



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA

CARRERA DE ECONOMÍA

Proyecto de Investigación, previo a la obtención del Título de Economista

Tema:

“La huella ecológica como dimensión de la superficie bioproductiva. Un estudio multivariante.”

Autora: Ruiz Erazo, Silvia Dayana

Tutor: Dr. Mantilla Falcón, Luis Marcelo, Mg.

Ambato – Ecuador

2023

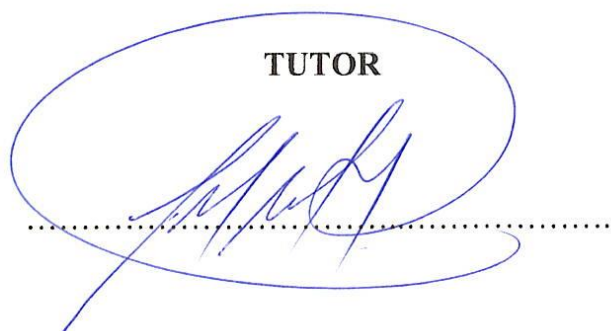
APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Dr. Luis Marcelo Mantilla Falcón Mg. con cédula de ciudadanía No. 0501648521, en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación sobre el tema: **“LA HUELLA ECOLÓGICA COMO DIMENSIÓN DE LA SUPERFICIE BIOPRODUCTIVA. UN ESTUDIO MULTIVARIANTE”**, desarrollado por Silvia Dayana Ruiz Erazo, de la Carrera de Economía, modalidad presencial, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos, tanto técnicos como científicos y corresponde a las normas establecidas en el Reglamento de Graduación de Pregrado, de la Universidad Técnica de Ambato y en el normativo para presentación de Trabajos de Graduación de la Facultad de Contabilidad y Auditoría.

Por lo tanto, autorizo la presentación de este, ante el organismo pertinente, para que sea sometido a evaluación por los profesores calificadores designados por el H. Consejo Directivo de la Facultad.

Ambato, agosto 2023

TUTOR



Dr. Luis Marcelo Mantilla Falcón, Mg.

C.C. 0501648521

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Silvia Dayana Ruiz Erazo con cédula de ciudadanía No. 1004772057, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el Proyecto de investigación, bajo el tema: **“LA HUELLA ECOLÓGICA COMO DIMENSIÓN DE LA SUPERFICIE BIOPRODUCTIVA. UN ESTUDIO MULTIVARIANTE”**, así como también los contenidos presentados, ideas, análisis, síntesis de datos, conclusiones, son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autora de este Proyecto de Investigación.

Ambato, agosto 2023

AUTORA



Silvia Dayana Ruiz Erazo

C.C. 1004772057

CESIÓN DE DERECHOS

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de investigación, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto de investigación, con fines de difusión pública; además apruebo la reproducción de este Proyecto de investigación, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial; y se realice respetando mis derechos de autora.

Ambato, agosto 2023

AUTORA



.....


Silvia Dayana Ruiz Erazo

C.C. 1004772057

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

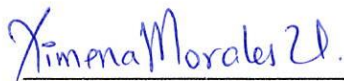
El Tribunal de Grado, aprueba el proyecto de investigación, sobre el tema: “**LA HUELLA ECOLÓGICA COMO DIMENSIÓN DE LA SUPERFICIE BIOPRODUCTIVA. UN ESTUDIO MULTIVARIANTE**”, elaborado por Silvia Dayana Ruiz Erazo, estudiante de la Carrera de Economía, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Facultad de Contabilidad y Auditoría de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, agosto 2023



Dra. Tatiana Valle PhD

PRESIDENTE



Dra. Ximena Morales

MIEMBRO CALIFICADOR



Dr. Helder Barrera

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico esta investigación con todo mi amor y dedicación a Dios y mi familia; mis padres, Carlos y Abigail, quienes son mi principal motor de vida, durante este trayecto han sido mi principal fuente de confianza, superación y perseverancia, que a pesar de los días difíciles no se rindieron, sino que me guiaron con sabiduría para ofrecerme una carrera profesional. A Victoria, Daniel y Kamila, mis niños preciosos que me enseñaron a ser un ejemplo de respeto y humildad.

Silvia Dayana Ruiz Erazo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a mi Señor Jesús por todas sus misericordias conmigo, por su infinito amor y guía en cada paso de mi vida, siendo él mi principal ejemplo de fuerza y valentía, también agradezco infinitamente a mis padres, Carlos y Abigail quienes son mi ejemplo de vida, los amo mucho y les agradezco por todo el sacrificio y dedicación de cada día, por jamás rendirse y siempre sentirse orgullosos de mis logros. A todos aquellos Economistas y docentes quienes con su esfuerzo y dedicación permitieron que aprenda sobre el maravilloso mundo de la Economía y las ganas de explorar el mundo a pasos agigantados. A mis preciosos niños Victoria, Daniel y Kamila, quienes siempre me alientan con sus tiernos abrazados y demostraciones de cariño en tiempos difíciles, a cada uno de mis familiares que aportaron con un granito de arena para que este sueño sea posible A mi tutor por todos sus consejos y enseñanzas. A mis amigos, en especial a Edy con quienes compartí gran parte de mi vida universitaria. Infinitas gracias a todos.

Silvia Dayana Ruiz Erazo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA
CARRERA DE ECONOMÍA

TEMA: “LA HUELLA ECOLÓGICA COMO DIMENSIÓN DE LA SUPERFICIE BIOPRODUCTIVA. UN ESTUDIO MULTIVARIANTE”

AUTORA: Silvia Dayana Ruiz Erazo

TUTOR: Dr. Luis Marcelo Mantilla Falcón., Mg.

FECHA: Agosto, 2023

RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad el estudio sobre preservación y cuidado del medio ambiente es un tema relevante por ello se estudió las diferentes huellas ecológicas en Ecuador y el impacto de cada zona bioproductiva en un lapso de 11 años, La huella ecológica es una herramienta que mide el uso de recursos naturales y la generación de residuos de una población o individuo en relación con la capacidad de regeneración de la Tierra. Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de datos y estudios científicos sobre la huella ecológica en diferentes regiones y países. Se utilizaron diversas fuentes, como informes, artículos científicos, datos del Ministerio del Medio Ambiente y la base de datos de Sistema Nacional de Indicadores Ambientales y Sostenibilidad -SINIAS para obtener una visión completa y actualizada sobre el tema. Mediante la investigación se llegó a la conclusión que la huella ecológica es una métrica crucial para entender la relación entre la humanidad y el medio ambiente. Los hallazgos de esta investigación destacan la importancia de abordar la crisis ambiental y la necesidad de tomar medidas colectivas para reducir la huella ecológica. La sostenibilidad debe ser una prioridad tanto a nivel gubernamental como individual, promueve políticas que fomenten un desarrollo responsable y adopta prácticas más conscientes en la vida diaria.

PALABRAS DESCRIPTORAS: HUELLA, IMPORTACIONES, EXPORTACIONES, PRODUCCIÓN, PER CÁPITA

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
FACULTY OF ACCOUNTING AND AUDITING
ECONOMICS CAREER

TOPIC: “THE ECOLOGICAL FOOTPRINT AS A DIMENSION OF THE BIOPRODUCTIVE SURFACE. A MULTIVARIATE STUDY”

AUTHOR: Silvia Dayana Ruiz Erazo

TUTOR: Dr. Luis Marcelo Mantilla Falcón, Mg.

DATE: August, 2023

ABSTRACT

At present, the study on preservation and care of the environment is a relevant issue, for this reason the different ecological footprints in Ecuador and the impact of each bioproductive zone in a period of 11 years were studied. The ecological footprint is a tool that measures the use of natural resources and the generation of waste of a population or individual in relation to the regeneration capacity of the Earth. A comprehensive analysis of data and scientific studies on the ecological footprint in different regions and countries were carried out. Various sources were used, such as reports, scientific articles, data from the Ministry of the Environment and the database of the National System of Environmental and Sustainability Indicators -SINIAS to obtain a complete and updated vision on the subject. Through the investigation, it was concluded that the ecological footprint is a crucial metric to understand the relationship between humanity and the environment. The findings of this research highlight the importance of addressing the environmental crisis and the need to take collective action to reduce the ecological footprint. Sustainability must be a priority both at the governmental and individual levels, promoting policies that encourage responsible development and adopting more conscious practices in daily life.

KEYWORDS: FOOTPRINT, IMPORTS, EXPORTS, PRODUCTION, PER CAPITA.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
PÁGINAS PRELIMINARES	
PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iii
CESIÓN DE DERECHOS.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	4
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Revisión de literatura.....	6
2.2. Hipótesis (opcional) y/o preguntas de investigación.....	25
CAPÍTULO III.....	26
METODOLOGÍA.....	26

3.1 Recolección de la información	26
3.2 Tratamiento de la información	27
3.3 Operacionalización de las variables.....	32
CAPÍTULO IV	33
RESULTADOS.....	33
4.1 Resultados y discusión.....	33
4.2 Verificación de la hipótesis	68
CAPÍTULO V.....	70
CONCLUSIONES.....	70
5.1 Conclusiones	70
5.2 Limitaciones del estudio.....	71
5.3 Futuras temáticas de investigación.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINA
Tabla 1: Consumo y residuos de la huella ecológica	21
Tabla 2: Grado de relación según coeficiente de correlación de Rho de Spearman .	30
Tabla 3: Clasificación de los métodos de agrupamiento.....	31
Tabla 4: Operacionalización variable independiente: Tipos de huellas ecológicas..	32
Tabla 5: Descriptivos Huella Ecológica General	35
Tabla 6: Ratios Zonas bioproductivas/ Huella Ecológica General	37
Tabla 7: Descriptivos Huella Ecológica de Exportaciones	37
Tabla 8: Ratios Zonas bioproductivas/ Huella Ecológica de Exportaciones	40
Tabla 9: Descriptivos Huella Ecológica de Importaciones	41
Tabla 10: Ratios Zonas bioproductivas/Huella Ecológica de Importaciones	43
Tabla 11: Ratios Zonas bioproductivas/ Huella Ecológica de Producción.....	45
Tabla 12: Descriptivos Tipos de Huellas Ecológicas	51
Tabla 13: Correlación Rho Huella Ecológica General.....	61
Tabla 14: Correlación Rho Huella Ecológica Exportaciones	62
Tabla 15: Correlación Rho Huella Ecológica Importaciones	63
Tabla 16: Correlación Rho Huella Ecológica Producción	64
Tabla 17: Estadígrafos de Promedios de Huellas Ecológicas	65

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINA
Figura 1 Clasificación de la huella ecológica	10
Figura 2 Porcentaje de bosques tropicales a nivel mundial	17
Figura 3 Características de los bosques	18
Figura 4: Media aritmética/ Huella Ecológica General	36
Figura 5: Media aritmética/ Huella Ecológica de Exportaciones	39
Figura 6: Media aritmética/ Huella Ecológica de Importaciones	42
Figura 7: Media aritmética/ Huella Ecológica de Producción	45
Figura 8: Regresión Huella Ecológica General	46
Figura 9: Regresión Huella ecológica de exportaciones.....	48
Figura 10: Regresión de huella ecológica de importaciones	49
Figura 11: Regresión de huella ecológica de producción	50
Figura 12: Variación huella ecológica general	52
Figura 13: Variación huella ecológica de exportaciones	54
Figura 14: Variación huella ecológica de Importaciones	55
Figura 15: Variación de huella ecológica de Producción	56
Figura 16: Clústeres por año de las huellas ecológicas	57
Figura 17: Huellas Ecológicas per cápita/ Hectáreas globales	66
Figura 18: Diagrama de calor de los tipos de huellas ecológicas	67

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

Desde que se inició la alarma sobre la insostenibilidad a la cual se exponía el planeta Tierra si se continuaba con el consumo desmedido de los recursos naturales y el estilo de vida desmesurado, cientos de académicos y políticos se han impuesto la tarea de encontrar indicadores que ayuden a estimar la sostenibilidad económica y la sostenibilidad ambiental; por ello la propuesta de la Economía Ambiental del capital humano (Tobasura Acuña, 2008).

El medio ambiente a nivel mundial cada día presenta un mayor deterioro debido al abuso indiscriminado de los recursos naturales, esto se debe a los conflictos de salvaguardas medioambientales, que se dieron de manera paulatina en el pasado (Rodríguez et al., 2011). La búsqueda constante del desarrollo sostenible y el uso adecuado del ambiente ha sido un reto que involucra a las ramas del conocimiento a nivel mundial, una de ellas es la ciencia económica, objetivo es el análisis del medio ambiente para su póstuma valoración monetaria (Raffo Lecca, 2016). La valoración económica ambiental pretende una medición entre pérdida o ganancia de la utilidad por persona, y en términos de sostenibilidad la huella ecológica, herramienta indispensable de análisis del comportamiento biofísico.

La mayor parte de la población a nivel mundial consume más recursos de los que se producen, es decir, se agota el cupo disponible en la tierra; se considera que la cuarta parte de la superficie del planeta es biológicamente productiva, un aproximado de 13 400 millones de hg terrestres y marinas, de las cuales el 90% estarían destinadas a la población humana y el 10% a preservar (Lara Arzate et al., 2013).

En América Latina estos cambios medioambientales se sufren, algunos de estos efectos del deterioro ambiental son por la emisión de gases de invernadero aun siendo mínima. En las vías de comercio hay una grave preocupación debido a las emisiones generadas por los bienes que se han consumido con respecto a la huella de carbono (de Jesús,

2013). Algunos gobiernos de la región como empresarios exportadores tienen grandes preocupaciones sobre las consecuencias de los efectos de la huella de carbono, puesto que es un tema a nivel global. América ya está sufriendo los efectos directos del calentamiento global, se pueden observar sequías, deshielos, inundaciones y fenómenos climáticos extremos. Dentro del ámbito de la economía repercute en la agricultura, seguridad alimentaria, abastecimiento de agua, salud, calidad de vida y de los ecosistemas (de Jesús, 2013).

A partir de un análisis realizado en América Latina y el Caribe en siete países, en el período 1990-2005, entre la relación de la deforestación, la expansión de pastizales y cultivos, se llegó a la conclusión de que el 71% de la deforestación se debió a un aumento de ocupación territorial de las zonas los pastizales, el 14% se originó en el incremento de los cultivos comerciales y menos del 2% fue consecuencia de la infraestructura y el desarrollo urbano (Gligo et al., 2021).

Ecuador no es la diferencia del resto de los países del mundo, a nivel nacional la huella ecológica en los últimos 15 años ha sido dominante debido al carbono emitido por la quema de fósiles que hasta el año 2013 representó el 42% de la huella ecológica total (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016). El Ministerio del Ambiente (MAE), en la actualidad requiere tomar decisiones acertadas sobre la administración de recursos a nivel nacional, pues Ecuador es un país megadiverso, cuya economía se basa en la producción y exportación de materias primas a otros países con déficit ecológico, también las necesidades locales. Por ello es de suma importancia el estudio de la huella ecológica desde dos perspectivas esenciales: demanda interna y el impacto de las exportaciones (Ministerio del Ambiente, 2017).

1.2 Justificación

1.2.1 Justificación teórica, metodológica (viabilidad) y práctica

La Tierra se ve afectada por el impacto ambiental. El deterioro superficial de la huella ecológica es el impacto que se ha generado por el consumo masivo de los recursos existentes en los diferentes ecosistemas del planeta, relacionándola con la capacidad ecológica de regenerar los recursos de la Tierra (Martínez Castillo, 2007). Se presenta

el área de la tierra o agua aptos para la productividad, recursos utilizados para ayudar a mitigar los residuos del ser humano, de acuerdo con el estilo de vida que tienen (Pérez Neira et al., 2015). Bien se indica que las superficies bioproductivas engloban distintos sectores económicos destinados a la producción de alimentos, energía, transporte, manufactura, tiene en cuenta emisiones de CO_2 y la población en general.

El planeta Tierra tiene un déficit ecológico (Biocapacidad), es decir, se produce cuando la población excede el límite de área por población, siendo reemplazados por la biocapacidad a través del comercio y la liquidación de activos, al emitirse desechos a una zona común la atmosfera. De acuerdo con Orozco (2022) a lo largo de los años la población humana ha sobrevivido a una difícil situación de aspecto medioambiental, debido al sistema capitalista que dominan el mundo, donde todo lo que se realiza esta pensado en ver el mundo producir, excluyen a los actores fundamentales cómo mujeres, niños, ancianos y desconocen a los grupos culturales y minoritarios.

La huella ecológica, al ser el resultado de todos los residuos producidos por los habitantes a nivel mundial (Sociedad Pública de Gestión Ambiental, 2019) como indicador biofísico, permite estimar ciertos requerimientos sobre el consumo de recursos y asimilación de desechos de una población y economía, indicadas en los diferentes tipos de suelos. En 1995 W. Riss y M. Wackernagels en 1995 creadores del concepto Huella Ecológica, la definen como: *“el área o territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistema acuático) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico indefinidamente, donde sea que se encuentre esta área”* (Tobasura Acuña, 2008). En otros términos, este indicador biofísico mide el impacto de la población de acuerdo con el consumo y productividad del espacio utilizado cada día, y la relevancia de los excesos.

Esta investigación presenta información obtenida del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, de la base de datos estadísticas e Indicadores Ambientales, para cumplir con los objetivos se usó el método científico,

procedimiento intelectual o material que utiliza un sujeto para comprender, analizar, transformar o construir un objeto de conocimiento, plasmar criterios de validación con explicaciones científicas, determinados por condiciones como: descripción, proposición, validación y deducción (Vinuesa, 2016); además, tiene un fundamento teórico a base de fuentes secundarias: artículos científicos, libros, estudios científicos, papers, etc. La investigación se apoya en la Estadística descriptiva, en las medidas de tendencia central y dispersión; y métodos multivariantes como el análisis de conglomerados.

Hoy en día, el deterioro ambiental, es una de las mayores amenazas para el planeta debido a la pérdida de capacidad del medio ambiente porque los recursos se agotan para satisfacer las necesidades. Bajo este escenario y problema descrito, el presente proyecto busca determinar cómo la huella ecológica, en función de las superficies bioproductivas ha variado con el paso de los años, y el impacto ambiental que tiene el crecimiento de la población. Información que quedará disponible para las autoridades estatales, quienes están llamadas a tomar decisiones del sector público y ambiental.

1.2.2. Formulación del problema de investigación

¿De qué forma la huella ecológica determina las afectaciones de las superficies bioproductivas de cada sector económico en el periodo 2008-2018?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Caracterizar la superficie bioproductiva y las huellas ecológicas en la dinámica ambiental ecuatoriana en un marco temporal de 10 años

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir la conducta de las afectaciones de las superficies bioproductivas al medio ambiente.
- Establecer las afectaciones relevantes de la superficie bioproductiva por sector

económico.

- Clasificar los sectores económicos con afectaciones a las superficies bioproductivas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Revisión de Literatura

2.1.1 Antecedentes investigativos

Los estudios realizados sobre huella ecológica, a nivel mundial, es uno de los temas con mayor aceptación por actores e instituciones cuyo interés es de carácter ambiental. De acuerdo con Martínez Castillo (2007), la huella ecológica de una población está determinada por el área biológicamente necesaria para generar recursos que consumen y absorben desechos que la sociedad produce. En tales condiciones la preocupación acerca de la sobreexplotación del planeta es justificable, debido al uso desmedido del consumo de materiales y energía a costa de la superficie productiva (Lara Arzate et al., 2013).

Referente al sector internacional, Tobasura Acuña (2008), indica que, en un estudio realizado sobre la huella ecológica en la ciudad de Manizales en el año 2008 y con datos calculados sobre la canasta bioproductiva considerada, en este caso, se estima que la huella está por encima de la capacidad del planeta (2,1 has/persona/año), es decir, es una situación preocupante debido al déficit para satisfacer las necesidades de la población. El área total de Manizales es de 439,36 Km², o 43,936 hectáreas. Su población estimada para 2004 es de 382,193 habitantes y su huella per cápita es de 2,869 Ha. De esto se deduce que el Espacio Ambiental requerido para satisfacer los consumos de la ciudad es de 1.107,418 has (Tobasura Acuña, 2008). Es decir, que Manizales no puede satisfacer los consumos de la ciudad, sobre todo en suministro de alimentos y espacio de vivienda urbana, debido a que el área de provisión es de 25 veces la provisión de bienes y servicios.

En el informe presentado en el “V Seminario Internacional sobre Huellas de Carbono”, realizado en los días 13 y 14 de junio, en la sede de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en Santiago de Chile, se mencionó que los flujos mundiales de carbono dan su origen en los países en desarrollo (China, Rusia, India, etc.) e influyen hacia aquellos desarrollados, que producen productos intensivos

en carbono, mientras que los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) son quienes los consumen (de Jesús, 2013).

Por consiguiente, la OCDE toma conciencia sobre la necesidad de mitigar la huella de carbono, acción que ha efectivizado mediante actores responsables, entre ellos: políticas públicas, consumidores, sector privado e inversionistas. Además, la importancia del individuo para tener una huella mínima y reducirla en el planeta solo se conseguirá mediante un proceso político y colectivo, debido a que los Gobiernos tienen como indicador socioeconómico a la huella ecológica, la cual se trata de evaluar la economía bajo parámetros globales solidarios (Martínez Castillo, 2007).

Un estudio realizado en Bangladesh sobre el rápido crecimiento de la economía, indica que se ha dado por la industrialización y demanda de recursos naturales. A su vez ha provocado cambios climáticos, efecto invernadero, emisiones de gases y riesgos ambientales (Kibria, 2023). De acuerdo con el análisis de caso, se dedujo que, la complejidad económica de Bangladesh tiene un impacto positivo en la sostenibilidad ecológica, debido a que muestran mejoras en la calidad ambiental, cambio positivo y el impacto de la huella ecológica como impacto negativo. Además, se ha dado como resultado el vínculo de un cambio bidireccional entre la huella ecológica y la complejidad de los cambios económicos (Kibria, 2023).

De acuerdo con la investigación realizada en Gondwana las economías del G-7 que incluyen países desarrollados, poseen una alta complejidad económica y ecológica, lo cual causa preocupación en otros países, por ello se estudió: el impacto de la complejidad económica, el desarrollo humano, procesos de innovación y el consumo de energías renovables (Balsalobre-lorente et al., 2023). Todo ello en referencia a la huella ecológica, la que dio como resultado que el desarrollo sostenible en Gondwana puede acelerarse al mejorar las fuentes de energías renovables, además las inversiones y la dimensión social, dan paso a un desarrollo sostenible, que es un indicador que relaciona los objetivos económicos y ambientales.

