). The spatial spillover effect of transportation networks on ecological footprint. *Ecological Indicators*, 132, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108309>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2017). *Boletín Nro. 1. Huella ecológica del Ecuador. Principales avances y resultados.*
- Mondragón Barrera, M. A. (2014). Uso de la correlación de Spearman en un estudio de intervención en fisioterapia. *Movimiento Científico*, 8(1), 98–104. <https://revmovimientocientifico.iberro.edu.co/article/view/mct.08111/645>
- Salman, M., Zha, D., & Wang, G. (2022). Indigenous versus foreign innovation and ecological footprint: Dynamic threshold effect of corruption. *Environmental and Sustainability Indicators*, 14, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100177>
- Świąder, M., Lin, D., Szewrański, S., Kazak, J. K., Iha, K., van Hoof, J., Belčáková, I., & Altiok, S. (2020). The application of ecological footprint and biocapacity for environmental carrying capacity assessment: A new approach for European cities. *Environmental Science and Policy*, 105, 56–74. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.12.010>
- Tobasura Acuña, I. (2008). Huella ecológica y biocapacidad: indicadores biofísicos para la gestión ambiental. El caso de Manizales, Colombia. *Luna Azul*, 26, 119–136. <https://doi.org/10.17151/luaz.2008.26.8>
- Uribe-Saldarriaga, C. M. (2014a). Green marketing of a golden company. *Estudios Gerenciales*, 30(130), 95–100. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2013.11.003>
- Uribe-Saldarriaga, C. M. (2014b). Mercadeo verde de una empresa dorada. *Estudios Gerenciales*, 30(130), 95–100. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2013.11.003>
- Xie, B., Zhang, X., Lu, J., Liu, F., & Fan, Y. (2022). Research on ecological evaluation of Shanghai port logistics based on emergy ecological footprint models. *Ecological Indicators*, 139, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108916>
- Yang, Y., Wang, H., Li, Y., Zhang, L., & Zhao, Y. (2023). New green development indicator of water resources system based on an improved water resources ecological footprint and its application. *Ecological Indicators*, 148, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110115>
- Zhang, R., Li, P., & Xu, L. (2022). Evaluation and analysis of ecological security based on the improved three-dimensional ecological footprint in Shaanxi Province, China. *Ecological Indicators*, 144, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109483>