En un estudio realizado en la India acerca de la evaluación de la huella ecológica en alimentos, grandes industrias de procesamiento de alimentos que contribuyen al consumo de energía fósil, materiales y recursos de GEI (Mitigación de los gases de

efecto invernadero) proporcionales, se presentó que cuatro productos: encurtidos, mermeladas, miel y salsa picante, se ha estimado que el potencial de huella ecológica en los alimentos se ha reducido (Husain et al., 2021). Además, dio como resultado que la tierra bioproductiva fue aquella que tuvo mayor participación en el procesamiento de alimentos con el 85,7%, a continuación, el CO₂ de absorción con el 11,2%, lo cual determinó que el impacto ambiental de empaque está estimado en 0,14 gha por tonelada de producto final (Husain et al., 2021).

Cabe mencionar que en este estudio realizado no han incorporado maquinaria en el proceso de los alimentos, por ende, la huella ecológica industrial general no fue calculada. Sin embargo, el estudio de la huella ecológica ha examinado la viabilidad de reducir la tierra bioproductiva requerida para cada sector a través de sistemas sostenibles (Husain et al., 2021). Dentro de las empresas de procesamiento es muy importante el análisis y estudio de cómo reducir la tierra bioproductiva requerida por sector, pues el crecimiento en el sector de procesamiento de alimentos y el aumento de la población mundial tiene un impacto considerable, por ello es recomendable que los consumidores y fabricantes tomen conciencia sobre la sostenibilidad del empaquetado de sus productos, debido al potencial de reducción de huella ecológica de los productos al usar tecnologías sostenibles con un 99,6% de reducción.

En un estudio realizado en Chile acerca de El Enfoque de Ciudad Compacta se estimó la huella ecológica de los consumos energéticos residenciales y la movilidad, a partir de 475 encuestas aplicadas sobre un debate de sostenibilidad urbana y el impacto ambiental global que implicaría (Doménech Quesada, 2007). Una vez efectuados los análisis se determinó a la renta per cápita como el principal elemento de variabilidad en los aspectos de huella, además las variables de la estructura urbana ejercen un impacto considerable sobre la distancia y la densidad de la huella sobre los modelos estimados, desde otra perspectiva en este mismo proyecto investigativo cabe decir que una política cuyo objetivo sea frenar la urbanización daría paso a reducir las emisiones de gas de invernadero (Doménech Quesada, 2007).

Un estudio entre desarrollo y ambiente de América del Sur buscaba aplicar indicadores biofísicos que permitan entender la estructura del continente y a así poder aplicarlas

como nuevas alternativas de desarrollo, para ello se relacionó la Economía Ecológica en un marco de análisis, que permitió determinar la magnitud y características de los flujos materiales y energía del sector productivo (Peinado et al., 2020). Como resultados del proyecto cabe mencionar que los indicadores biofísicos de la huella hídrica y la huella ecológica de América de Sur tienen un perfil productivo y un patrón de comercio basado en la exportación de materias primas, motivo por el cual el desarrollo sustentable se incrementó en el intercambio ecológico y la reducción del capital natural de América (Peinado et al., 2020).

En Ecuador, en un proyecto realizado en las parroquias de Calacalí y Guayllabamba cuyo fin fue evaluar el impacto ambiental (Coloma-Martinez, 2022), para el estudio pertinente de caso se determinó que las precipitaciones afectan de manera directa el desarrollo de las parroquias, también la erosión, evaporación, temperatura, la velocidad del viento y el nivel de agua, son factores que revelan la influencia de la huella ecológica con relación a la protección y cuidado del medio ambiente. Y como resultados se evidenció que las causas de contaminación en ambas parroquias son idénticas. Cada uno de estos factores tienden a deteriorar el suelo genera niveles decrecientes de precipitaciones que afectan a las actividades principales de las parroquias (Coloma-Martinez, 2022).

Un estudio realizado en Panamá que buscó evaluar las estrategias para reducir la huella ecológica en la construcción mostró que el uso de tecnologías como nuevos materiales de construcción y la aplicación de un sistema de ventilación disminuyó en un 57% la huella de carbono. Además, se aplicó estrategias de instalación de artefactos hídricos, técnicas de riego, y la recolección de agua lluvia y agua gris, ayudaron a disminuir en un 53,8% la huella hídrica por construcción (Pineda-Sosa et al., 2022). Una de las ventajas de la utilización de estrategias de edificación no afectó a las actividades cotidianas y la comodidad de los moradores, más bien ayudaron a garantizar el confort y comodidad de la construcción que sirvió como incentivo positivo para realizar mejoras en las viviendas a pesar de las limitaciones que tenía cada edificación, además para un decrecimiento del impacto ecológico se recomendó usar energías renovables así se disminuye el consumo eléctrico y la huella carbono (Pineda-Sosa et al., 2022).

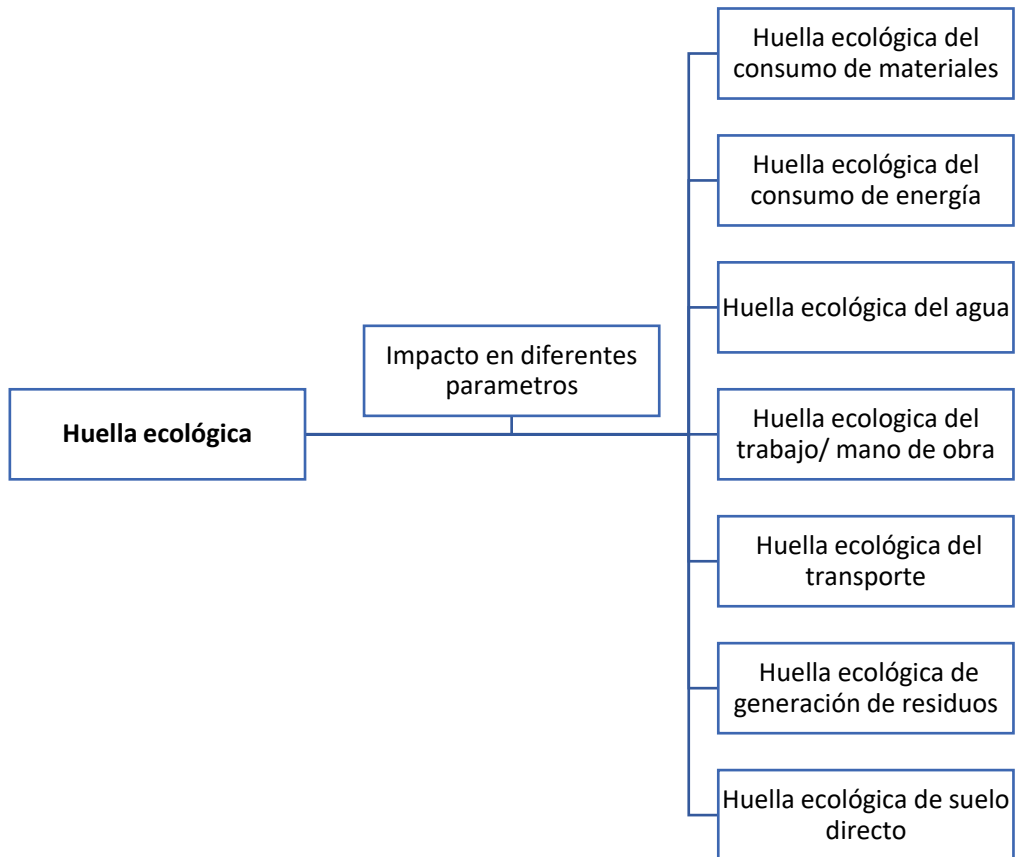
2.1.2 Fundamentos teóricos

Huella Ecológica

La huella ecológica es un indicador que incluye todos los recursos del ambiente y los reúne en un solo grupo considerado como hectárea global (gha), una hectárea global es igual a 1 hectárea (ha) de tierra productiva a nivel mundial (Husain et al., 2021).

Figura 1

Clasificación de la huella ecológica



Nota. Principales tipos de huella ecológica. Fuente: Husain et al. (2021)

La huella ecológica del suelo representa el área de tierra ocupada para toda actividad económica, es decir, terreno directo y físico, además de englobar los recursos naturales que incluyen áreas forestales, zonas de pesca, paisajes urbanizados, tierras de cultivo

fuentes de emisiones de carbono y generadores activos para producir energía (Kibria, 2023).

En el cálculo de la huella ecológica el consumo es un indicador importante al medir el impacto de actividades diarias del ser humano en ecosistemas globales, pero en una región específica, debido al comercio todo el consumo humano no es igual a lo que se obtiene del ecosistema global. Por ello, cuando es un concepto aplicado a ecosistemas globales se aplica el concepto de huellas ecológicas debilitadoras y productivas porque no reflejan la presión ejercida en la población local o nacional de un determinado territorio (Dai et al., 2023).

Tipos de huella:

Huella ecológica per cápita

Se denomina huella ecológica per cápita al área del territorio productivo demandado por una persona para producir los recursos que consume y los desechos que este mismo de manera individual genera (Ambiente, 2017). Para obtener esta huella se procede de manera estadística donde se divide el producto por habitante entre la totalidad de la huella ecológica de un país tomado de la base de datos estadística proporcionada.

A su vez esta huella per cápita se encuentra relacionada con la demanda de alimentos que varía en todo el mundo. El país que mayor demanda por cada habitante es Austria con la 3800 kcal, le sigue Estados Unidos con 3700 kcal. Y países menores como Haití y África con un índice significativo de 2.000 kcal por persona (WWF, 2012). La cantidad de alimentos consumidos son base fundamental para la determinación de la huella per cápita demandada sobre el planeta y su biosfera. Un país con una huella ecológica per cápita con una equidad determinada es reflejo de un ambiente con menor impacto ambiental y mayor crecimiento económico mediante los balances de alimentos emitidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (Grzega, 2020).

Como resultado del crecimiento poblacional la huella ecológica del ambiente se ha incrementado, por consiguiente lo ha hecho el consumo per cápita de algunas regiones,

donde las contribuciones del exceso ecológico varían entre las naciones, por ello en un ejemplo se determina que si la población tuviese un estilo de vida de 1 sola persona estadounidense se necesitaría alrededor de 4,8 planetas para cubrir la huella ecológica promedio (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016).

La huella ecológica per cápita se asocia por individuo que conforma un hogar, relacionado con el consumo de alimentos, transporte, espacio que ocupa, bienes y servicios que usa de manera diaria, convirtiéndola en una huella doméstica, existen variaciones de acuerdo con el incremento poblacional siendo proporcional a la ocupación del medio físico que ocupa (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016).

Huella ecológica de exportaciones

A partir de un análisis de mercado interno y externo de un país se determina que el aporte del PIB y las exportaciones totales de un país, donde se involucran productores, exportadores y consumidores, así como también el tiempo en que los productos salen de un punto de origen (Gachet Otáñez, 2002). La huella ecológica de exportaciones de un país se puede contabilizar por toneladas y los recursos que consume una población, para el cálculo de este tipo de huella, se estima el consumo promedio de un producto a partir de datos nacionales y regionales.

En otras palabras, se cuantifica como las exportaciones impactan en la calidad ambiental de un país, a través del libre comercio, mide la dimensión de la tierra ecológicamente productiva, para ello es importante el análisis de superávit y déficit ecológicos, estos factores se dan de acuerdo con el nivel de productos que se exportan a cada uno de los países demandantes (Gachet Otáñez, 2002).

Huella ecológica de importaciones

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente (2020) se denomina huella ecológica de importaciones al área o zona territorial biológicamente productivo requerido para realizar las actividades de transportar de manera legítima bienes y servicios nacionales que han sido exportados por un país hacia el país extranjero para el uso y consumo dentro del otro país, conocido como flujo de mercancías importadas (Ambiente, 2017).

Dentro del ámbito de consumo interno la categoría de productos importados se encuentra en las tablas estadísticas nacionales, donde el libre comercio puede traer consecuencias en la reducción de capacidad mundial si el acceso a las importaciones es más barata, esto da paso a que los individuos de un territorio no consuman el producto stock nacional, más bien, se obtenga de un país extranjero el aumento de degradación del capital natural en regiones que son exportadoras masivas (Gachet Otáñez, 2002).

Las importaciones perjudican de manera inversa al país productor debido al flujo de materia natural que se emplea en la producción de bienes y servicios, debido a que tiene que ver con el tipo de comercio y aplicaciones de lo importado. Desde la perspectiva de la economía ecológica se aportan indicadores alternativos a los indicadores monetarios como son: la huella ecológica, la biocapacidad, el espacio ambiental, huella hídrica y la apropiación de producción primaria neta en cuanto al retorno energético (Peinado, 2019).

Huella ecológica de producción

La huella ecológica presenta seis factores intervienen en este tipo de huella y cómo influye en la superficie, entre ellas: áreas destinadas al cultivo ya sean frutas, vegetales, plantas, semillas, etc., la superficie dedicada a los pastos, áreas verdes para la alimentación del ganado a de obtener alimentos de origen animal, áreas de bosques dedicados a la producción de madera, áreas de pesca o zona de mar donde se obtiene mariscos, áreas de construcción dedicado a zonas habitacionales, sectores recreativos, zonas de transporte, etc., áreas de bosques o zonas de protección y absorción de CO₂, espacio necesario para capturas de las emisiones de carbono por producción de bienes y servicios (Ibarra-Cisneros & Monroy-Ata, 2014).

El impacto que genera la producción en un determinado territorio se define como el espacio biológicamente productivo, para generación de materias primas, bienes y servicios vendidos o exportados a otros países de destino (Ministero del Ambiente, 2020), además, la producción a grande escala es una de las grandes causas del deterioro ambiental, este tipo de huella mide el impacto ambiental y el uso de los recursos naturales frente a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Biocapacidad

La biocapacidad de un país se encuentra determinada por dos factores: zonas productivas (área de cultivos, tierras de pastoreo, zonas de pesca, bosques) y la productividad. A su vez se considera biocapacidad al espacio destinado para: cultivar, producir alimentos, bosques de madera y que puedan absorber CO₂. La biocapacidad es considerada como el espacio de tierra disponible para el cultivo y la productividad medido por hectárea producida en árboles y cultivos. Por ejemplo, los cultivos en países secos son menor a los de países cálidos o húmedos, es decir, si la tierra y el mar de un país son más productivos que otro. La biocapacidad incluye más hectáreas globales de las que dispone, de forma que si la productividad aumenta será proporcional al aumento de biocapacidad (WWF World Wide Fund for Nature, 2010).

La biocapacidad representa los ecosistemas y la habilidad para producir materia biológica útil para absorber desechos que genera el ser humano, al usar tecnologías de administración y extracción, se mide en hectáreas globales y la huella ecológica mide la demanda de la capacidad productiva (WWF World Wide Fund for Nature, 2010). Además, indica cual es la cantidad de superficie biológicamente productiva que se encuentra disponible en la superficie. Por ello los recursos que son consumidos por los seres humanos y los desechos vertidos al ambiente, se transforman en áreas de tierra bioproductiva e indican la cual es la biocapacidad y la sostenibilidad del ambiente (Dai et al., 2023).

En los factores ambientales es importante el cálculo del Índice de Huella Ecológica pues evalúa el impacto de ser humano en el planeta desde el ámbito económico, donde se relaciona: consumo de alimentos, por productos naturales renovables por hectárea global y por año (hag/hab/año). Todo por hectáreas globales de producción. En términos de desarrollo humano se establece que el cambio climático, pérdida de biodiversidad, sobre explotación, escasez de agua, perdida de la biocapacidad, esto lleva al planeta a acercarse a puntos críticos que se producirían en el cambio climático (Hodge et al., 2018). Cada punto de inflexión representa un espacio crítico del ambiente que no volvería a su estado original, si se sobrepasa del umbral establecido

la alteración resultante será irreversible que llevará un lapso largo de tiempo para recuperarse.

Al sobrepasar estos puntos de inflexión se desencadenarán cambios climáticos acelerados que podrían superar la capacidad de adaptación de los ecosistemas y las especies. Algunos cambios desencadenados por el sobrepaso de los puntos de inflexión pueden ser práctica e irreversible a escalas de tiempo humanas. Por ejemplo, la pérdida de extensas áreas de bosques, áreas verdes, pastizales, etc. (Field & Barros, 2014). Puede llevar a la transformación de esos ecosistemas en sabanas, lo que resultaría en una pérdida irreversible de biodiversidad y servicios ecosistémicos. Por ello la adopción de prácticas sostenibles y la transición hacia fuentes de energía renovable son acciones urgentes y necesarias para proteger el planeta y asegurar un futuro sostenible.

Hectárea global

La huella ecológica de las diferentes zonas bioproductivas de un país se pueden expresar por hectáreas globales, lo que indica que una hectárea son $10\,000\text{m}^2$, la cual se utiliza de acuerdo con las seis variables del cálculo de consumo (Doménech Quesada, 2007). En el planeta tierra existen 120 600 millones de áreas con hectáreas productivas, tanto marinas como terrestres. Sin embargo, al no ser los humanos los únicos habitantes del planeta el 10% de la superficie son seres vivos y el 90% destinados para los seres humanos (Doménech Quesada, 2007).

Superficie

Las superficies ambientales hacen referencia a las características físicas de la superficie terrestre que tienen un impacto significativo en los procesos ecológicos, los sistemas naturales y el medio ambiente en general. Estas superficies incluyen elementos como el suelo, la vegetación, el agua, las áreas urbanas y las distintas formaciones geográficas (Field & Barros, 2014). El estudio de las superficies ambientales implica analizar la estructura, composición y función de estos elementos en relación con su interacción con los procesos naturales y las actividades humanas. Se consideran aspectos como el uso del suelo, la planificación urbana, la conservación

de la biodiversidad y la gestión sostenible de los recursos naturales (Field & Barros, 2014).

La superficie bioproductiva, es un concepto fundamental para evaluar la capacidad de un ecosistema para mantener y sustentar la vida. Se basa en la producción neta, es decir, la cantidad de biomasa producida por las plantas a través de la fotosíntesis descuenta la energía utilizada en la respiración de las propias plantas. Al utilizar la productividad global media del ecosistema como referencia de cálculo, se determina determinar la cantidad de biomasa que puede ser generada en un área determinada por hectáreas (Albornoz Mendoza et al., 2020).

Por otro lado, la huella ecológica se enfoca en analizar el impacto ambiental desde la perspectiva del consumo de la población, considera todos los insumos, recursos y servicios biofísicos necesarios para satisfacer el consumo. Esta medida se expresa en hectáreas globales de tierra bioproductiva, al combinar el concepto de superficie bioproductiva con la huella ecológica, se obtiene una visión completa de cómo las actividades de consumo afectan la disponibilidad y el uso de los recursos naturales (Albornoz Mendoza et al., 2020).

Tipos de superficies bioproductivas

La biocapacidad de un territorio se define como la disponibilidad de superficies biológicamente productiva según sus categorías, cultivos, pastos, mar, productivo, zonas de pesca, bosques, todos medidos o expresados en hectáreas (ha) o hectáreas per cápita (ha/cap) (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008) .

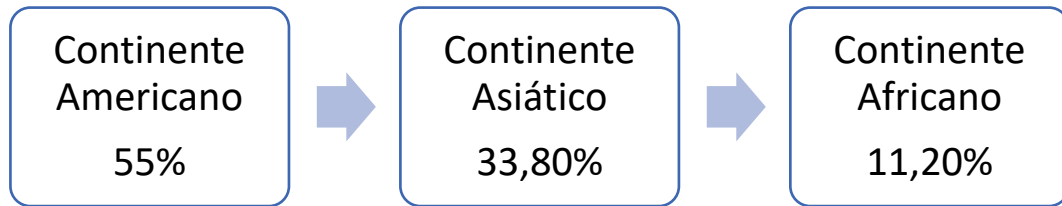
Bosques

Los bosques a nivel mundial ocupan el 10% de la superficie terrestre y son los principales captadores de carbono en un rango de 6 veces más de lo que el ser humano produce por el consumo de combustibles fósiles, la superficie de bosques en su mayor parte se encuentra en el continente americano, más conocido como el Neotrópico, que va desde el Trópico de Cáncer y el del Capricornio, se extiende por los bosques

lluviosos de la Amazonia, la Mata Atlántica o el Darién (Albornoz Mendoza et al., 2020).

Figura 2

Porcentaje de bosques tropicales a nivel mundial



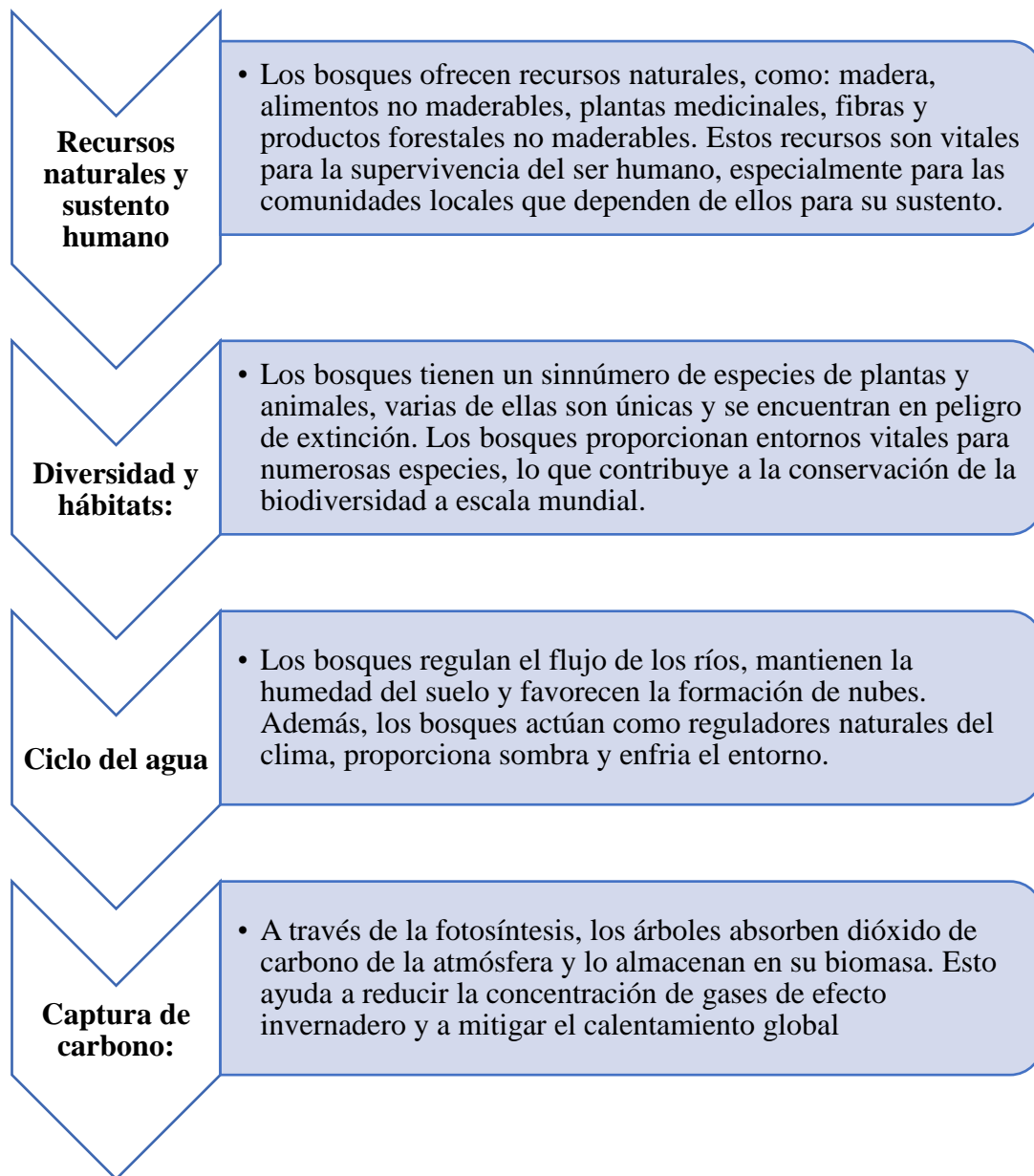
Nota. Porcentaje de bosques tropicales a nivel mundial. Fuente: (Albornoz Mendoza et al., 2020)

Los bosques tropicales y subtropicales incluyen 4 biomas: bosque tropical húmedo, bosque tropical seco, bosque tropical de coníferas y el manglar. Los bosques tropicales albergan cerca de 20 000 especies de vertebrados terrestres y varias especies endémicas que el resto de las biomasas (Albornoz Mendoza et al., 2020). Los bosques al ser superficies forestales naturales o repobladas, siempre se encuentran en peligro de ser explotadas.

Los bosques juegan un papel importante en el suministro de agua, estabiliza la erosión de los suelos. El agua dulce a nivel mundial es proporcionada por las cuencas arboladas, así como la protección de los embalses y presas por sedimentos (Blanco, 2017). Los bosques en todo el mundo ayudan en el equilibrio de los ecosistemas, la preservación de la diversidad biológica y el bienestar de las personas. Algunos aspectos de los bosques son:

Figura 3

Características de los bosques



Nota: Características de los bosques. Fuente: (Blanco, 2017)

Por ello, los bosques a nivel mundial son de suma importancia para la conservación de la biodiversidad, la mitigación del cambio climático, la regulación del ciclo del agua, la provisión de recursos naturales y el bienestar humano.

Pastizales

Son áreas o ecosistemas que presentan una amplia vegetación, en su mayoría compuesta por plantas herbáceas que es principal del consumo herbívoro, que no son adecuadas para la agricultura intensiva. Debido a su composición de vegetación herbácea, los pastizales ofrecen un entorno propicio para el pastoreo, lo que permite a los seres humanos recolectar y transformar la producción primaria dispersa en productos utilizables y consumibles (Rebollo & Gómez Sal, 2003).

Es importante destacar que, aunque las plantas herbáceas son dominantes en los pastizales, la presencia de arbustos y árboles juega un papel significativo en este ecosistema. Estas plantas más altas proporcionan protección a los animales, crean microhábitats y actúan como recursos alimenticios adicionales, en especial durante períodos de escasez de plantas herbácea (Rebollo & Gómez Sal, 2003).

Tierras de cultivo

Son espacios destinados al cultivo, conforman las zonas arables, campos de arroz, sistemas agroforestales, zonas perennes y cultivos anuales, las zonas destinadas al descanso de siembra después de haber sido trabajada. los cultivos perennes consisten en árboles, arbustos y una combinación de cultivos herbáceos, como en el caso de la agroforestación, o en forma de huertos, viñedos y plantaciones de cultivos como cacao, café, té, palma noli, coco, árboles de caucho y bananas (Lasco et al., 2006).

Los espacios que han sido alterado o fragmentados por los cambios de uso del suelo han convertido a la biodiversidad en tierras de cultivo, esto ha afectado y dado paso a que los pastos se conviertan en espacios dedicados a la agricultura, el abandono de tierras, el crecimiento urbano y la rápida expansión de infraestructuras de transporte y redes de energía (Equipo técnico de la Fundación Global Nature, 2018). De acuerdo al Equipo técnico de la Fundación Global Nature (2018) el 70% de las especies están amenazadas por la pérdida de hábitats. No obstante, la flora y fauna asociada a espacios agrarios ha disminuido un 90 % debido a la intensificación del uso del suelo, debido al incremento en el uso de pesticidas y a la sobre fertilización.

Tierra urbanizada

Son espacios direccionados a la construcción de bienes inmuebles, edificios, casas, zonas residenciales, comerciales, parques recreativos, zonas comerciales, etc., en uso para los seres humanos, a su vez constituyen las zonas urbanas y rurales que la población ocupa. La expansión de los territorios rurales y urbanos son es un fenómeno global en respuesta al crecimiento demográfico y al desarrollo económico (Martínez et al., 2016). Sin embargo, esta transformación de áreas naturales en áreas urbanas puede tener impactos negativos en el medio ambiente, incluida la pérdida de hábitats naturales, la fragmentación del paisaje, la degradación del suelo, la demanda de recursos naturales y la generación de contaminación y emisiones de gases de efecto invernadero.

La expansión de la tierra urbanizada es un fenómeno global en respuesta al crecimiento demográfico y al desarrollo económico. Sin embargo, esta transformación de áreas naturales en áreas urbanas puede tener impactos negativos en el medio ambiente, incluida la pérdida de hábitats naturales, la fragmentación del paisaje, la degradación del suelo, la demanda de recursos naturales y la generación de contaminación y emisiones de gases de efecto invernadero (Martínez et al., 2016).

Zonas de pesca

Las zonas de pesca son áreas específicas como: océanos, mares, ríos o lagos, donde se lleva a cabo la actividad de pesca de manera regular. Estas áreas son identificadas y delimitadas con el propósito de gestionar y regular la explotación de los recursos pesqueros. Además, las zonas de pesca son espacios donde se capturan especies similares, los pescadores presentan un lugar de desembarco con infraestructura apta para la actividad económica y el transporte de los productos marinos. Este espacio constituye lugar de pesca, arribo, desembarque, almacenamiento y distribución (Valdez Leyva, 2012).

Las zonas de pesca pueden establecerse tanto en aguas costeras como en aguas internacionales, y su delimitación depende de cada gobierno de cada país,

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente (2020), en Ecuador la huella ecológica de las zonas de pesca se basa en la producción primaria anual requerida para sostener especies acuáticas capturadas. Este requerimiento de producción primaria (PPR), es la división de la masa de pescado capturado, por la producción primaria requerida para sostener esas especies, basado en su nivel trófico promedio.

Cálculo de la huella Ecológica

Para un análisis profundo sobre la afectación de la huella ecológica al medio ambiente es importante conocer a partir de las emisiones de CO2 relativas al consumo o tipo de residuo producido. A continuación, se indica los tipos de recursos y residuos considerados para el cálculo:

Tabla 1:

Consumo y residuos de la huella ecológica

Consumo	Componentes
Consumos de recursos naturales	<ul style="list-style-type: none"> - Agua - Construcción - Energía eléctrica - Energía calorífica - Cogeneración - Movilidad - Papel - Alimentación - Bienes de consumo - Vivienda - Servicios
Producción de residuos	<ul style="list-style-type: none"> - Residuos urbanos - Residuos peligrosos - Residuos no peligrosos
Superficies	<ul style="list-style-type: none"> - Cultivos - Bosques - Pastos - Bosques madereros, fibras, etc. - Mares - Terrenos urbanizados - Bosques de absorción de carbono

Nota. Consumo y residuos de la huella ecológica Fuente: elaboración propia basada en (Torres et al., 2011)

Fórmula de cálculo:

$$Huella \left(\frac{ha}{año} \right) = \left(\frac{emisiones(tonCO_2)}{C.Fijación \left(\frac{tonCO_2}{\frac{ha}{año}} \right)} \right) + superficieCampus \left(\frac{ha}{año} \right) \quad [1]$$

En donde:

ha = hectáreas

ton = toneladas

CO₂ = dióxido de carbono

Superficie: medida en hectáreas de bosques, pastos, tierra de cultivo, etc.

Por ello al expresar los resultados en hg, se realiza una normalización que tiene en cuenta tanto la productividad marítima como la terrestre. Esto es importante porque los ecosistemas marinos y terrestres tienen capacidades de producción y absorción diferentes. Al utilizar la medida común de hg, se establece una base equitativa para comparar y evaluar el impacto ambiental en ambos tipos de ecosistemas (Álvarez, 2013).

La normalización de los resultados de la huella ecológica utiliza la medida común de hectárea global (hg) es esencial para poder comparar y evaluar de manera precisa el impacto ambiental de diferentes áreas con distintas características. La hectárea global se define como una unidad que representa la capacidad promedio de producción de recursos y absorción de residuos de la tierra en todo el mundo (Álvarez, 2013).

Para determinar la huella ecológica de una región específica, es necesario buscar, examinar y procesar los datos estadísticos relacionados con la producción de los sectores analizados, importaciones y exportaciones, consumo, áreas de tierra efectiva utilizada para la producción, ocupación del territorio, etc. Esto permitirá refinar los datos cuando sea posible o extrapolar los valores obtenidos de estudios similares en aquellos casos en los que la falta de estadísticas impida realizar correcciones.

A partir de las bases teóricas sobre la huella ecológica, Rees y Wackernagels desarrollaron una metodología de cálculo, que parte de dos supuestos: I) se puede contabilizar los recursos consumidos de una población en toneladas, y II) puede ser traducido en el área biológicamente productivo es decir en hectáreas (Gachet Otáñez, 2002).

$$(Consumo aparente = producción - exportación + importación) \quad [2]$$

Luego se transforma los consumos en superficie bioproductiva apropiada a través de los índices de productividad:

$$Huella ecológica = \frac{consumo}{productividad} \times factor\ de\ equivalencia \quad [3]$$

Factor de equivalencia:

De acuerdo con Torres et al. (2011), representa la productividad potencial media global de un área productiva, con relación a la productividad potencial global de todas las áreas bioproductivas. Un factor de 3,2 significa que tal categoría de tierra es 3,2 veces más productiva que la tierra bioproductiva media mundial.

Paso para estimar:

$$aa_i = \frac{c_i}{p_i} \quad [4]$$

aa = área de tierra productiva per cápita apropiada

i = producción de cada elemento de consumo

c = promedio anual de consumo por elemento en kilogramos per cápita

p = productividad anual promedio en kilogramos por hectárea

A partir de la huella ecológica promedio de cada individuo, se calcula la huella ecológica per cápita de la región mediante la suma de todas las áreas de ecosistemas apropiadas, por el consumo de los distintos ecosistemas.

$$ef = \sum_{i=1}^n aa_i \quad [5]$$

ef = huella ecológica promedio per cápita

aa = área de tierra productiva per cápita apropiada

i = producción de cada elemento de consumo

n = número de los elementos o canasta de consumo de bienes y servicios.

Finalmente, el cálculo de la huella ecológica de la población:

$$EF_p = N(ef) \quad [6]$$

EF_p = huella ecológica de la población

N = total de población de estudio

(*ef*) = huella ecológica promedio per cápita

La metodología descrita ha sido principalmente utilizada en el cálculo de las huellas ecológicas nacionales debido a su capacidad para identificar todos los recursos consumidos por una economía, así como los desechos generados. Sin embargo, también es aplicable para calcular huellas ecológicas a nivel individual, local o regional (Gachet Otáñez, 2002). El enfoque de calcular la huella ecológica a nivel nacional permite tener una visión integral de cómo una economía utiliza los recursos naturales y cómo impacta en el medio ambiente a través de la generación de desechos. Esto es crucial para comprender el impacto ambiental de una nación y diseñar estrategias de mitigación y sostenibilidad.

Además, la metodología puede ser adaptada para calcular las huellas ecológicas a nivel individual, local o regional. Esto permite evaluar el impacto ambiental de una persona, una comunidad o una zona geográfica específica. Estos cálculos más detallados pueden ser útiles para tomar decisiones informadas sobre el consumo, diseñar políticas ambientales a nivel local y fomentar la participación de la comunidad en la reducción de su huella ecológica (Gachet Otáñez, 2002).

2.2. Hipótesis (opcional) y/o preguntas de investigación

La huella ecológica como dimensión de la superficie bioproductiva. Un estudio multivariante.

Hipótesis:

Hay una fuerte asociación entre las huellas ecológicas y los años de estudio.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Recolección de la Información

Población

Se investigaron las 9 huellas ecológicas obtenidas en la base de datos SINIAS, que son: Huella Ecológica, Huella Ecológica de Exportaciones, Huella Ecológica de Exportaciones per cápita, Huella Ecológica de Importación, Huella Ecológica de Importaciones per cápita, Huella Ecológica de Producción, Huella Ecológica de Producción per cápita, Huella Ecológica per cápita (Ministero del Ambiente, 2020).

Fuentes secundarias

Se analizó artículos científicos, libros, publicaciones científicas, el análisis de una base de datos obtenida en el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, de la sección Sistema Nacional de Indicadores Ambientales y Sostenibilidad de Recursos Ambientales. (Nota: Se cuenta con toda la base de Datos disponibles)

Instrumento y métodos para recolectar la información

Para la investigación se usó la técnica de análisis de datos que es utilizada para examinar, interpretar y extraer información significativa de los conjuntos de datos. Se trata de un proceso sistemático que implica organizar, limpiar, modelar y analizar los datos con el objetivo de descubrir patrones, tendencias, relaciones o cualquier otro tipo de información relevante (Martín, 2012).

La técnica de análisis de datos puede involucrar diferentes métodos y enfoques, como el análisis estadístico, el análisis de tendencias, el análisis de clústeres, el análisis de regresión, entre otros. Depende de los objetivos y el tipo de datos disponibles, se seleccionan las herramientas y técnicas más apropiadas para realizar el análisis. Además, se utiliza en una amplia gama de campos y disciplinas, incluyen la

investigación científica, la toma de decisiones, el análisis de mercado, la investigación social, etc. Lo cual permite revelar información oculta en los datos, identificar patrones y tendencias, obtener conocimientos y respuestas a preguntas específicas, y fundamentar la toma de decisiones basadas en evidencia (Torres et al., 2011).

3.2 Tratamiento de la Información

En este apartado se detalla los diferentes métodos y enfoques que se utilizaron para alcanzar cada uno de los objetivos específicos establecidos y, al mismo tiempo, dar respuesta a la pregunta de investigación planteada.

Para el objetivo 1 se usó los estudios descriptivos, que miden de forma independiente las variables y aun cuando no se formulen hipótesis, tales variables aparecen enunciadas en los objetivos de investigación (Arias, 2006), para describir la dinámica de las afectaciones de las superficies bioproductivas al medio ambiente, se basó en Medidas de Tendencia Central, cuya función indicará el lugar donde se ubican los elementos, servirá para comparar cualquier valor con el puntaje central o atípico, el mejor promedio entre dos variables mediante la comparación (Ruiz Ramirez, 2020).

Media Aritmética:

Se la considera el promedio o la media, es la medida de posición de tendencia central más utilizada por cociente entre la suma de los valores de la variable y el número total de datos (Graña & Díaz, 2007).

La media se calcula con la formula:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i n_i}{N} \quad [7]$$

En donde;

\bar{X} = media aritmética

x y n = variable

N = Población total

Varianza:

Es un indicador de la dispersión de los datos con respecto al valor medio de la variable.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad [8]$$

s^2 = varianza

$\sum x$ = suma de los elementos

i = índice que va de 1 a n

N = tamaño de la muestra

x_1 = valores individuales de la muestra

El coeficiente de variación:

Se define por cociente entre la desviación típica y la media aritmética de la variable, e indica, por tanto, el número de veces que la desviación típica contiene a la media. Dado que la desviación típica y la media están expresadas en las mismas unidades, al efectuar el cociente, el valor que se obtiene es adimensional (Graña & Díaz, 2007).

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \quad [9]$$

CV = coeficiente de variación

S = desviación estándar de cada zona bioproductiva por huella y por año

\bar{X} = media aritmética de cada zona bioproductiva por año

Adicionalmente para una mayor comprensión de la información, se usó histogramas y polígonos de frecuencia, finalmente, estadísticos de forma: curtosis y asimetría.

El segundo objetivo se realizó mediante los estudios correlacionales, que permitieron mediante un análisis de regresión establecer las relaciones entre los diferentes tipos de huellas ecológicas. El modelo de regresión lineal simple representó la línea que mejor se ajusta a los puntos en el gráfico de dispersión de cada tipo de huella ecológica.

El modelo de regresión lineal simple está determinado por la formula

$$(Y = b_0 + b_1x) \quad [10]$$

En donde;

y = variable respuesta

x = variable predictora

b_0 = intersección, determina el valor de y cuando x es cero

b_1 = pendiente, determina la cantidad en que cambia y cuando x se aumenta en 1

Con estos resultados se determinó las predicciones sobre el impacto de cada huella en un período de tiempo y zona bioproductiva. Las distancias entre los puntos y la línea es el residuo entre zonas, es decir, la diferencia entre el valor obtenido y el valor próximo. Con la correlación de Pearson r (Fachelli & López Roldán, 2015), se comparará los perfiles de cada zona bioproductiva; con la fórmula:

$$R = \frac{S_{XY}}{S_X S_Y} \quad [11]$$

Se midió el grado de concordancia entre ellos; así mismo, el coeficiente de determinación (R^2), indica las comunalidades iniciales en modelos factoriales, es decir la variabilidad de las huellas ecológicas por zona bioproductiva y el porcentaje de la varianza entre las variables de análisis.

Para un resultado con mayor precisión, sobre si la correlación es negativa y estadísticamente significativa, Para ello, se detalla la siguiente tabla y las posibles relaciones en este estudio.

Tabla 2:

Grado de relación según coeficiente de correlación de Rho de Spearman

Rango	Relación
-0.91 a -1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.10	Correlación negativa débil
0.00	No existe correlación
+0.01 a +0.10	Correlación positiva débil
+0.11 a +0.50	Correlación positiva media
+0.51 a +0.75	Correlación positiva considerable
+0.76 a +0.90	Correlación positiva muy fuerte
+0.91 a +1.00	Correlación positiva perfecta

Nota. Grado de relación según coeficiente de correlación Fuente: (Mondragón Barrera, 2014)

Para el tercer objetivo se usó estudios multivariantes útiles para establecer las afectaciones relevantes de la superficie bioproductiva por sector económico, se utilizó la estadística multivariante que describió e interpretó los datos de los diferentes sectores bioproductivos de manera conjunta, a partir de la base de datos de las variables se obtuvo una gráfica que demostró la conformación de clústeres (López Fernández et al., 2017). Mediante el método de conglomerados jerárquicos, se analizó el universo de cada tipo de huella ecológica, mediante algoritmos donde se partió cada zona bioproductiva de manera ascendente o descendente.

Tabla 3:

Clasificación de los métodos de agrupamiento

Tipo de métodos	Descripción del método
Distancia mínima o vecino más próximo	Los grupos se unen y considera la menor de las distancias existentes entre los miembros más cercanos de distintos grupos. Crea grupos más homogéneos. Ayuda a detectar <i>outliers</i> , pero no es útil para resumir datos. Los <i>clústeres</i> son demasiado grandes. Es el método más sencillo.
Distancia máxima o vecino más lejano	Los grupos se unen y considera la menor de las distancias existentes entre los miembros más lejanos de distintos grupos. Los grupos resultantes son más heterogéneos. Es útil para detectar <i>outliers</i> y los <i>clústeres</i> son pequeños y compactos.
Media o promedio entre grupos	La distancia entre los grupos se obtiene calculando la distancia promedio entre todos los pares de observaciones independientemente de que estén próximos o alejados. Agrupa los conglomerados con un tamaño óptimo y fusiona <i>clústeres</i> con varianzas pequeñas. Es uno de los métodos más utilizados.
Vinculación intra-grupos	Es una variante de la anterior, aunque en este caso se combinan los grupos buscando que la distancia promedio dentro de cada conglomerado sea la menor posible.
Ward o Método de varianza mínima	La distancia entre dos <i>clústeres</i> se calcula como la suma de cuadrados entre grupos en el ANOVA. Se persigue la minimización de la varianza intra-grupal y maximiza la homogeneidad dentro de los grupos. Suele ser muy adecuado, aunque los <i>clústeres</i> que genera suelen ser pequeños y muy compactos. Es especial a los <i>outliers</i> .
Centroide	La distancia entre dos <i>clústeres</i> se calcula como la distancia entre sus centroides. Se trabaja con los valores originales. Las variables deben ser cuantitativas de intervalo. Este método es sensible si los tamaños de los grupos son muy diferentes
Agrupación de medianas	Variante del método anterior en la que no se considera el número de casos que forman cada uno de los agrupamientos, sino solo el número de conglomerados.

Nota. Clasificación de los métodos de agrupamiento Fuente: (Vilà-Baños et al., 2014)

Además, con el método de Ward, determinó la medida de distancia entre centroides, donde se define la distancia entre unidad y grupo, tiene en cuenta todas las variables que caracterizan a cada huella (Vilà-Baños et al., 2014). Y se aplicó distancias de euclídeas al Cuadrado para calcular la distancia entre los puntos obtenidos en la regresión lineal, lo cual equivale a la longitud de la recta que une dos puntos en un espacio (Fachelli & López Roldán, 2015).

Para la verificación de la hipótesis se utilizó el estadístico de chi-cuadrado cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} \quad [12]$$

3.3 Operacionalización de las variables

Tabla 4:

Operacionalización variable independiente: Tipos de huellas ecológicas

Conceptualización	Dimensiones/categorías	Indicadores	Ítems	Técnica/instrumento
La Huella Ecológica herramienta utilizada para medir la demanda de recursos naturales de la humanidad sobre la capacidad regenerativa del planeta (Biocapacidad mundial).	- Huella Ecológica -Huella Ecológica per cápita. -Huella Ecológica de Exportaciones -Huella Ecológica de Exportaciones per cápita -Huella Ecológica de Importación -Huella Ecológica de Importaciones per cápita -Huella Ecológica de Producción -Huella Ecológica de Producción per cápita	-Bosques -Bosques para absorción de carbono -Pastizales -Tierras de cultivo -Tierra urbanizada -Zonas de Pesca	Hectáreas Globales	-Análisis documental -Matriz para datos secundarios.

Nota. Operacionalización de la variable independiente con sus componentes.

Fuente: SINIAS (2023)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Resultados y discusión

En el siguiente apartado se describe con mayor detenimiento los tipos de huellas ecológicas sometidas a estudio con diferentes aristas: descriptivos, analíticos, multivariantes, tabulares, gráficos, porcentuales, entre otros.

Para responder al primer objetivo se procede a analizar los estadísticos descriptivos como la media aritmética que indica el promedio, por huella ecológica, en el territorio ecuatoriano, este dato estadístico proporciona un punto de referencia común para resumir y comparar los datos en un solo conjunto, la media en este estudio es sensible a los valores extremos o atípicos en el conjunto de datos, ya que se ven afectados por su inclusión en la suma total. Debido a que, si un conjunto de datos contiene valores atípicos, la media puede sesgarse hacia arriba o hacia abajo. En tales casos, puede ser útil considerar otras medidas estadísticas, como la mediana o la moda, que son menos sensibles a los valores extremos.

Se usa el coeficiente de variación para comparar la variabilidad de los datos obtenidos de las hectáreas globales por zona bioproductiva, se consideró que estos datos pueden tener diferentes escalas o promedios. Un coeficiente de variación bajo indica que los datos presentan una variabilidad baja en relación con su media, lo que sugiere una mayor consistencia o estabilidad en su distribución. Por otro lado, un coeficiente de variación alto indica una mayor variabilidad relativa en relación con la media, lo que sugiere una distribución menos consistente o más variable de los datos (López Fernández et al., 2017).

Por otra parte, se usa la regresión lineal para establecer las afectaciones que tienen cada una de las zonas bioproductivas, en esta investigación, se utiliza para analizar la relación entre variables, predecir valores futuros y proporcionar información valiosa para la toma de decisiones. Es una herramienta flexible y utilizada que puede proporcionar información cuantitativa y respuestas a preguntas de investigación en diversos campos. Así también se ha aplicado un análisis multivariante mediante el cual

se examina cómo las variables Huella Ecológica General, Huella Ecológica de Exportaciones, Huella Ecológica de Importaciones y Huella Ecológica de Producción se relacionan entre sí y cómo contribuyen conjuntamente a los resultados o patrones observados, determina los factores que se encuentran relacionados y el número de hectáreas globales afectadas por los desechos producidos. Este análisis multivariante puede ayudar a identificar grupos o segmentos en un conjunto de datos mediante técnicas como el análisis de conglomerados o el análisis de componentes principales. Permite clasificar individuos, observaciones o casos en categorías homogéneas en función de sus características (Fachelli & López Roldán, 2015); y proporciona información sobre las diferencias y similitudes entre los sectores económicos con afectaciones a las superficies bioproductivas.

Al final, se usa los diagramas de calor que permiten identificar los patrones y correlaciones entre las diferentes clases de huellas. Al representar la relación entre variables en una matriz de colores, es posible identificar áreas de alta o baja correlación, lo que puede ayudar a encontrar patrones o relaciones interesantes en los datos. En este estudio se mide mediante los colores, a mayor intensidad del color quiere decir la cantidad de hectáreas globales y la zona bioproductiva con más ocupación de desechos producidos y de afectación presente en el ambiente y el que menor intensidad de color presenta, es el que no tiene una afectación severa, sino aquella zona bioproductiva que no genera impacto de afectación a la biocapacidad que dispone el territorio ecuatoriano.

A continuación, se presentan los siguientes resultados de investigación, obtenidos a partir de la base de datos del Ministerio del Ambiente del Ambiente, Agua y Transición Ecológica y El Sistema Nacional de Indicadores Ambientales y Sostenibilidad – SINIAS.

Tabla 5:

Descriptivos Huella Ecológica General

Estadígrafos	Huella Ecológica General					
	Bosques	Bosques para absorción de carbono	Pastizales	Tierras de cultivo	Tierra urbanizada	Zonas de pesca
<i>Media</i>	3825077,42	9907665,99	4025016,93	5507541,48	1011819,79	1528306,34
<i>Error típico</i>	91141,24	298508,57	223449,91	273689,31	152887,84	545511,43
<i>Mediana</i>	3960270,34	10164255,71	4547458,97	5376069,05	1202026,75	1077125,12
<i>Moda</i>	4068975,87		3324969,75	7163948,46	261993,12	
<i>Desviación estándar</i>	302281,30	990040,91	741099,53	907724,76	507071,60	1443287,59
<i>Varianza de la muestra</i>	9137398583	98018101077	54922850853	82396423192	257121607647	20830790559
<i>Curtosis</i>	4,04	8,62	2,68	3,79	,78	09,29
	1,86	-0,39	-2,34	0,65	-0,83	4,70
<i>Coefficiente de asimetría</i>	-1,54	-0,86	-0,20	1,06	-1,03	2,04
<i>Rango</i>	945072,81	2751382,10	1654636,72	2881639,74	1342056,66	4375061,71
<i>Mínimo</i>	3123903,06	8195496,18	3129871,21	4282308,72	192424,46	237818,12
<i>Máximo</i>	4068975,87	10946878,28	4784507,93	7163948,46	1534481,12	4612879,83
<i>Cuenta</i>	11	11	11	11	11	7

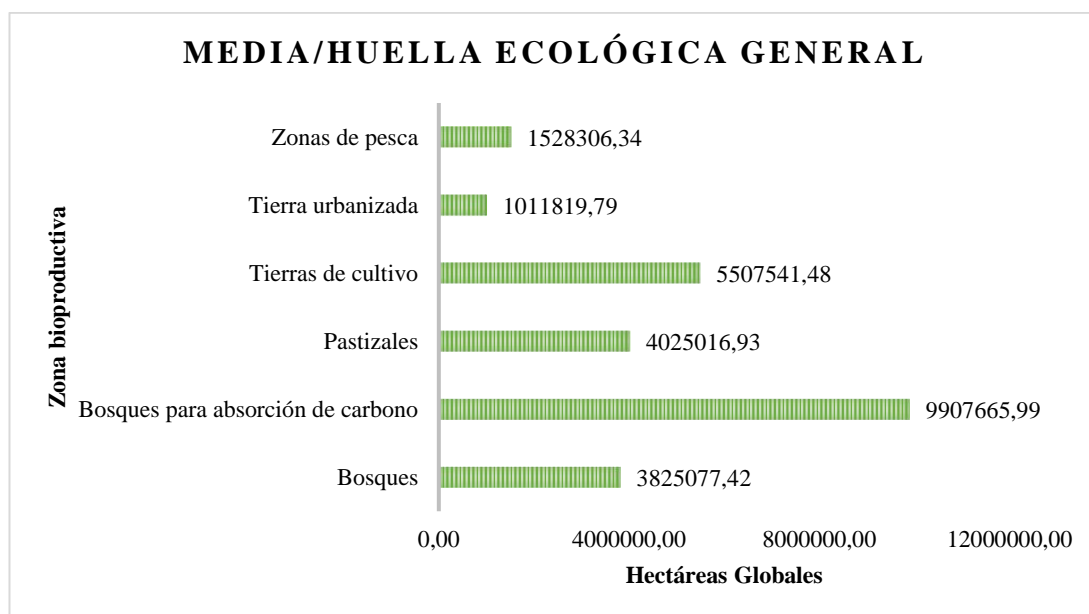
Nota. Descriptivos de la Huella Ecológica General por zonas bioproductivas. Fuente: elaboración propia basada en SINIAS (2023)

El punto de partida en esta investigación comienza con la Huella Ecológica General (HEG) que contiene a las seis zonas bioproductivas: *bosques, bosques para absorción de carbono, pastizales, tierras de cultivo, tierra urbanizada y zonas de pesca* a las que se aplicó estadísticos descriptivos, tanto los de tendencia central como los de dispersión y los de forma. Los datos evidencian que el menor promedio de hectáreas globales (hg) se encuentra en la zona bioproductiva denominada *tierra urbanizada* y la mayor superficie se ubica en *bosques para absorción de carbono*. En cuanto a los estadísticos de dispersión, la desviación estándar que más valor presenta se encuentra en *zonas de pesca* y la menor, en *bosques*; sin embargo, para determinar con precisión cuál es la zona bioproductiva que más dispersión presenta se calcula el Coeficiente de Variación (CV) y los resultados son: 94,44% para *zonas de pesca* y 7,90% para *bosques*. Finalmente, la asimetría de los datos evidencia que *tierras de cultivo* y *zonas de pesca* son positivas con sesgo a la derecha, por tanto, la media aritmética es mayor que la mediana y el modo; la curtosis, en los casos de *bosques para absorción de*

carbono, pastizales y tierra urbanizada son platicúrticas, por tener valores menores que 0 y estar dispersas.

Figura 4:

Media aritmética/ Huella Ecológica General



Nota. Representación de la media aritmética por zonas bioproductivas de la Huella Ecológica General. Fuente: Elaboración propia basada en SINIAS (2023)

Los datos presentados de las diferentes zonas bioproductivas que han sido consumidos en hectáreas globales, indican en cuanto a la media aritmética que 9907665,99 hectáreas globales pertenecen a los *bosques para absorción de carbono*, siendo la mayor zona bioproductiva en ocupar hectáreas globales de huella ecológica de la superficie ecuatoriana; y la zona bioproductiva *tierra urbanizada* es la menor en ocupar espacio territorial en cuento a la huella ecológica general con 1011819,79 hectáreas globales, de acuerdo al estudio esta media está relacionada con la expansión de áreas urbanas y la cantidad de tierras convertidas en entornos urbanizados.

Mientras que en las zonas bioproductivas de *pastizales* ocupa 4025016,93 hg y *bosques* ocupa 3825077,42 hg presenta una mínima variación entre ambas zonas bioproductivas, debido a que la huella ecológica demuestra el impacto que tiene el ser

humano sobre el entorno natural; en el caso de los *bosques* y *pastizales* existe una leve similitud por los factores de uso de tierra, emisiones de carbono y la biodiversidad.

Tabla 6:

Ratios Zonas bioproductivas/Huella Ecológica General

Hectáreas Globales/ Zona bioproductiva	1	2	3	4	5	6
(1) Bosques	1,00	2,59	1,05	1,44	0,26	0,40
(2) Bosques para absorción de carbono	0,39	1,00	0,41	0,56	0,10	0,15
(3) Pastizales	0,95	2,46	1,00	1,37	0,25	0,38
(4) Tierras de cultivo	0,69	1,80	0,73	1,00	0,18	0,28
(5) Tierra urbanizada	3,78	9,79	3,98	5,44	1,00	1,51
(6) Zonas de pesca	2,50	6,48	2,63	3,60	0,66	1,00

Nota. Distribución proporcional de las zonas bioproductivas en función de las hectáreas globales para la Huella Ecológica General. Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

Para una comprensión más objetiva de la afectación a las zonas bioproductivas que comprende la HEG, se comparan entre sí, de tal manera que la proporción se mide en veces, por ejemplo, *bosque para absorción de carbono* es 9,79 veces superior en afectación frente a *tierra urbanizada*, esto es evidente porque esta zona bioproductiva es la de mayor en hectáreas globales consumidas o afectadas. Le sigue en orden de proporcionalidad, *tierra de cultivo* con *tierra urbanizada* con 5,44 veces. Existe zonas equiparables, es decir de 1:1 por ejemplo *bosques* con *pastizales*.

Tabla 7:

Descriptivos Huella Ecológica de Exportaciones

Estadísticos	Bosques	Bosques para absorción de carbono	Pastizales	Tierras de cultivo	Zonas de pesca
Media	402861,14	2643205,17	16928,66	2654699,99	13173643,27
Error típico	23540,14	157260,85	3111,64	185625,18	517363,10
Mediana	413051,08	2805390,29	14762,73	2787963,94	14018758,03
Moda	291256,98		27486,42	1567859,86	14018758,03
Desviación estándar	78073,81	521575,22	10320,14	615649,07	1715899,30
Varianza de la muestra	6095520164,18	272040714044,76	106505254,28	379023774053,21	2944310397542,48

Curtosis	-1,01	-1,98	-1,37	0,24	-1,24
Coefficiente de asimetría	-0,64	-0,16	0,14	-0,87	-0,28
Rango	215518,92	1293709,26	31062,86	1903822,71	5284646,45
Mínimo	287984,09	1968771,64	2250,56	1567859,86	10277114,36
Máximo	503503,01	3262480,90	33313,42	3471682,57	15561760,81
Suma	4431472,55	29075256,86	186215,21	29201699,84	144910075,97
Cuenta	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00

Nota. Descriptivos de la Huella Ecológica de Exportaciones por zonas bioproductivas.

Fuente: elaboración propia basada en SINIAS (2023)

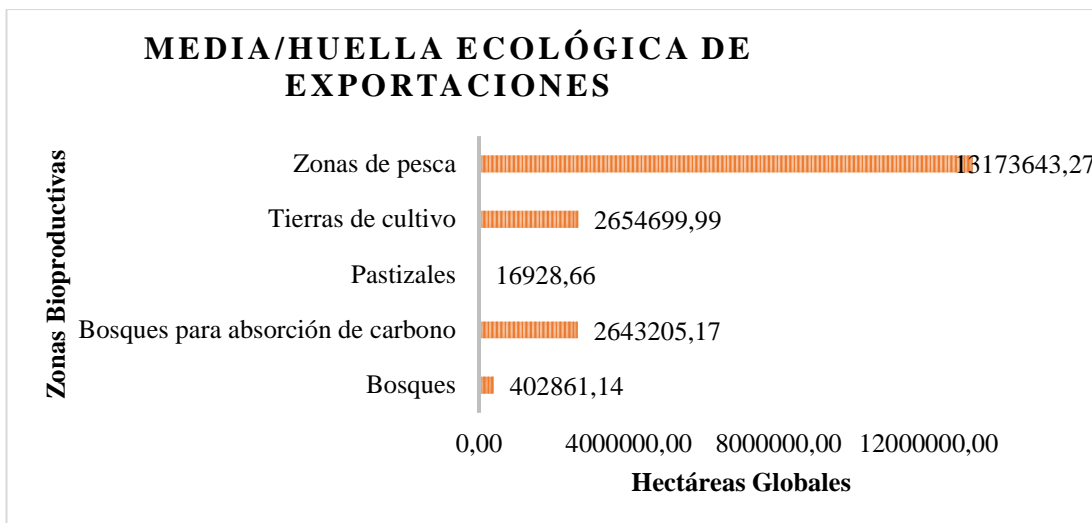
La información proporcionada indica que zona bioproductiva *zonas de pesca* tiene el menor promedio de hectáreas globales (hg), mientras que los *pastizales* destinados a la alimentación de animales, producción de alimentos, almacenamiento de carbono, conservación de diversidad, etc. poseen la mayor extensión de hectáreas globales. En términos de dispersión estadística, los *pastizales* presentan la desviación estándar más alta, mientras que las *zonas de pesca* muestran la desviación estándar más baja. Sin embargo, para determinar con mayor precisión qué zona bioproductiva presenta la mayor dispersión relativa, se calcula el Coeficiente de Variación (CV), obteniéndose un valor de 61% para los *pastizales* y un 13% para las *zonas de pesca*.

Este análisis resalta las diferencias en la distribución de las hectáreas globales entre las distintas zonas bioproductivas. Las zonas de pesca se caracterizan por tener una superficie promedio más baja, lo que sugiere un mayor grado de desarrollo humano y una mayor concentración de actividades del sector primario. Por otro lado, los pastizales poseen una extensión mayor, lo que indica su importancia en la protección del suelo y prevención de la erosión.

Finalmente, la asimetría de los datos evidencia que la zona bioproductiva *pastizales* es positivas con sesgo a la derecha, por tanto, la media aritmética es mayor a la mediana; la curtosis en *tierras de cultivo* presenta una distribución mesocúrtica que indica que la distribución en la zona bioproductiva *tierras de cultivo* tiene una forma relativamente normal y que la mayoría de los valores se agrupan en torno a la media, con una moderada concentración alrededor de la zona central.

Figura 5:

Media aritmética/ Huella Ecológica de Exportaciones



Nota. Representación de la media aritmética por zonas bioproductivas de la Huella Ecológica de Exportaciones. Fuente: Elaboración propia basada en SINIAS (2023)

De acuerdo con la figura 5 presentada de la media aritmética, la cual permite determinar el promedio de hectáreas globales (hg) por zona bioproductiva, indica que la mayor concentración se encuentra en las *zonas de pesca* con 13173643,27 hg, siendo la zona con mayor ocupación, mientras que los *pastizales* presentan una media de 16928,66 hg. Esto demuestra que la huella ecológica producida por las exportaciones se concentra en las *zonas de pesca*, indica un mayor nivel de actividad económica y comercial en esa área. En cambio, se observa que en la región de *pastizales* la huella ecológica es más baja, lo que sugiere que la actividad económica allí tiende a ser menos nociva para el medio ambiente.

Al comparar la zona bioproductiva de *bosques* frente a *bosques para absorción de carbono* es evidente, debido a que *bosques* tiene un porcentaje de 2,1% de hectáreas globales utilizadas y *bosques para absorción de carbono* 14% de hectáreas globales, esto quiere decir que del total de hg del Ecuador la huella ecológica de exportaciones y su zona bioproductiva *bosques* representan el 2,1% del total de hectáreas globales se dedica a *bosques*. Los *bosques* son ecosistemas importantes que desempeñan diversas funciones, como la conservación de la biodiversidad, la captura de carbono y la provisión de hábitats para muchas especies.

Por otra parte, la zona bioproductiva *bosques para la absorción de carbono* abarcan alrededor del 14% de las hectáreas globales. Demuestra que una proporción más grande de las áreas de *bosques* se utiliza para la absorción y almacenamiento de carbono, lo cual es esencial para mitigar el cambio climático. Estos bosques tienen una importancia particular en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero al capturar el dióxido de carbono de la atmósfera y almacenarlo en su biomasa y suelos.

Tabla 8:

Ratios Zonas bioproductivas/ Huella Ecológica de Exportaciones

Hectáreas Globales/ Zona bioproductiva	1	2	3	4	5
(1) Bosques	1,00	6,56	0,04	6,59	32,70
(2) Bosques para absorción de carbono	0,15	1,00	0,01	1,00	4,98
(3) Pastizales	23,80	156,14	1,00	156,82	778,19
(4) Tierras de cultivo	0,15	1,00	0,01	1,00	4,96
(5) Zonas de pesca	0,03	0,20	0,00	0,20	1,00

Nota. Distribución proporcional de las zonas bioproductivas en función de las hectáreas globales para la Huella Ecológica de Exportaciones. Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

Para tener una comprensión imparcial de la afectación en las zonas bioproductivas dentro de las Hectáreas Globales de Exportaciones (HEEX), se realiza una comparación entre ellas la medida de veces o ratios. Por ejemplo, se observa que los *pastizales* tienen una afectación 778,19 veces mayor que las *zonas de pesca*, lo cual es evidente debido a que los *pastizales* son la zona bioproductiva con la mayor cantidad de hectáreas globales consumidas o afectadas. En términos de ratios, los *pastizales* muestran la mayor proporción de afectación en comparación con las demás zonas bioproductivas. Por otro lado, los *pastizales* tienen una afectación de 23,80 veces menor que la zona bioproductiva *bosques*, lo que indica que los *bosques* están menos afectados en comparación con otras zonas. También se encuentran relaciones de igualdad 1:1 entre ciertas zonas bioproductivas, como los *bosques de absorción de carbono* y las *tierras de cultivo*, lo que sugiere que ambas tienen una afectación similar en términos de hectáreas globales.

Tabla 9:

Descriptivos Huella Ecológica de Importaciones

<i>Estadísticos</i>	Bosques	Bosques para absorción de carbono	Pastizales	Tierras de cultivo	Zonas de pesca
Media	779528,5209	5262872,222	174584,7764	2406275,439	4014403,695
Error típico	29245,0758	238175,1024	30586,42961	91454,31991	931385,6891
Mediana	766842,45	5348049,7	236343,16	2370218,67	2173669,09
Moda	710208,98		286857,37	2909785,83	2173669,09
Desviación estándar	96994,94338	789937,449	101443,7107	303319,6646	3089056,866
Varianza de la muestra	9408019041	6,24001E+11	10290826442	92002818940	9,54227E+12
Curtosis	-1,386681791	-0,571785618	-2,12155472	-0,481573388	-1,635492476
Coefficiente de asimetría	0,25501571	-0,485854775	-0,206096964	0,699037444	0,71358024
Rango	284602,38	2492883,15	237616,75	884637,71	7466321,81
Mínimo	657369,7	3871349,29	49240,62	2025148,12	1268678,36
Máximo	941972,08	6364232,44	286857,37	2909785,83	8735000,17
Suma	8574813,73	57891594,44	1920432,54	26469029,83	44158440,65
Cuenta	11	11	11	11	11

Nota. Descriptivos de la Huella Ecológica de Importaciones por zonas bioproductivas.

Fuente: elaboración propia basada en SINIAS (2023)

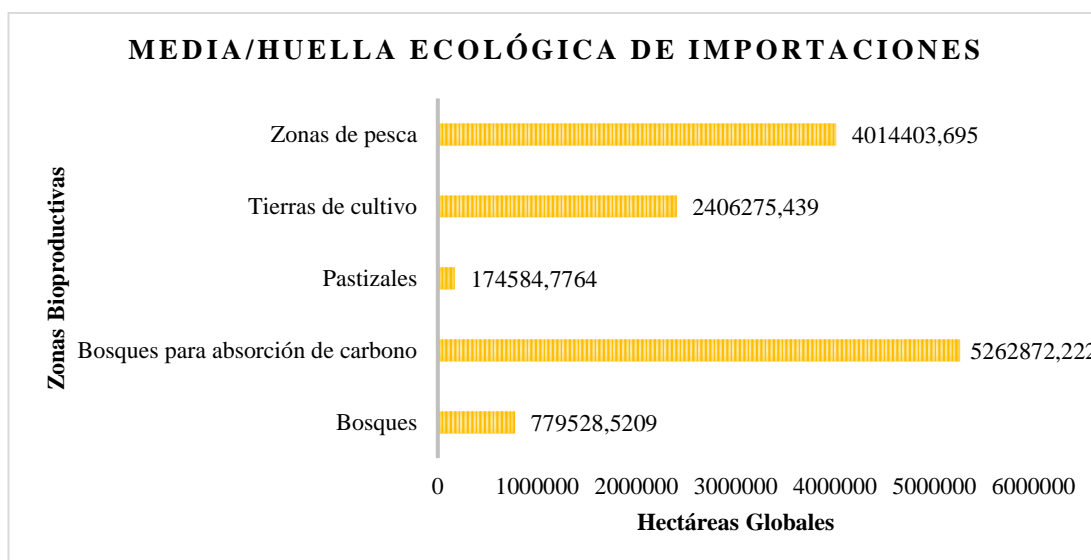
En el gráfico Tabla 9 se indica que el coeficiente de asimetría de los datos evidencian que en las zonas bioproductivas denominadas *bosques, tierras de cultivo, zonas de pesca* tienen valores positivos, es decir, los valores indican un sesgo a la derecha, por lo tanto, significa que la "cola" a la derecha de la media es más larga que la de la izquierda, indica que hay valores más extremos en el lado derecho de la distribución; por otra parte, la curtosis en todas las zonas bioproductivas (*bosques, bosques para absorción de carbono, pastizales, tierras de cultivo y zonas de pesca*) indican que la curtosis es negativa en todos los datos, indica que la distribución es platicúrtica o aplanada, lo que significa que hay menos valores extremos en relación con una distribución normal.

Finalmente hay un rango entre zonas bioproductivas que indican que el valor más alto de huella ecológica de las importaciones se encuentra en las *zonas de pesca* con 7466321,81 hg ocupadas, y el de menor hectáreas globales es la zona bioproductiva

pastizales con 237616,75 hg; esto indica una presión mayor sobre las *zonas de pesca* en comparación con los *pastizales*.

Figura 6:

Media aritmética/ Huella Ecológica de Importaciones



Nota. Representación de la media aritmética por zonas bioproductivas de la Huella Ecológica de Importaciones. Fuente: Elaboración propia basada en SINIAS (2023)

El análisis de la media aritmética permite conocer el promedio de hectáreas globales por zona bioproductiva. En la Figura 6 se observa que la mayor ocupación de hectáreas globales se encuentra en la zona bioproductiva *bosques para absorción de carbono* con un total de 5.262.872,222 hg, lo que indica la existencia posiblemente de una mayor actividad económica en dicha zona, siendo ésta la zona con mayor ocupación. Por otro lado, la media de hectáreas globales en la región de *pastizales* es de 174.584,7764 hg y su huella ecológica es significativamente menor a las demás zonas bioproductivas.

Sin embargo, es importante mencionar que la zona bioproductiva *zonas de pesca* se encuentra en segundo lugar con un 31,8%, frente a *bosques de absorción de carbono* un 41,6% siendo el mayor, esto indica que una proporción mayor de los *bosques* está destinada específicamente para la absorción y almacenamiento de carbono, lo cual es esencial para mitigar el cambio climático. Estos bosques son importantes en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, ya que capturan dióxido de carbono de la atmósfera y lo almacenan en su biomasa y suelo.

Tabla 10:

Ratios Zonas bioproductivas/Huella Ecológica de Importaciones

Hectáreas Globales/ Zonas Bioproductivas	1	2	3	4	5
(1) Bosques	1,00	6,75	0,22	3,09	5,15
(2) Bosques para absorción de carbono	0,15	1,00	0,03	0,46	0,76
(3) Pastizales	4,47	30,15	1,00	13,78	22,99
(4) Tierras de cultivo	0,32	2,19	0,07	1,00	1,67
(5) Zonas de pesca	0,19	1,31	0,04	0,60	1,00

Nota. Distribución proporcional de las zonas bioproductivas en función de las hectáreas globales para la Huella Ecológica de Importaciones. Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

Se realiza una comparación entre las zonas bioproductivas dentro de las hectáreas globales (hg) para tener una comprensión más objetiva de su afectación. Esta comparación se lleva a cabo la medida de veces. Por ejemplo, se puede observar que los *bosques para absorción de carbono* por cada unidad de hectáreas globales que aumente en *pastizales* tendrán una afectación de 0,03 veces más que *bosques de absorción de carbono*, mientras que los *pastizales* son 30,14 veces menos por cada unidad de hectáreas globales que aumente los *bosques de absorción de carbono*, en este caso es evidente debido a que los *bosques para absorción de carbono* son la zona bioproductiva con la mayor cantidad de hectáreas globales consumidas o afectadas. En términos de ratios, los *pastizales* muestran la menor proporción de afectación en comparación con las demás zonas bioproductivas.

Tabla 7:

Descriptivos Huella Ecológica de Producción

<i>Estadísticos</i>	Bosques	Bosques para absorción de carbono	Pastizales	Tierras de cultivo	Tierra urbanizada	Zonas de pesca
Media	3448410,04	7287998,94	3867360,81	5755966,03	1011819,79	9804575,49
Error típico	74730,12	223972,62	250305,52	123831,73	152887,84	389900,22
Mediana	3559590,86	7502872,91	4337722,37	5822022,50	1202026,75	10119747,28
Moda	3650023,87	7902238,53	3065598,81	5822022,50	261993,12	10319024,24
Desviación estándar	247851,78	742833,16	830169,49	410703,39	507071,60	1293152,73
Varianza de la muestra	61430505789,96	551801098027,42	689181390399,68	168677277806,95	257121607647,78	1672243979247,23

Curtosis	1,47	-0,84	-2,33	0,12	-0,83	0,87
Coefficiente de asimetría	-1,38	-0,15	-0,16	-0,20	-1,03	0,06
Rango	770577,04	2349813,07	1847061,21	1377612,84	1342056,66	4756838,99
Mínimo	2879446,83	6167647,95	2895778,61	5072062,05	192424,46	7618584,12
Máximo	3650023,87	8517461,02	4742839,82	6449674,89	1534481,12	12375423,11
Suma	37932510,45	80167988,2	42540968,92	63315626,36	11130017,65	107850330,36
Cuenta	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00

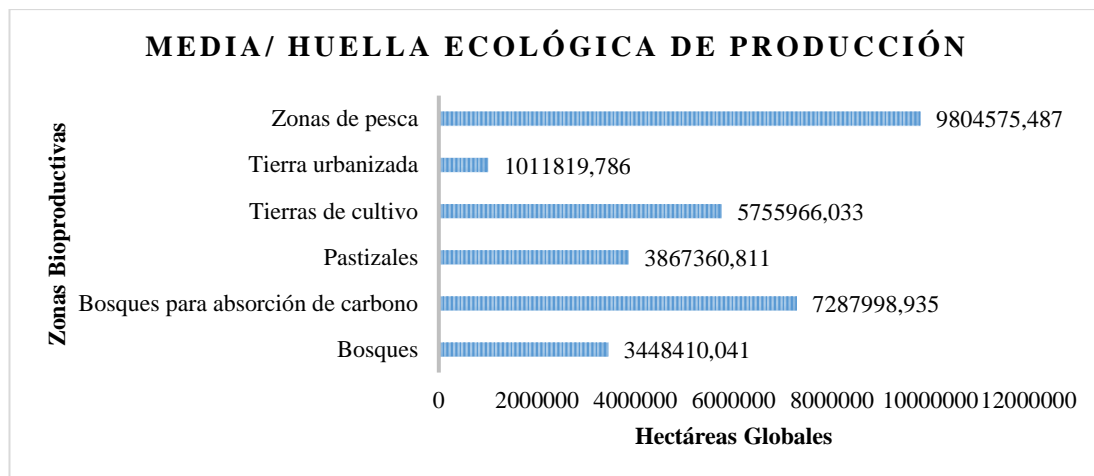
Nota. Descriptivos de la Huella Ecológica de Producción por zonas bioproductivas.
Fuente: elaboración propia basada en SINIAS (2023)

La información presentada en la Tabla 7 se demuestra el promedio en hectáreas globales (hg) ocupadas de huella ecológica por zona bioproductiva, datos que evidencian que el menor promedio se encuentra en la zona bioproductiva *tierra urbanizada* y la mayor superficie se ubica en *zonas de pesca*, por consiguiente, para determinar con precisión la zona bioproductiva que más dispersión presenta se calcula el Coeficiente de Variación (CV) y los resultados son: 50,1 % para tierra urbanizada y 7,1% para tierras de cultivo.

Por otra parte, la curtosis para la zona bioproductiva *bosques* con 1,47, indica que la distribución tiene una concentración mayor de valores cercanos a la media, pero también tiene colas relativas con valores extremos más altos. Para las *tierras de cultivo*, la curtosis indica que la distribución es relativa aplanada o platicúrtica, es decir, que tiene menos valores extremos de lo que se esperaría en una distribución normal. Por último, las *zonas de pesca*, también presenta una curtosis aplanada o platicúrtica, lo que sugiere que tiene menos valores extremos y que la mayoría de los valores están concentrados cerca de la media. Sin embargo, el coeficiente de asimetría de la zona bioproductiva *zonas de pesca* es el único que tiene valores positivos de 0,06 lo cual demuestra que la distribución esta ligera sesgada hacia la derecha de manera positiva, es decir, que la cola derecha de la distribución es un poco más larga que la cola izquierda. Es importante tener en cuenta que una asimetría de 0,06 es pequeña, lo que sugiere que la distribución es más o menos simétrica, pero con una ligera inclinación hacia la derecha.

Figura 7:

Media aritmética/ Huella Ecológica de Producción



Nota. Representación de la media aritmética por zonas bioproductivas de la Huella Ecológica de Producción. Fuente: Elaboración propia basada en SINIAS (2023)

De acuerdo con la Figura 7 se observa que la zona bioproductiva *zonas de pesca* tiene la mayor ocupación de hectáreas globales, con un total de 9804575,487 hg; en comparación con las demás, ya que muestra la mayor ocupación de tierras. Por otro lado, la media de hectáreas globales de *tierra urbanizada* es de 1011819,786 hg, lo que indica una ocupación significativa menor en comparación con las otras zonas bioproductivas. Esto sugiere que la zona *tierra urbanizada* lo cual tiene una huella ecológica más baja en términos de ocupación de tierras. Es importante destacar que las zonas bioproductivas *pastizales* y *bosques* tienen una mínima variación, de acuerdo con el porcentaje de variación los *pastizales* indican un 12,4% de hectáreas globales del total de huella ecológica de producción, mientras que *bosques* tiene un porcentaje de 11,1% de hectáreas globales, indica una variación mínima.

Tabla 11:

Ratios Zonas bioproductivas/ Huella Ecológica de Producción

	1	2	3	4	5	6
(1) Bosques	1,00	2,11	1,12	1,67	0,29	2,84
(2) Bosques para absorción de carbono	0,47	1,00	0,53	0,79	0,14	1,35
(3) Pastizales	0,89	1,88	1,00	1,49	0,26	2,54
(4) Tierras de cultivo	0,60	1,27	0,67	1,00	0,18	1,70

(5) Tierra urbanizada	3,41	7,20	3,82	5,69	1,00	9,69
(6) Zonas de pesca	0,35	0,74	0,39	0,59	0,10	1,00

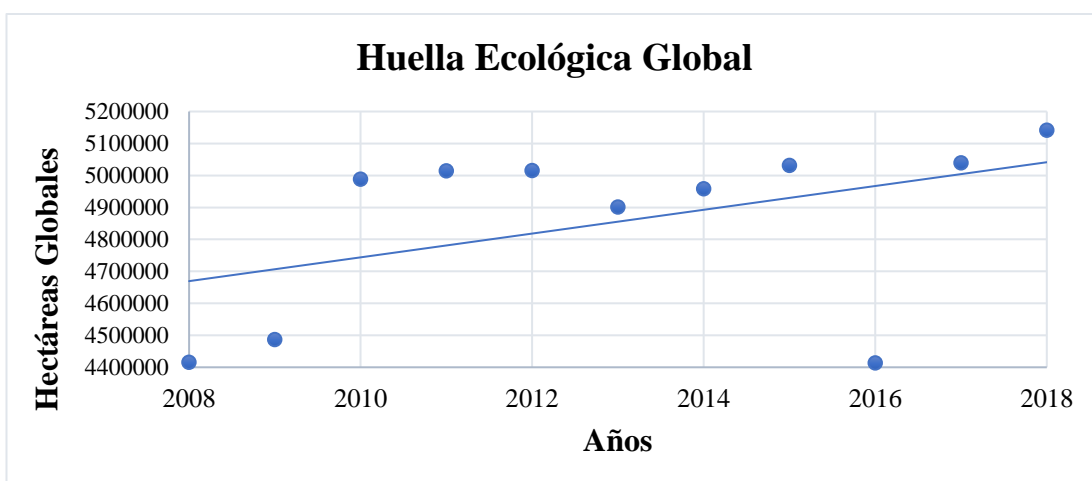
Nota. Distribución proporcional de las zonas bioproductivas en función de las hectáreas globales para la Huella Ecológica de Producción. Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

Para obtener información más objetiva sobre el impacto de las zonas bioproductivas por hectáreas globales, se realizan comparaciones formales entre las zonas por hectáreas globales. Esta comparación se lleva a cabo a través la medida de ratios. Por ejemplo, se puede observar que la zona bioproductiva que tiene 9,69 veces mayor ocupación o producción de huella ecológica es *tierra urbanizada* frente a *zonas de pesca*, dado que cada vez que aumente en 1 la zona de tierra urbanizada aumentara en 9,69 veces más la *zona de pesca* debido a que es la zona bioproductiva con el mayor número de hectáreas globales consumidas o impactadas.

Sin embargo, al analizar la zona de menor impacto se determina que la *zona de pesca* aumenta por cada unidad que de *tierra urbanizada*, mientras que las *zonas de pesca* solo tendrán una afectación de 0,10 veces, es decir, la variación o impacto de esta área es mínima en comparación de la anterior.

Figura 8:

Regresión Huella Ecológica General



Nota. Regresión Huella Ecológica General. Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

La figura 8 evidencia la línea de tendencia que marca la relación entre la temporalidad de estudio y las hectáreas globales afectadas por la Huella Ecológica General. La proyección es creciente y directamente proporcional como así lo demuestra el r de Pearson cuyo valor es de 0,4495 y de acuerdo con la escala de valoración equivale a una correlación positiva media (Mondragón Barrera, 2014), además, el R^2 , denominado coeficiente de determinación señala un valor de 0,2021 que significa que el 20,21% de la varianza se debe al cambio de año tras año.

Para mayor objetividad del análisis se incluye la ecuación de regresión lineal simple cuyo modelo matemático es como sigue:

$$y = bx + c \quad [13]$$

De donde:

y = variable dependiente (hectáreas globales)

b = pendiente (inclinación de la recta) (Fachelli & López Roldán, 2015)

x = Variable independiente (años)

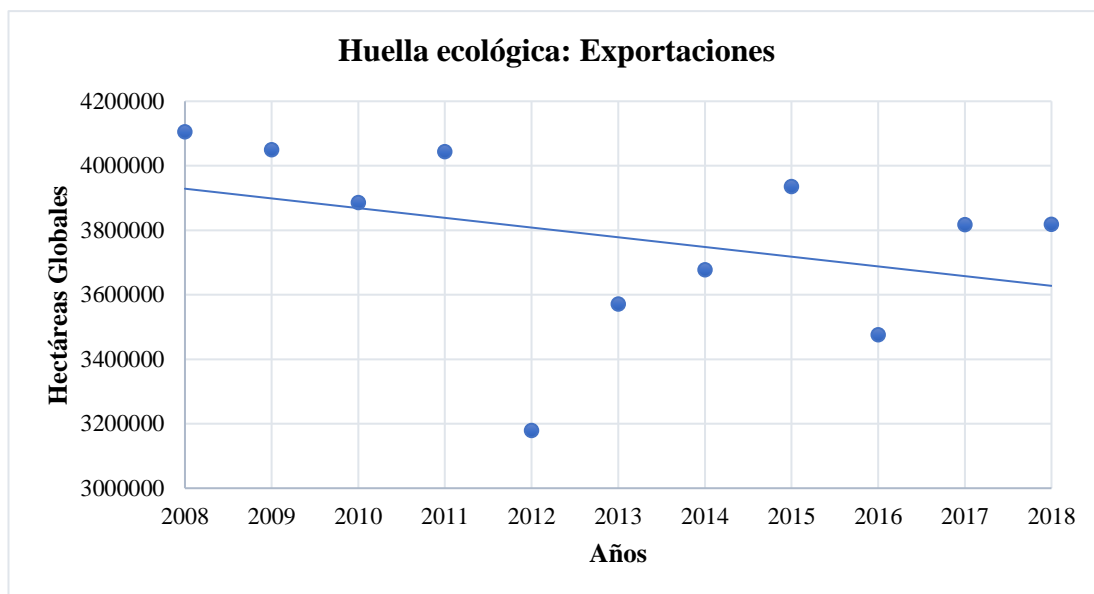
c = Constante (valor de y cuando x vale 0)

La ecuación matemática queda expresada de la siguiente manera: $y = 37193,89x - 70015885,65$

La huella ecológica general tiene un creciente aumento debido a varios factores, entre ellos el crecimiento poblacional, pues a medida que la población crece aumenta la demanda de los recursos naturales, implica un mayor uso de tierras agrícolas, extracción de recursos naturales, también el aumento de ingresos y nivel de vida en varias partes de mundo, pues la población tiende a consumir bienes y servicios, además de la urbanización y el crecimiento de las ciudades y expansión territorial, lo que implica el deterioro de los hábitats y una mayor de recursos para infraestructura y construcción.

Figura 9:

Regresión Huella ecológica de exportaciones



Nota. Regresión Huella Ecológica Exportaciones. Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

La huella ecológica de exportaciones indica que existe una relación inversa entre las hectáreas globales de acuerdo con el transcurso de los años, la huella ecológica a medida que pasan los años va en decremento en hectáreas globales, lo que demuestra que un incremento en la variable independiente se asocia con la disminución de la variable dependiente, por tanto, si una variable aumenta se puede predecir que la otra disminuye.

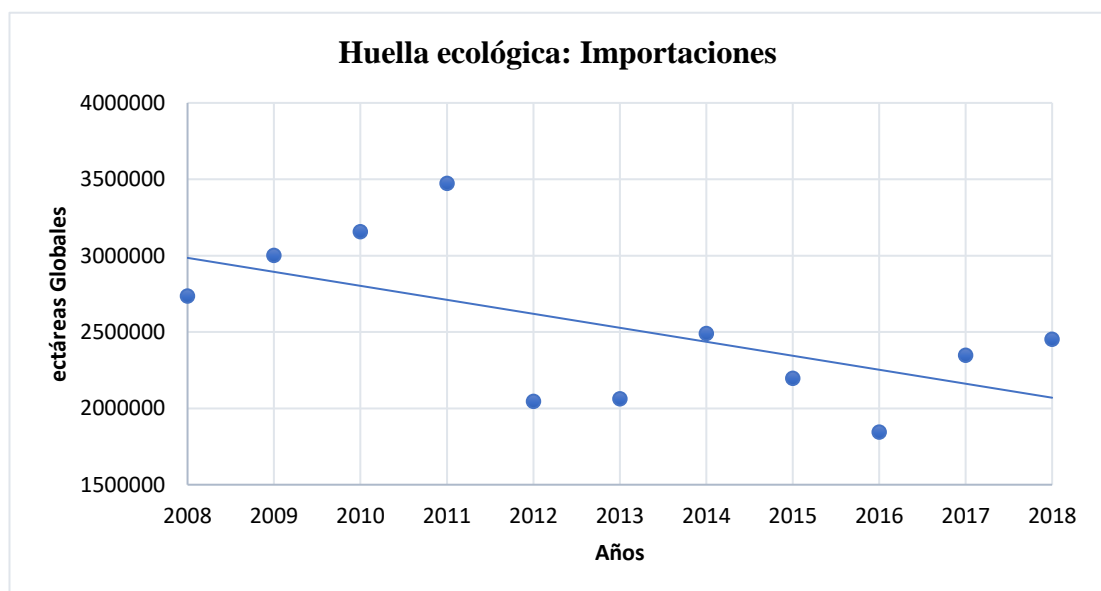
Las hectáreas globales de acuerdo con la regresión lineal presentada van disminuyendo con el tiempo debido a varios factores como mejoras en la eficiencia, en donde la tecnología avanza y se mejoran los métodos de producción de las industrias y los sectores económicos logren un uso más eficiente de los recursos y esto a su vez permite la reducción de hectáreas globales de tierra.

De acuerdo a Frohmann & Olmos (2013), se han implementado requisitos ambientales aplicados por los países industrializados, incluye la medición de la huella de carbono de los productos, y puede basarse en los siguientes puntos: Barreras comerciales encubiertas al imponer normas ambientales más estrictas, los países desarrollados

podrían dificultar las exportaciones de los países en desarrollo que no pueden cumplir con dichos estándares; el desequilibrio de responsabilidades; los costos adicionales y capacidad limitada debido a que los países en desarrollo a menudo tienen recursos y capacidades limitadas para cumplir con los requisitos ambientales más estrictos. Estos requisitos pueden implicar inversiones significativas en tecnologías limpias y mejoras en la eficiencia energética, lo que puede ser costoso y requerir tiempo y la transferencia de tecnología y apoyo financiero que incluye la financiación de proyectos de desarrollo sostenible, la capacitación en tecnologías limpias y la asistencia técnica (Frohmann et al., 2014).

Figura 10:

Regresión de huella ecológica de importaciones



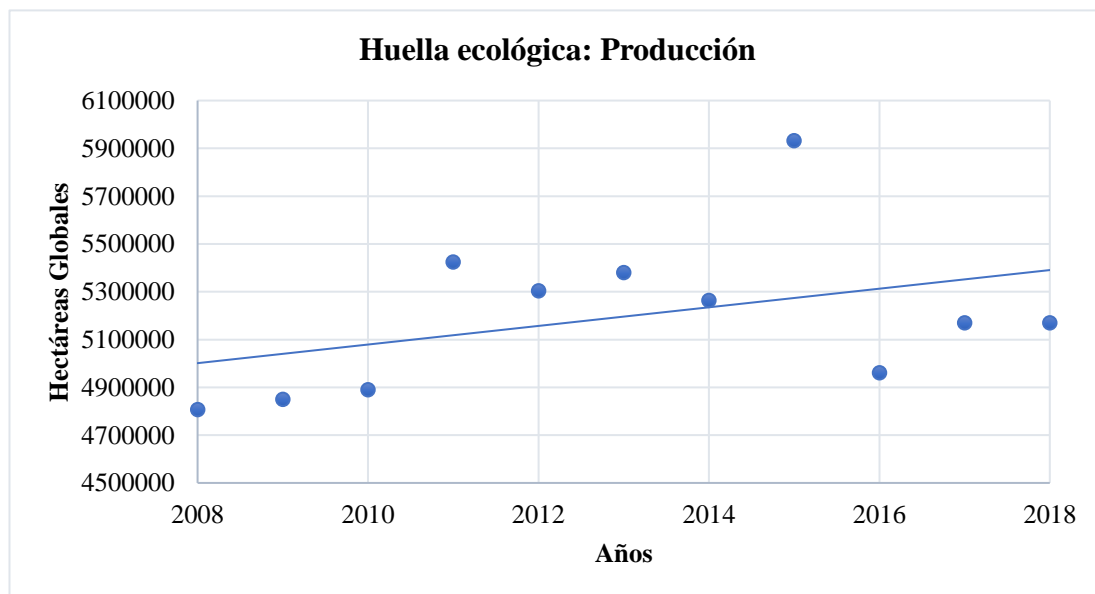
Nota. Regresión Huella Ecológica Importaciones. Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

La huella ecológica de Importaciones presenta en la Figura 10 un modelo de regresión lineal con pendiente negativa, que indica una relación inversa entre variables al relacionar hectáreas globales afectadas de territorio disponible en Ecuador de acuerdo con los años de estudio. Además, es fundamental considerar otros aspectos, como el coeficiente de determinación R^2 que es 0,3522, es decir 35,22% del total de ocupación de superficie y la significancia estadística de acuerdo con Mondragón Barrera (2014) es una correlación positiva media.

Sin embargo, este análisis demuestra que los avances tecnológicos han desempeñado un papel fundamental en la disminución de la huella ecológica de los productos importados. La mejora en la eficiencia de recursos y energía, junto con la facilitación de la comunicación y el intercambio de conocimientos, ha permitido producir bienes con una menor huella ambiental. Estos avances demuestran cómo la tecnología puede ser una herramienta clave para lograr un desarrollo más sostenible y reducir el impacto ambiental de las actividades económicas (Pazmiño Mendoza & Yagual De la A., 2019). A su vez, es necesario e importante indicar los factores que varían según cada país y las diferentes industrias, así como también la disminución de la huella ecológica de las importaciones que no es la misma en todas las zonas bioproductivas. Sin embargo, estos son algunos de los factores que pueden contribuir a la reducción de la huella ecológica en las importaciones a medida que pasa el tiempo.

Figura 11:

Regresión de huella ecológica de producción



Nota. Regresión Huella Ecológica Producción. Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

La huella ecológica de producción indica una correlación positiva ya que a medida que los años avanzan las hectáreas globales aumentan. De acuerdo con el valor de r el cual indica el coeficiente de correlación lineal entre dos variables, que puede estar entre -1 y 1 . Un valor positivo de r indica una correlación positiva, mientras que un valor

negativo de r indica una correlación negativa. En este caso, el valor de r es de 0,3958, lo que indica que hay una correlación positiva moderada entre las dos variables. Por otro lado, el valor de R^2 indica el coeficiente de determinación, que puede estar entre 0 y 1. Este coeficiente representa la proporción de la variabilidad en una variable que puede explicarse por la otra variable en un modelo de regresión lineal. En este caso, el valor de R^2 es 0,1567, lo que indica que sólo el 15,67% de la variabilidad en una variable puede explicarse por la otra variable en el modelo de regresión.

Esta huella incrementa con los años debido a que existe una mayor ocupación del espacio territorial y superficie bioproductiva por zona al satisfacer las necesidades de la demanda de los productos que se necesita cada día por individuo, razón aparente por la cual se utiliza en gran medida las zonas bioproductivas, todo esto acarrea a que se creen nuevas industrias y se invada zonas aun no exploradas y deteriora el ambiente y hábitat de los seres vivos en diferentes sectores.

Tabla 12:

Descriptivos Tipos de Huellas Ecológicas

Estadísticos	Ecológica	Exportaciones	Importaciones	Producción
Media	4855424,32	3778267,64	2527532,93	5196021,85
Error típico	82732,25	85003,77	154282,84	98383,50
Mediana	4989062,47	3818747,15	2451407,07	5170150,18
Moda	5170150,18
Desviación estándar	274391,84	281925,61	511698,29	326301,15
Curtosis	-0,79	0,54	-0,60	1,44
Coefficiente de asimetría	-1,03	-0,95	0,58	0,97
Rango	728504,99	926804,996	1627435,74	1125314,33
Mínimo	4413548,08	3178865,28	1844489,39	4806796,14
Máximo	5142053,07	4105670,28	3471925,13	5932110,47
Suma	53409667,5	41560944,1	27802862,2	57156240,3

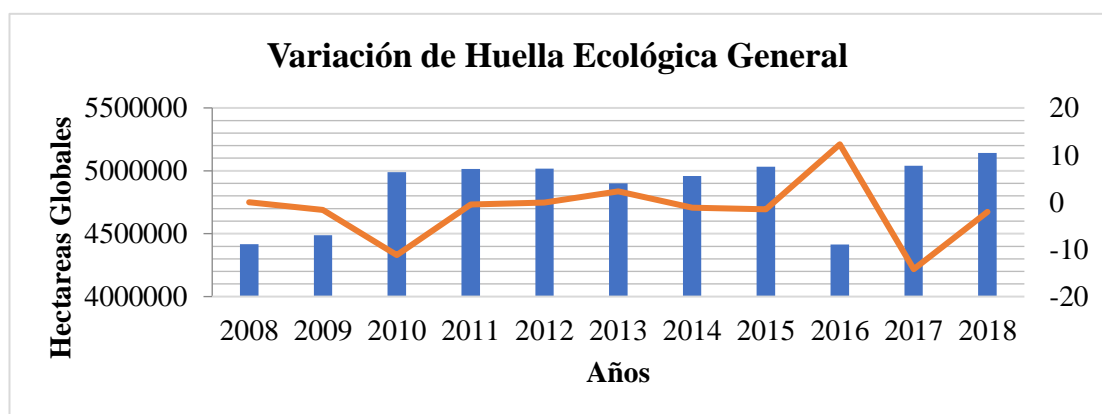
Nota. Tipos de Huellas Ecológicas Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

En los estadísticos descriptivos de las cuatro huellas ecológicas; General, Exportaciones, Importaciones y Producción se determina que la que mayor afectación al medio ambiente es la Huella ecológica de producción es debido a que los procesos productivos independientes de la naturaleza (química, biológica o biotecnología), genera innumerables residuos y generan problemas ambientales y económicos (Mizar Moreno & Munzón Pastran, 2017); y la huella ecológica de menor afectación en hectáreas globales es la de Importaciones esto se debe a que los grandes países exportadores han mejorado y se han especializado en la producción de mercancías en las que tienen ventaja comparativa con otras y son amigables con el ambiente. Algunas empresas industriales optan por la implementación de nuevas tecnologías.

Mientras que la huella ecológica de exportaciones al presentarla con mayor precisión de acuerdo con el coeficiente de variación indica un 7,5% y para la huella ecológica de producción es del 6,2 %. Al final, la asimetría de los datos evidencia que Huella ecológica de importaciones y producción son positivas con sesgo a la derecha, por tanto, la media aritmética es mayor que la mediana y el modo; la curtosis, en los casos de Huella ecológica general e importaciones son platicúrticas, por tener valores menores que 0 y estar dispersas.

Figura 12:

Variación huella ecológica general

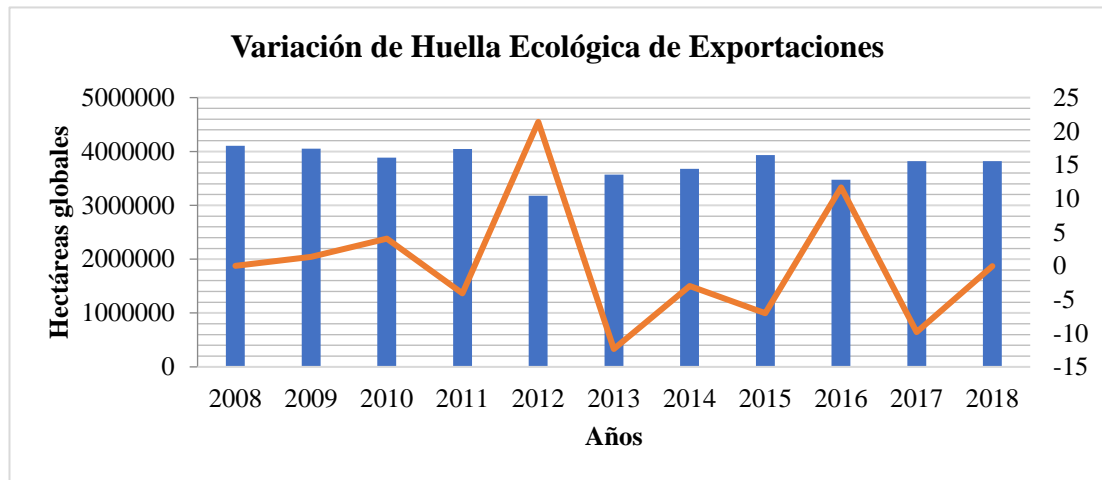


Nota. Variación huella ecológica general Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

En la figura 12 se analizó la variación que presentó la huella ecológica global por hectáreas globales durante los 11 años de estudio, parte de las 6 zonas bioproductivas (bosques, pastizales, bosques para absorción de carbono, bosques y zonas de pesca), en la que se identifica que en los años 2008 y 2009 la biocapacidad afectada es mínima en comparación a los siguientes años, de acuerdo a Jiménez et al. (2017) la biocapacidad de Ecuador en estos dos años fue de 2,35 hectáreas per cápita y la huella consumida fue de 1,62, es decir, al año 2009 aún no se superaba o sobrepasaba la biocapacidad, sin embargo, tiende a ser creciente. Para los siguientes años presenta una afectación por la demanda excesiva de materia prima para producir bienes y servicios para las personas, convirtiéndose en un acelerado proceso de producción de residuos, sin embargo, en el año 2016 tras la firma del Acuerdo de París, el cual menciona en el Artículo 5 Literal 2 “Se alienta a las Partes a que adopten medidas para aplicar y apoyar, también mediante los pagos basados en los resultados, el marco establecido en las orientaciones y decisiones pertinentes ya adoptadas en el ámbito de la Convención respecto de los enfoques de política y los incentivos positivos para reducir las emisiones debidas a la deforestación y la degradación de los bosques, y de la función de la conservación, la gestión sostenible de los bosques, y el aumento de las reservas forestales de carbono en los países en desarrollo, así como de los enfoques de política alternativos, como los que combinan la mitigación y la adaptación para la gestión integral y sostenible de los bosques, reafirma al mismo tiempo la importancia de incentivar, cuando proceda, los beneficios no relacionados con el carbono que se derivan de esos enfoques” (Organización de las Naciones Unidas ONU, 2015, p.7). En el cual los países se comprometen a preservar y conservar el medio ambiente y se enfrentan a su vez a cumplir con las normas y leyes estipuladas en el mismo, por precautelar la biocapacidad del planeta y mantener una economía responsable.

Figura 13:

Variación huella ecológica de exportaciones



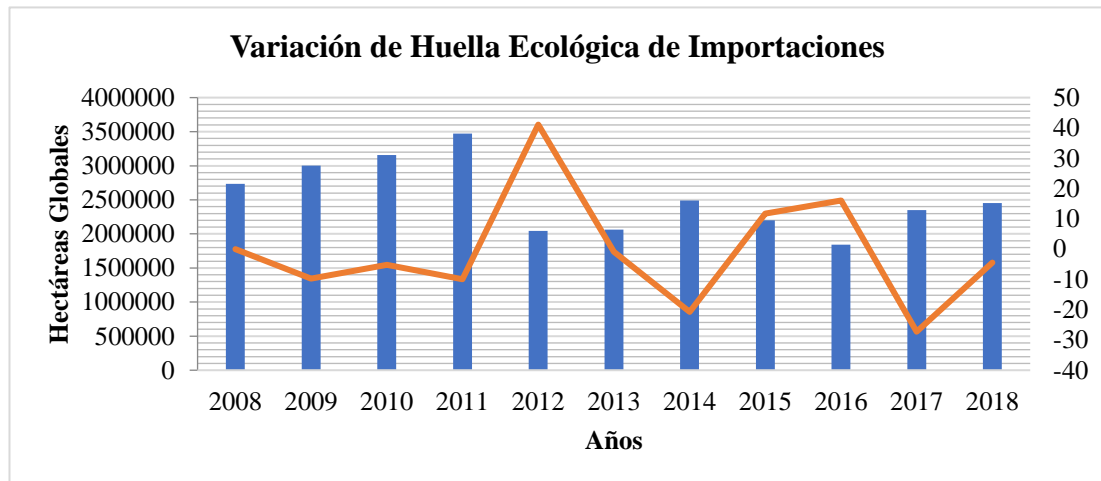
Nota. Variación huella ecológica de exportaciones Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

La variación de afectación de hectáreas globales de la huella ecológica por exportaciones tiene un nivel de variación constante, es decir entre años la línea de tendencia no presenta un índice de aumento, sin embargo, en el año 2011 se denota que el alcance de afectación fue de 4044070,6 hg y el 2012 de 3178865,28, es decir de 21,93% de distancia un año frente al otro. Además, es de suma importancia mencionar que a partir del año 2002 se estableció la Cumbre del Milenio que establecía ocho objetivos de Desarrollo Sostenible con punto de origen en Johannesburgo, siendo así que para el año de 2012 se da una conferencia llamada Rio +20, en la cual se pone fecha límite para cumplir con los objetivos del plan de acción. Dentro del cual está el Art. 32 literal c, el cual menciona que: Desarrollar una variedad de enfoques e instrumentos y facilitar su aplicación, incluye al enfoque basado en los ecosistemas, la eliminación de prácticas de pesca perjudiciales, el establecimiento de áreas marinas protegidas conforme al derecho internacional y respaldadas por información científica, incluso la creación de redes antes de 2012, la implementación de cierres estacionales en ciertas áreas para preservar los períodos y lugares de reproducción, el uso adecuado de la tierra en las zonas costeras y la planificación de las cuencas, así como la integración de la gestión de zonas marinas y costeras en sectores clave (Engström et al., 2002). Razón por la cual para los siguientes se denota que las afectaciones a la

superficie bioproductiva se mantiene de manera decreciente, y con una preservación y con concientización por parte de las empresas para usar tecnologías amigables con el ambiente.

Figura 14:

Variación huella ecológica de Importaciones



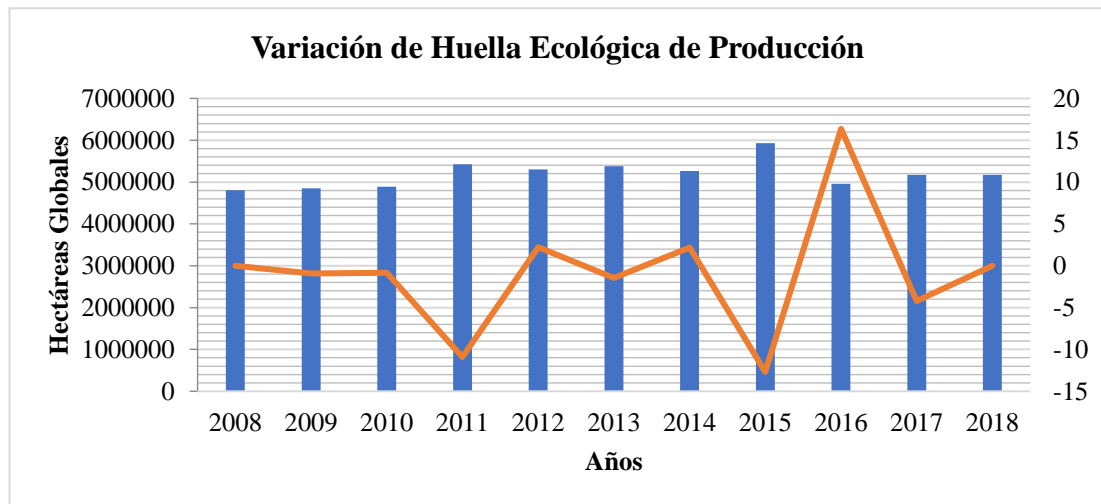
Nota. Variación huella ecológica de Importaciones Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

En el análisis de variación de la huella ecológica de Importaciones es claro que los años 2008 al 2011 la afectación de las zonas bioproductivas al ingresar materia prima, productos elaborados, de otros países traían consigo grandes afectaciones a la biocapacidad ecuatoriana, debido a que para el año 2011 aumentó un 9,99% en comparación al año 2008, sin embargo, para el año 2015 y 2016 tras la aplicación de la Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015, en donde se aprueba el documento final de las Naciones unidas de transformar nuestro mundo: Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en el que menciona acerca del Comercio en el Art. 17.12 que se debe alcanzar de manera sostenible la pronta entrada a los mercados sin restricciones ni límites arancelarios para todos los países menos desarrollados, de acuerdo con las resoluciones de la Organización Mundial del Comercio (Rius, 2023). Esto implica asegurar que las reglas de origen preferenciales aplicadas a las importaciones de los países menos adelantados sean claras y sencillas, y contribuyan a facilitar la entrada a los mercados, todo en medida de preservar un desarrollo sostenible. Con este artículo todo tipo de comercialización interna a un país

tendrá que adaptarse a las normas establecidas para mejorar la alianza mundial de desarrollo sostenible.

Figura 15:

Variación de huella ecológica de Producción



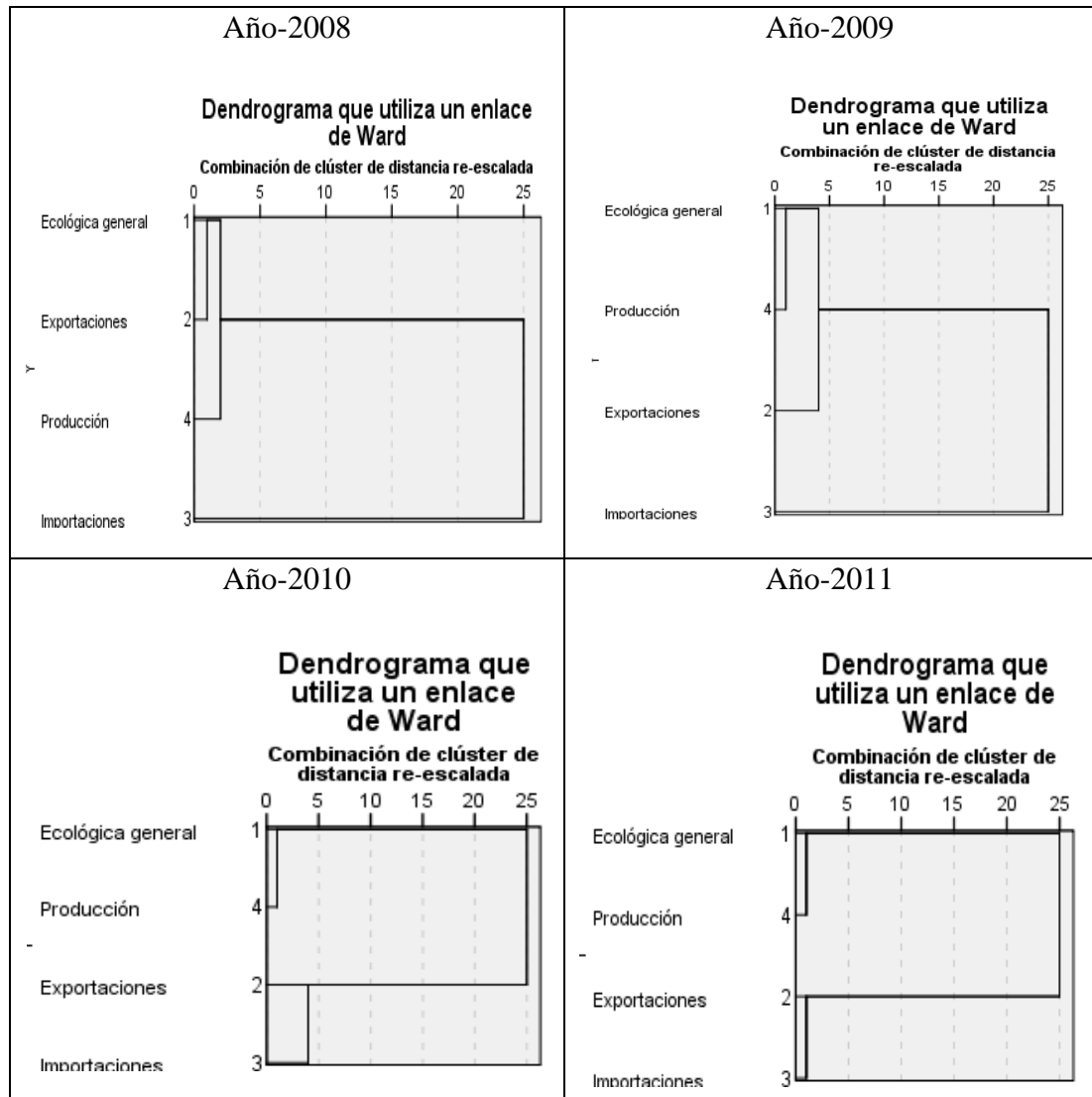
Nota. Variación huella ecológica de producción Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

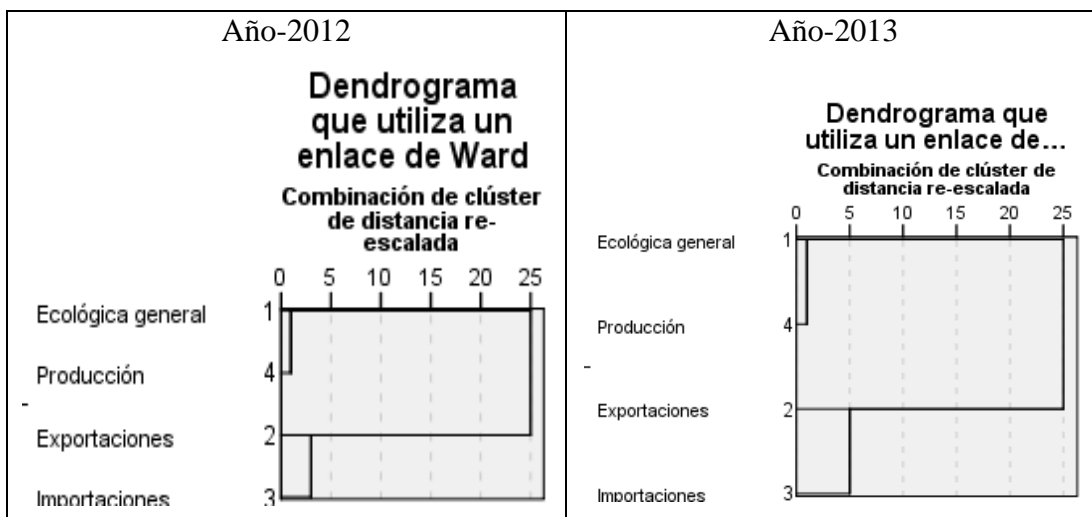
De acuerdo con los datos la huella ecológica de Producción desde el año 2008 en adelante presenta una leve variación de aumento pues en el año 2013 se usaron 5381093,49 hg de la biocapacidad total, esto indica que la cantidad de residuos para el año 2018 se ha ido incrementado de manera mínima, es decir entre 2017 y 2018 la huella ecológica no tuvo una variación, todo esto sucedió debido a que a partir del 2015 en el acuerdo de Transformar el mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, se decidió proteger el planeta contra la degradación, incluso mediante el consumo y la producción sostenibles. La gestión sostenible de los recursos naturales y las medidas que hacen frente al cambio climático, lo cual permita a futuro satisfacer las necesidades de las futuras generaciones presentes y futuras. Para lo cual se aplicarán medidas políticas que impulsen el crecimiento de la capacidad productiva, la productividad y la generación de empleo productivo. También promoverá la inclusión financiera, el desarrollo agrícola, ganadero y pesquero sostenible, así como el desarrollo industrial sostenible (Rius, 2023). Asimismo, se comprometieron a garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, confiables,

sostenibles y modernos, fomenta el desarrollo de sistemas de transporte sostenibles y la construcción de infraestructuras de calidad y resistentes.

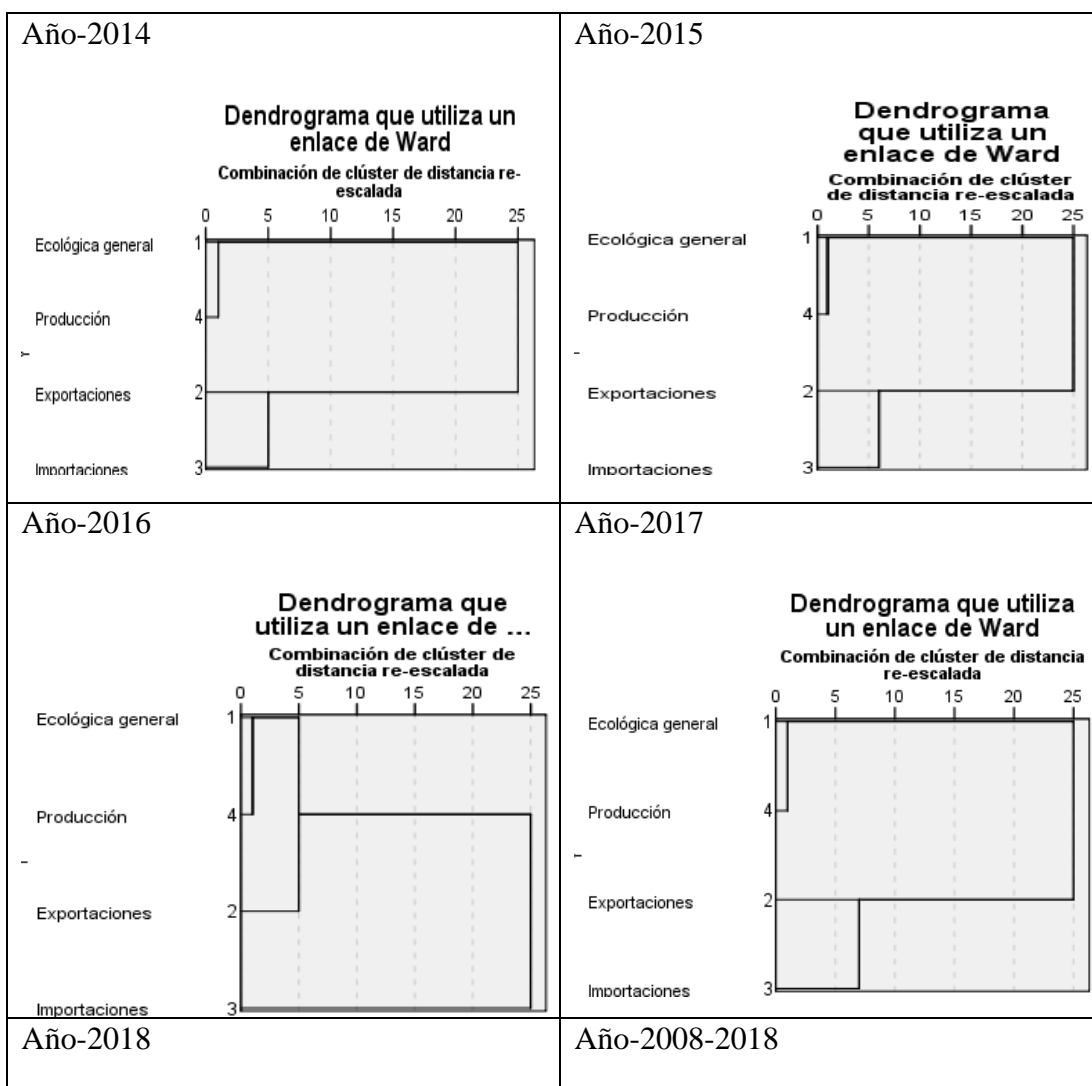
Figura 16:

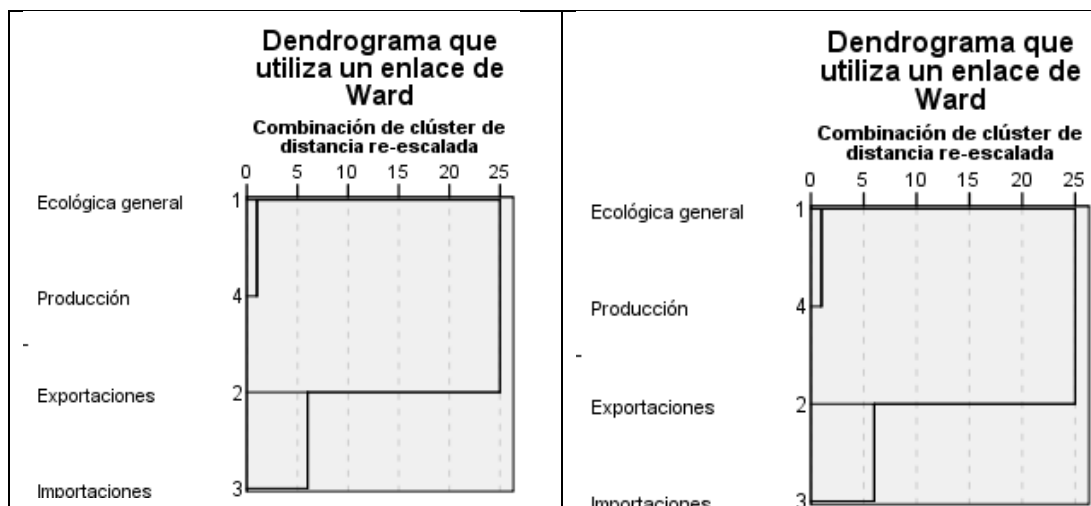
Clústeres por año de las huellas ecológicas





Cont...





Nota. Clústeres por año de las huellas ecológicas Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

En la Figura 16 se indica mediante el método de Ward cuyo análisis permite agrupar las huellas ecológicas: *Huella Ecológica General*, *Huella de Exportaciones*, *Huella de Importaciones* y *Huella de Producción* basándose en similitudes o distancias entre ellas. Método que busca minimizar la varianza dentro de cada clúster al fusionar cada una de ellas de manera iterativa. El algoritmo de Ward comienza al considerar la fusión gradual de todas las huellas en 11 años de estudio.

Para el año 2008 la *huella ecológica general* y la *huella de exportaciones* tienen similitudes a una distancia de 1 lo que indica una alta cohesión dentro del grupo, las características son homogéneas entre ellas tanto la huella general como las exportaciones son conceptos relacionados con la actividad económica y el impacto ambiental. Aunque son diferentes en su naturaleza, mientras que a una distancia de 2 unidades se juntan la *huella ecológica*, *huella de exportaciones* y *huella de producción*. En comparación con el año 2009 a una distancia de 1 unidad forma un grupo la *huella ecológica general* y la *huella de producción*, sin embargo, a 4 unidades de distancia se forma otro grupo de la *huella de producción* con la *huella ecológica general* lo cual significa que tienen distancias similares por lo que puede ser considerado como una distancia moderada o mediana en relación con el rango de los datos.

Los años 2010 y 2011 forman 2 clústeres similares a 1 unidad ya que en ambos años presentan similitudes entre *la huella ecológica general* y *huella de producción* debido a que tanto la *huella ecológica* como la *producción* están vinculadas al uso de recursos naturales. La producción implica la transformación de recursos en bienes y servicios, lo que puede requerir la extracción de materias primas y el consumo de energía y agua. La *huella ecológica*, por su parte, mide el impacto ambiental total de una actividad económica, incluye la cantidad de recursos naturales utilizados y los residuos generados. Y a 1 unidad de distancia también se presenta en el año 2011 el clúster de huella de importaciones y huella de exportaciones es decir comparten similitudes, mientras que en el 2010 se encuentran unidos a 2 unidades de distancia.

Para los años 2012 y 2013 indica que la afectación de la biocapacidad a 1 unidad de distancia se unen la *huella ecológica general* y la *huella de producción*, mientras que a una distancia de 4 en el año 2012 y de 5 unidades en el año 2013 se unen la huella de exportaciones e importaciones con similitudes vinculadas al comercio internacional de bienes y servicios. La *huella de exportaciones* al representar los bienes y servicios producidos en un país y vendidos a otros países, mientras que la *huella de importación* referente al impacto ambiental asociado con la producción y transporte de bienes y servicios importados.

La afectación de residuos producidos de las 4 huellas en los años 2014 y 2015 presenta a 1 unidad de distancia la *huella ecológica general* y *huella de producción* con una similitud homogénea, con similitudes en términos de *huella de producción*, se busca mejorar la eficiencia en el uso de recursos para minimizar el impacto ambiental y maximizar la producción de bienes y servicios. La *huella ecológica general* también está vinculada a la sostenibilidad, ya que busca medir y reducir el impacto ambiental para garantizar el uso sostenible de los recursos naturales. mientras que es curioso que al límite de 5 unidades solo en el año 2014 se forma un clúster entre exportaciones e importaciones.

En el año 2016 y 2017 indica las características similares a la de los dos últimos años ya que a 1 unidad de distancia *la huella ecológica general* y *la huella ecológica de producción* forman un clúster y a 5 unidades de distancia se unen *la huella ecológica*

general y la huella de exportaciones, debido a que ambas cumplen con el objetivo de medir y evaluar el impacto ambiental de las actividades económicas, centrándose en la cuantificación del uso de recursos naturales, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales asociados a la producción y el consumo.

Y en el año 2018 se forma un clúster entre *la huella ecológica general y la huella de producción*, y al analizar a 5 unidades no hay más grupos que tengan características similares, siendo homogéneas tanto *la huella ecológica general* como *la huella de producción* comparten su relación con los recursos naturales, el impacto ambiental, la importancia de la eficiencia y la sostenibilidad, y la utilidad como indicadores de desempeño económico y ambiental.

En los 11 años de estudio *la huella ecológica general y la huella de producción* a una unidad de distancia tienen una relación de alta cohesión dentro de este grupo de 4 huellas ecológicas, lo que implica que comparten características similares como: relación de los recursos naturales, impacto ambiental, eficiencia, sostenibilidad y los indicadores de desempeño tanto económico como ambiental. Es decir, la formación de un clúster a 1 unidad puede considerarse como un indicativo de que los objetos dentro de ese clúster son muy homogéneos y se encuentran muy juntos en el espacio de características considerado en el análisis de clúster.

Tabla 13:

Correlación Rho Huella Ecológica General

		HEGB	HEGBAC	HEGP	HEGTC	HEGTU
HEGB	Rho	1,000				
	Sig.					
HEGBAC	Rho	,688*	1,000			
	Sig.	0,019				
HEGP	Rho	-,699*	-,606*	1,000		
	Sig.	0,017	0,048			
HEGTC	Rho	0,498	0,378	-0,507	1,000	
	Sig.	0,119	0,252	0,112		
HEGTU	Rho	-0,443	0,269	0,068	-0,169	1,000
	Sig.	0,172	0,424	0,841	0,619	

HEGZP	Rho	-0,286	-0,036	0,036	0,036	0,571
	Sig.	0,535	0,939	0,939	0,939	0,180

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Nota. Correlación Rho Huella Ecológica General Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

En la Tabla 14 se presenta la correlación de Spearman la cual determinó la relación entre las variables, es decir, si los valores de una variable aumentan o disminuyen de manera consistente con los valores de la otra variable, sin seguir una relación lineal. Aquí se observa que la Huella ecológica general de *bosques* presenta una significancia de 0,688 es decir una correlación positiva significativa de acuerdo con la Tabla 2, es directamente proporcional a la huella ecológica de *bosques para absorción de carbono*. Mientras que la huella ecológica de la zona bioproductiva *bosques* frente a la huella ecológica de la zona bioproductiva *pastizales* tiene una correlación inversa significativa es decir correlación negativa considerable, pues a medida que la afectación de los *bosques* aumenta la de *pastizales* disminuye y viceversa.

Tabla 14:

Correlación Rho Huella Ecológica Exportaciones

		HEEB	HEEBAC	HEEP	HEETC
HEEB	Rho	1,000			
	Sig.				
HEEBAC	Rho	-0,096	1,000		
	Sig.	0,780			
HEEP	Rho	-0,196	0,269	1,000	
	Sig.	0,563	0,424		
HEETC	Rho	0,498	0,050	-0,114	1,000
	Sig.	0,119	0,884	0,738	
HEEZP	Rho	-0,324	-0,506	0,068	-0,269
	Sig.	0,331	0,113	0,841	0,423

Nota. Correlación Rho Huella Ecológica Exportaciones Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

La huella ecológica de exportaciones y sus zonas bioproductivas no presentan variables significativas de correlación sin embargo tras el análisis del coeficiente de

Rho de Spearman que indica la variación de las variables de acuerdo al orden de agrupación se identifica que la zona bioproductiva de *bosques* frente a la zona bioproductiva *bosques para absorción de carbono, pastizales y zonas de pesca* son inversamente proporcional a medida que una variable aumenta la otra disminuye, pero con una correlación negativa débil de $-0,096$ para los *bosques de absorción de carbono* y con una correlación positiva muy fuerte de los *bosques de absorción de carbono* frente a las *tierras de cultivo*, es decir a medida que aumenta la afectación sobre los *bosques de absorción de carbono* aumenta la afectación de los *pastizales* en cuanto a los desechos producidos.

Tabla 15:

Correlación Rho Huella Ecológica Importaciones

		HEIB	HEIBAC	HEIP	HEITC
HEIB	Rho	1,000			
	Sig.				
HEIBAC	Rho	,651*	1,000		
	Sig.	0,030			
HEIP	Rho	0,205	,743**	1,000	
	Sig.	0,544	0,009		
HEITC	Rho	0,251	,715*	,726*	1,000
	Sig.	0,456	0,013	0,011	
HEIZP	Rho	-0,269	-0,323	-,626*	-0,041
	Sig.	0,423	0,332	0,040	0,905

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

**.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Correlación Rho Huella Ecológica Importaciones Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

De acuerdo a los resultados de la tabla 16 se tiene dos niveles de significancia, el primero al 0,05 de significancia en las zonas bioproductivas *bosques de absorción de carbono* frente a *pastizales*, ya que si la afectación por desechos de los bosques de absorción de carbono aumenta en un 0,743 correlación positiva considerable, de igual manera en los *pastizales*, y en segundo lugar la correlación a un nivel de significancia del 0,01, que se representó por los *bosques* frente a *bosques de absorción de carbono*

con 0,651 correlación positiva considerable y los *bosques de absorción de carbono*. Por otra parte, las variables que no indican una correlación inversa son aquellas ubicadas en las *zonas de pesca* que va desde una correlación negativa media *en tierras de cultivo* hasta una correlación negativa considerable en los *pastizales*.

Tabla 16:

Correlación Rho Huella Ecológica Producción

		HEPB	HEPBAC	HEPP	HEPTC	HEPTU
HEPB	Rho	1,000				
	Sig.					
HEPBAC	Rho	,966**	1,000			
	Sig.	0,000				
HEPP	Rho	-,815**	-,754**	1,000		
	Sig.	0,002	0,007			
HEPTC	Rho	0,276	0,279	-0,340	1,000	
	Sig.	0,412	0,407	0,306		
HEPTU	Rho	-0,239	-0,050	0,184	0,516	1,000
	Sig.	0,479	0,883	0,588	0,104	
HEPZP	Rho	,769**	,883**	-0,593	0,147	0,156
	Sig.	0,006	0,000	0,055	0,666	0,646

****.** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Correlación Rho Huella Ecológica Producción Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

Los resultados obtenidos en la correlación de la huella ecológica de Exportaciones se demuestran que presenta una correlación con un nivel de significancia del 0,01 que se refiere a la probabilidad de obtener un valor de correlación igual o más extremo que el observado, bajo la suposición nula de que no hay correlación en la población. En otras palabras, es el umbral establecido para considerar si el valor de correlación observado es significativo. Y esta significancia se encuentra en las zonas bioproductivas bosques frente a *bosques para absorción de carbono* con 0.966 lo cual indica una correlación positiva perfecta lo cual indica a medida que una variable aumenta la otra también, por otra parte, los *bosques de absorción de carbono* frente a los *pastizales* tienen una significancia de 0,01 lo cual indica una correlación negativa considerable con -0,752 es decir, la medida que una variable aumenta la otra disminuye.

Tabla 17:

Estadísticos de Promedios de Huellas Ecológicas

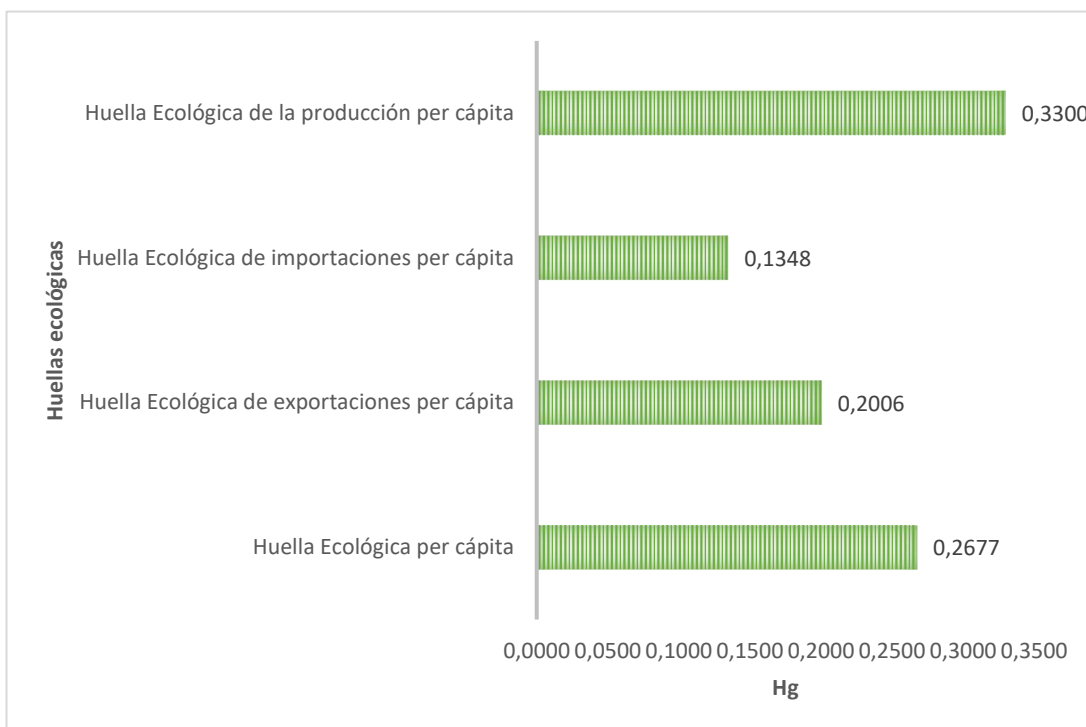
Estadístico	Huella Ecológica per cápita	Huella Ecológica de exportaciones per cápita	Huella Ecológica de importaciones per cápita	Huella Ecológica de la producción per cápita
Media	0,2677	0,2006	0,1348	0,3300
Error típico	0,0077	0,0067	0,0097	0,0060
Mediana	0,2683	0,1900	0,1200	0,3300
Moda		0,1900	0,1100	0,3267
Desviación estándar	0,0256	0,0223	0,0322	0,0200
Varianza de la muestra	0,0007	0,0005	0,0010	0,0004
Curtosis	2,4261	-1,0176	-1,1532	-0,6102
Coefficiente de asimetría	0,6447	0,3929	0,6013	0,0190
Rango	0,1033	0,0683	0,0967	0,0633
Mínimo	0,2217	0,1700	0,0933	0,3000
Máximo	0,3250	0,2383	0,1900	0,3633
Suma	2,9450	2,2067	1,4833	3,6300
Cuenta	11	11	11	11

Nota. Estadísticos de Promedios de Huellas Ecológicas Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

Según el gráfico Tabla 17, se observa que los datos de las cuatro huellas ecológicas (*generales per cápita, exportaciones per cápita, importaciones per cápita y producción*) presentan coeficientes de asimetría positivos, lo que implica un sesgo hacia la derecha. Esto indica que la distribución tiene una "cola" más larga en el lado derecho, lo que significa que hay valores más extremos en esa parte de la distribución. En cuanto a la curtosis de las tres huellas ecológicas restantes (*exportaciones per cápita, importaciones per cápita y producción per cápita*), los datos muestran una curtosis negativa, lo que sugiere que la distribución es platicúrtica o aplanada. Esto significa que hay menos valores extremos en comparación con una distribución normal.

Figura 17:

Huellas Ecológicas per cápita/ Hectáreas globales

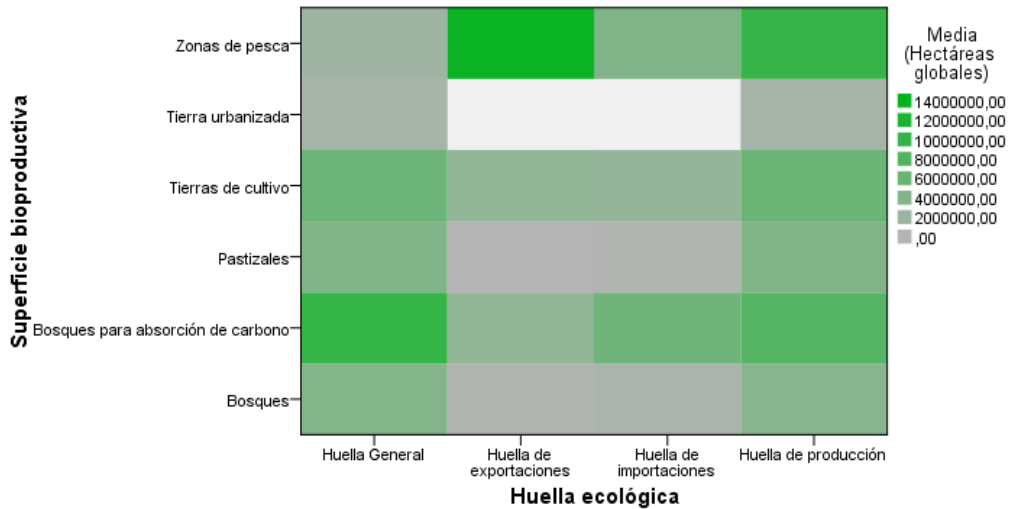


Nota. Estadígrafos de Promedios de Huellas Ecológicas Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

De acuerdo con la Figura 17 se analiza de manera gráfica el promedio per cápita anual de cada huella ecológica, donde se observa que la huella ecológica de la producción per cápita tiene el mayor promedio de hectáreas globales utilizadas o consumidas, mientras que la huella per cápita de importaciones es la menor con 0.1348 hg por cada uno de los habitantes. Por otra parte, la huella ecológica producida por las exportaciones frente a la huella ecológica general tiene una leve variación de 6 unidades, lo cual indica una posible igualdad de actividad económica y comercial en esas áreas, lo que sugiere que la actividad económica en las zonas de producción tiende a ser nociva para el medio ambiente.

Figura 18:

Diagrama de calor de los tipos de huellas ecológicas



Nota. Diagrama de calor de los tipos de huellas ecológicas Fuente: Elaboración propia basado en SINIAS (2023).

Mediante la Figura 17, de diagrama de calor se puede denotar el impacto de cada huella ecológica estudiada durante el periodo de 11 años de las 4 huellas ecológicas: *General*, *Exportaciones*, *Importaciones* y *Producción* y por cada zona bioproductiva medidas en hectáreas globales. El color verde intenso representa la mayor zona bioproductiva afectada la cual ocupa el mayor número de hectáreas globales en la *Huella Ecológica de Exportaciones* que se encuentran en el rango de 14000000 hectáreas globales, que representa a las *zonas de pesca*, las afectaciones en estas zonas se dan debido a algunos factores como: Las actividades relacionadas con la pesca, como la operación de embarcaciones y la manipulación de los productos pesqueros, pueden generar contaminación y residuos que afectan los ecosistemas marinos, el daño a los hábitats marinos tiene un impacto negativo en la biodiversidad y en la capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios ecosistémicos importantes. Por lo cual es de suma importancia adoptar prácticas pesqueras sostenibles, como la gestión adecuada de las poblaciones de peces, la protección de hábitats marinos sensibles y la reducción de la pesca incidental. La pesca responsable y sostenible es crucial para mantener la salud de los ecosistemas marinos y minimizar el impacto negativo en la huella ecológica.

En segundo lugar se encuentra la zona bioproductiva *zonas de pesca* que pertenece a la *huella ecológica de producción* con 12 000000 de hectáreas globales, sin embargo, la superficie bioproductiva que menor zonas de afectación son los *pastizales* de la *huella de exportaciones e importaciones*, pero la zona bioproductiva de *tierra urbanizada en la huella ecológica de exportaciones e importaciones* no presenta ningún área ocupada debido a que no se presentaron datos durante los 11 años en estas dos tipo de huella.

4.2 Verificación de la hipótesis

Para la verificación de la hipótesis, se utilizó el estadígrafo denominado chi – cuadrado porque se busca determinar la asociación que existe entre las huellas ecológicas como producto del promedio de las zonas bioproductivas y un período de 10 años (2009 al 2018).

Planteo de hipótesis

a) Modelo lógico

H₀: No hay diferencia estadística significativa entre el promedio de hectáreas globales de las huellas ecológicas y el periodo de 10 años estudiado.

H₁: Si hay diferencia estadística significativa entre el promedio de hectáreas globales de las huellas ecológicas y el periodo de 10 años estudiado.

b) Modelo matemático

H₀: O = E

H₁: O ≠ E

c) Modelo Estadístico

$$x^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} \quad [14]$$

2. Regla de decisión

$$1-0,95 = 0,05 \quad \alpha = 0,05$$

$$gl = (c-1)(f-1) \quad [15]$$

$$gl = (10-1)(4-1)$$

$$gl = 27$$

Se acepta la hipótesis nula si X^2_c es menor o igual a 40,1132, caso contrario se acepta la hipótesis alterna.

3. Cálculo de chi-cuadrado

Una vez ejecutadas las operaciones matemáticas se determina que el valor de chi cuadrado calculado (X^2_c) es de 1042349,8811 que es un valor muy superior a 40,1132 además, el p- value es de 0,0000 que es muy inferior al α de 0,05.

4. Conclusiones

Una vez calculada la significación asintótica bilateral, cuyo valor es $\leq 0,05$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir, “Si hay diferencia estadística significativa entre el promedio de hectáreas globales de las huellas ecológicas y el periodo de 10 años estudiado”. Lo cual significa que con el transcurso del tiempo la afectación al medio ambiente y por tanto el requerimiento de una mayor superficie natural, para satisfacer las necesidades humanas, se incrementan de manera constante.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

La Huella ecológica general tiene algunos factores que afectan al deterioro de la biocapacidad de la superficie terrestre como el crecimiento, industrialización, urbanización, uso de combustibles fósiles, falta de prácticas medioambientales y falta de políticas medioambientales.

En Ecuador las zonas de pesca que pertenecen a las huellas ecológicas de importaciones y exportaciones son las que más afectan a la biocapacidad ecuatoriana, debido al impacto ambiental que estas generan a los hábitats, así como también la pesca incidental puede resultar en la muerte de especies en peligro de extinción o la alteración de los ecosistemas al afectar la cadena alimenticia y las interacciones entre las especies. Por otra parte, la Huella ecológica de exportaciones indica una relación inversa debido a las diferencias de los productos producidos en lo local y a los estándares ambientales y tecnologías eficientes que se utilizan en el país exportador, mientras que la Huella ecológica de importaciones es menor debido a la cantidad de recursos naturales que se utilizan durante la producción y transporte de bienes importados desde otros países y los impactos ambientales generados.

La huella ecológica de producción estudiada durante los 11 años presenta un continuo crecimiento en la afectación de biocapacidad, es decir en la producción de desechos, ya que tiende a aumentar considera, debido a que la zona bioproductiva con 9,69 veces mayor es la tierra urbanizada en comparación con las zonas de pesca. Esto significa que, por cada aumento de 1 unidad en la zona de tierra urbanizada, la zona de pesca experimenta un aumento de 9,69 veces en términos de consumo de hectáreas globales o impacto ambiental. La tierra urbanizada es considerada la zona bioproductiva con el mayor impacto debido al alto consumo de recursos y la transformación del entorno natural en áreas urbanas. Por tanto, la Huella ecológica de Producción varía y depende de los sectores productivos como: las prácticas de gestión ambiental, la implementación de tecnologías sostenibles, políticas y prácticas sostenibles que

promuevan la eficiencia en el uso de recursos, la conservación ambiental y la transición hacia fuentes de energía renovable.

En términos de sostenibilidad el uso de las nuevas tecnologías ayudan al procesamiento de la materia prima, y de según el Acuerdo firmado en el 2016 en París en el que los países se comprometen a preservar el ambiente mediante normas y leyes establecidas, y tras este acuerdo en Ecuador se observó cómo ha disminuido la huella ecológica en importaciones y exportaciones ya que las grandes empresas han optado por medidas que salvaguardan el ambiente en los procesos de importar y exportar sus mercancías. La Huella ecológica general tiene algunos factores que afectan al deterioro de la biocapacidad de la superficie terrestre como el crecimiento, industrialización, urbanización, uso de combustibles fósiles, falta de prácticas medioambientales y falta de políticas medioambientales.

5.2 Limitaciones del estudio

En la presente investigación la principal limitación fue la falta de datos, debido a que los datos precisos y actualizados sobre el consumo de recursos naturales y las emisiones de gases de efecto invernadero de ciertas zonas bioproductivas en los diferentes años, además de la información limitada sobre cada tipo de huella ecológica debido a que los sistemas ecológicos son complejos y están interconectados lo cual dificulta la evaluación completa lo cual afecta a la precisión de los cálculos.

5.3 Futuras temáticas de investigación

- Proyecciones de la huella ecológica hídrica de las diferentes provincias ecuatorianas
- Cálculo de la huella ecológica por sectores tipos de industrias y sectores económicos.
- Análisis comparativos entre países de la biocapacidad de la superficie terrestre.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albornoz Mendoza, L., Ortiz Pech, R., & Canto Sáenz, R. (2020). La insostenibilidad del desarrollo en las entidades federativas de México. *Ensayos Revista de Economía*, 39(1), 59–86. <https://doi.org/10.29105/ensayos39.1-3a>
- Álvarez, N. L. (2013). *Metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades*. 9, 1–24.
http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/CTs/987984792_NL%F3pez.pdf
- Ambiente, M. del. (2017). *Ficha Metodológica de la Brecha entre Huella Ecológica y Biocapacidad per cápita*.
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Sistema_Estadistico_Nacional/Planificacion_Estadistica/Plan_Nacional_de_Desarrollo_2017_2021/Objetivos/Objetivo_3/3.1-FM-Brecha-huella-biocapacidad.pdf
- Arias, F. G. (2006). *El Proyecto de Investigación*. Editorial Episteme.
- Balsalobre-lorente, D., Nur, T., Topaloglu, E. E., & Evcimen, C. (2023). Assessing the impact of the economic complexity on the ecological footprint in G7 countries: Fresh evidence under human development and energy innovation processes. *Gondwana Research*, xxx. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.03.017>
- Blanco, J. A. (2017). Bosques, suelo y agua: Explorando sus interacciones. *Ecosistemas*, 26(2), 1–9. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-2.01>
- Coloma-Martinez, J. G. (2022). *Cálculo de la huella ecológica y su influencia en la ecaluación del impacto ambiental*. 7(3), 174–189.
<https://doi.org/10.23857/pc.v7i3.3724>
- 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, 110130.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110130>

de Jesús, E. (2013). *Prácticas públicas y privadas para reducir las huellas ambientales en el comercio internacional*. 5.

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37091/S1420337_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Doménech Quesada, J. L. (2007). *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. 18, 1–32.

<https://doi.org/10.18356/9789210047425>

Engström, G., Gars, J., Jaakkola, N., Lindahl, T., Spiro, D., & van Benthem, A. A. (2002). Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. In *Environmental and Resource Economics*.

Equipo técnico de la Fundación Global Nature. (2018). Cultivos Permanentes. *Food y Biodiversity*, 1–18. www.food-biodiversity.eu Más

Fachelli, S., & López Roldán, P. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa*. Creative commons. <http://ddd.uab.cat/record/129382>

Field, C. B., & Barros, V. R. (2014). *Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. 1132.

https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-FrontMatterA_FINAL.pdf

Frohmann, A., Herreros, S., Mulder, N., & Olmos, X. (2014). La huella de carbono de las exportaciones de alimentos. *CEPAL*.

Frohmann, A., & Olmos, X. (2013). Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático. *CEPAL*.

<https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/4101/S2013998rev1.pdf>

Gachet Otáñez, I. F. (2002). La huella ecológica. In *Abya - Yala*.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2701780>

Gligo, N., Barkin, D., Brzovic, F., Durán, H., Gallopin, G., Marino de Botero, M.,

Ortiz Monasterio, F., Pengue, W., Rofman, A., Sejenovich, H., Villamil, J., Alonso, G., Brailovsky, A., Carrizosa, J., Fernández, P., Leal, J., Morales, C., Panario, D., Rodriguez Becerra, M., ... Sunkel, O. (2021). *La tragedia ambiental de América Latina y el Caribe*. CEPAL.
<https://doi.org/10.18356/9789210047425>

Graña, C. R., & Díaz, M. R. (2007). *Introducción a la Estadística Descriptiva*.
oai:ruc.udc.es:2183/11897

Grzega, J. (2020). On the Connection between Countries' Onomasiological and Ecological Behavior. *Linguistik Online*, 102(2), 21–34.
<https://doi.org/10.13092/lo.102.6813>

Guarín Calle, J. C., & Vitoncó Orozco, Y. (2022). La huella ecológica, indicador de sostenibilidad ambiental y social. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 4156–4175. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1791

Hodge, C., Daher, M., López, R., Castilla, J. C., & Edwards, G. (2018). Desarrollo humano integral y sostenible. *Teología y Vida*, 59(3), 399–430.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0049-34492018000300399

Husain, D., Garg, P., & Prakash, R. (2021). Ecological footprint assessment and its reduction for industrial food products. *International Journal of Sustainable Engineering*, 14(1), 26–38. <https://doi.org/10.1080/19397038.2019.1665119>

Ibarra-Cisneros, J. M., & Monroy-Ata, A. (2014). Cuestionarios para calcular la Huella Ecológica de estudiantes universitarios mexicanos y su aplicación en el Campus Zaragoza de la Universidad Nacional. *Tip Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 17(2), 147–154.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43232564005%0ACómo>

Jiménez, J., Ñíguez, M. P., Cajamarca, D., & Massa Sánchez, P. (2017). *Análisis de la huella ecológica del Ecuador: una comparación con América Latina. Impacto en la biodiversidad y la incidencia del desarrollo turístico sostenible*.

February. <https://doi.org/10.18502/epoch.v2i2.11415>

Kibria, G. (2023). Ecological footprint in Bangladesh: Identifying the intensity of economic complexity and natural resources. *Heliyon*, 9(4).

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14747>

Lara Arzate, J., Falfán Velázquez, L., & Villa Gutiérrez, A. (2013). *Huella ecológica, datos y rostros*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001598.pdf>

Lasco, R. D., Ogle, S., John, R., Verchot, L., Wassman, R., Yagi, K., Bhattacharya, S., Brenner, J. S., Daka, J. P., González, S. P., Krug, T., Li, Y., Martino, D. L., McConkey, B. G., Smith, P., Tyler, S. C., & Zhakata, W. (2006). Tierras de cultivo. *Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de La Tierra*, 4, 1–74.

[https://www.ipcc-](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_05_Ch5_Cropland.pdf)

[nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_05_Ch5_Cropland.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_05_Ch5_Cropland.pdf)

López Fernández, R., Crespo Borges, T., Franco Fadul, M. del C., Fadul Franco, J. S., Capa Benítez, L. B., García Saltos, M. B., Crespo Hurtado, E., & Palmero Urquiza, D. E. (2017). *Análisis Exploratorio de Datos con SPSS* (Universo Sur (ed.)). Universidad Metropolitana.

Martín, Z. H. (2012). *Método de análisis de datos*.

<https://archive.org/details/2012MetodosDeAnalisisDeDatos>

Martínez Castillo, R. (2007). Algunos aspectos de la huella ecológica. *Revista de Las Sedes Regionales*, 8, 11–25.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66615071002>

Martínez, E. R., Gisbert, F. J. G., & Martí, I. C. (2016). *Delimitación de áreas rurales y urbanas a nivel local*. publicaciones@fbbva.es

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2008). *Análisis de la*

huella ecológica de España.

[https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Huella ecológica de Espana.pdf](https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Huella%20ecologica%20de%20Espana.pdf)

Ministerio del Ambiente. (2017). *Huella Ecológica del Ecuador: Principales Avances y Resultados*. 1–25.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2016). *Reporte de la Huella Ecológica Nacional y Sectorial del Ecuador - Año 2013*. 76. http://huella-ecologica.ambiente.gob.ec/files/Reporte_de_la_Huella_Ecológica_del_Ecuador_2013.pdf

Ministerio del Ambiente. (2020). *Ficha metodológica de la Huella Ecológica Nacional*. <http://sinias.ambiente.gob.ec:8099/proyecto-sinias-web/informacionIndicadores.jsf?menuid=90&menu=03&faces-redirect=true>

Mizar Moreno, D., & Munzón Pastran, C. (2017). Impacto ambiental de los procesos de producción. Una revisión de su evolución y tendencias. *Unisimon*, 8(1), 15–20. <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identific/article/view/2941/3429>

Mondragón Barrera, M. A. (2014). Uso de la correlación de Spearman en un estudio de intervención en fisioterapia. *Movimiento Científico*.

Organización de las Naciones Unidas ONU. (2015). *Acuerdo de París*. 1–29.

Pazmiño Mendoza, P. M., & Yagual De la A., D. E. Y. (2019). *El comercio internacional y las nuevas tecnologías*. 1(1), 28–40.

Peinado, G. (2019). Economía ecológica y comercio internacional: el intercambio ecológicamente desigual como visibilizador de los flujos ocultos del comercio internacional. *Revista Economía*, 70(112), 53–69. <https://doi.org/10.29166/economia.v70i112.2046>

Peinado, G., Mora, A., Ganem, J., & Ferrari, B. (2020). Las huellas de la contradicción entre desarrollo y ambiente. Un análisis del metabolismo

socioeconómico en América del Sur a través de sus huellas ecológica e hídrica. *Revista Del CESLA: International Latin American Studies Review*, 25, 103–122. <https://doi.org/10.36551/2081-1160.2020.25.103-122>

Pérez Neira, D., de Marco Larrauri, O., & Álvarez Muñoz, P. (2015). La huella ecológica de las naciones. Reflexiones globales, particularidades ecuatorianas. *Revista Ciencia Unemi*, 8(14), 93–103. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582663828012%0ACómo>

Pineda-Sosa, F., Borggooff, M., Tejedor-Flores, N., Mora, D., & Chen-Austin, M. A. (2022). Evaluación de estrategias para reducir la huella ecológica en edificaciones residenciales en clima tropical. *I+D Tecnológico*, 18(2), 44–54. <https://doi.org/10.33412/idt.v18.2.3650>

Raffo Lecca, E. (2016). Valoración económica ambiental: el problema del costo social. *Industrial Data*, 18(1), 108. <https://doi.org/10.15381/idata.v18i1.12073>

Rebollo, S., & Gómez Sal, A. (2003). Aprovechamiento Sostenible de los pastizales. *Ecosistemas*, 12(3), 1–10. <http://www.aeet.org/ecosistemas/033/investigacion7.htm>

Rius, J. B. i. (2023). Agenda 2030 Y Ods 3: *Participación, Innovación y Emprendimiento En La Escuela.*, 16301, 158–165. <https://doi.org/10.2307/j.ctv36k5dxk.21>

Rodríguez, V., Bustamante, L., & Mirabal, M. (2011). La protección del medio ambiente y la salud, un desafío social y ético actual. *Revista Cubana de Salud Pública*, 37(4), 510–518. <https://www.redalyc.org/pdf/214/21421364015.pdf>

Ruiz Ramirez, L. R. (2020). Material Didáctico de Estadística. *Repositorio Institucional de La Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo*.

Sociedad Pública de Gestión Ambiental. (2019). *Huella ecológica de Euskadi*. ihobe. <https://www.ihobe.eus/publicaciones/huella-ecologica-euskadi019-3>

- Tobasura Acuña, I. (2008). Huella ecológica y biocapacidad: indicadores biofísicos para la gestión ambiental. El caso de Manizales, Colombia. *Revista Luna Azul*, 26, 119–136.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742008000100008
- Torres, S. (Universidad I., López, A. (Universidad I., Moreno, M. (Universidad I., & Restrepo, L. (Universidad I. (2011). Metodología para la determinación de la huella ecológica en el área de exhibiciones del Zoológico de Cali. *Revista S&T*, 10(20), 51–68.
- Valdez Leyva, G. L. (2012). *Producción pequera Ribereña por zonas de pesca en la región del golfo de ulloa, baja California Sur, México*.
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/19351/valdezl1.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La producción promedio anual registrada,crustáceos y 11 de moluscos.>
- Vilà-Baños, R., Berlanga-Bilvente, V., & Torrado-Fonseca, M. (2014). *Cómo aplicar un cluster jerárquico en SPSS*. 7, 113–127.
- Vinuesa, P. (2016). Correlación: teoría y práctica. *Ccg-Unam.*, 1–26.
https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8_correlacion.pdf
- WWF. (2012). *Japan Ecological Footprint Report 2012*. 1–71.
http://www.footprintnetwork.org/images/article_uploads/Japan_Ecological_Footprint_2012_Eng.pdf
- WWF World Wide Fund for Nature. (2010). Biodiversidad, biocapacidad y desarrollo. *WWF*, 120. <http://www.ibcperu.org/doc/isis/13057.pdf>