

## CAPÍTULO 4: LOS INDICADORES DE LA SOSTENIBILIDAD

Ante el carácter difuso y complejo que caracteriza el proceso de DS, se reconoce la necesidad de contar con indicadores que permitan su medición y evaluación. Sin embargo, dada la complejidad del proceso y sus diferentes componentes y escalas, no existe todavía un indicador preciso y confiable que permita evaluar el DS de manera integral.

Existen numerosas definiciones de indicadores. En términos generales, un indicador puede ser una señal, un síntoma, una pista, un grado, un rango, un objeto, un organismo o una advertencia de algún tipo. En un sentido más restringido, como suele usarse en la literatura científica, un indicador se refiere a una variable o un conjunto de múltiples variables relacionadas cuyos valores pueden proporcionar información sobre las condiciones o trayectorias de un sistema o fenómeno de interés. En otras palabras, un indicador es simplemente “una representación operativa de un atributo (cualidad, característica, propiedad) de un sistema” (Wu y Wu, 2012).

A lo largo de los años, se han utilizado diversos indicadores que Ness *et al.* (2007) han agrupado en tres categorías principales:

- *Indicadores e índices individuales o integrados, que cuantifican algunos aspectos (sociales, económicos o ambientales) o la agregación de los mismos.* Se caracterizan por su simplicidad, amplio alcance y continuidad, pues son indicadores retrospectivos de tendencias durante períodos finitos (años, quinquenios, décadas). Entre éstos destacan la huella ecológica y los índices de bienestar, sostenibilidad ambiental y desarrollo humano.
- *Valoraciones relacionadas con los productos, enfocados en los flujos de materia y/o energía desde la perspectiva de los ciclos de vida de productos y servicios.* Entre éstos se encuentran la evaluación del ciclo de vida, el costo del ciclo de vida, el análisis de flujo material de productos, el análisis de energía/producto.
- *Herramientas de evaluación integral, en el ámbito de las políticas e implantación de programas/proyectos.* Los más utilizados son los análisis multicriterio, costo-beneficio, análisis de riesgo y vulnerabilidad, evaluación de impacto y evaluaciones monetarias (de precios, de ingresos, de transporte y de reposición).

#### 4.1 Las dificultades en la medición y la evaluación de las MDS

Para evidenciar la complejidad de las mediciones e indicadores necesarios para la evaluación del DS, y sin menoscabo de lo expuesto anteriormente, se reseña con detalle el trabajo de Shaker (2018), quien considera que las iniciativas de medición del desarrollo sostenible han llegado a tal volumen que quizás se justifica una revolución del índice de desarrollo sostenible. Ante la profusión de indicadores y medidas relacionadas con el desarrollo sostenible, es evidente que la mayoría responde a contextos y realidades específicas, por lo que elegir indicadores de sustentabilidad apropiados puede ser complicado y erróneo, porque cada uno esconde las ventajas, desventajas y problemas para su aplicabilidad y uso. La selección de criterios e indicadores de sostenibilidad adecuados es una decisión técnica y normativa guiada más por lo que se *puede* medir (una cuestión técnica), que por lo que se *debe* medir (una cuestión normativa).

En este sentido, medir el progreso hacia la sustentabilidad ahora se parece más a una verdadera contabilidad de costos que a herramientas de empleo rápido útiles, tanto para el mundo desarrollado como para el mundo en desarrollo. Aunque el acceso y la calidad de los datos continúan mejorando, sigue existiendo la necesidad de indicadores que sean precisos, fáciles de entender y utilizables en distintas escalas espaciales y temporales. Por lo tanto, se justifica un tiempo de autorreflexión disciplinaria para los indicadores de sostenibilidad, una revolución constructiva del índice de desarrollo sostenible que permitiría a los científicos de la sostenibilidad convertir índices complejos en herramientas simples y significativas para poner en práctica la planificación y la formulación de políticas de desarrollo. En este contexto, Shaker (2018) realizó un análisis con datos de 30 países occidentales, con el objetivo de intentar crear el primer mega-índice de desarrollo sostenible (MISD), y así de mejorar la capacidad de la humanidad para calcular el progreso hacia la sostenibilidad a través de un enfoque inductivo.

Al hacerlo, seleccionó los 31 índices más comúnmente usados en los países bajo estudio, los cuales se redujeron, a través de un análisis factorial, a siete dimensiones subyacentes del desarrollo sostenible, luego se normalizaron de 0 a 100 y se agregaron por su media geométrica. Los 31 Índices seleccionados para el análisis, a partir de más de un centenar de opciones, se muestran en el Tabla 2. (Shaker, 2018).

**Tabla 2.**

*Indicadores seleccionados para el estudio de Shaker (2018)*

<b>Indicadores seleccionados para el estudio de Shaker</b>	
*Índice de desarrollo infantil	*Indicador de salud infantil
*Índice de percepción de la corrupción	*Índice de democracia
*Índice de huella ecológica	*Índice de vulnerabilidad económica
*Índice de educación	*Índice de desempeño ambiental
*Índice de estrés ambiental	*Índice de sostenibilidad ambiental
*Índice de vulnerabilidad ambiental	*Índice de bienestar del ecosistema
*Producto interno bruto	*Índice de paz global
*Índice de desarrollo humano	*Índice del planeta feliz
*Índice de bienestar humano	*Índice de libertad económica
*Índice de desarrollo sostenible humano	*Índice de esperanza de vida
*Índice de economía del conocimiento	*Índice de riesgo mundial
*Indicador de protección de recursos naturales	*Índice de prosperidad de Legatum
*Índice de brecha de pobreza	*Índice de progreso social
*Índice de objetivos de desarrollo sostenible	*Índice de donaciones mundiales
*Índice de sociedad sostenible	*Coeficiente del instituto de redes de información global
*Índice de iniciativa de adaptación global de Notre Dame	

Las siete dimensiones subyacentes se articularon subjetivamente como: (1) sinergias de bienestar socioeconómico; (2) libertad económica y democracia; (3) felicidad ambientalmente eficiente; (4) bienestar del ecosistema; (5) equilibrio entre paz y vulnerabilidad económica; (6) protección de los recursos naturales; y (7) administración ambiental y resiliencia al riesgo. En general, este estudio encontró que los temas socioeconómicos subyacentes de la sustentabilidad

eclipsaban los temas ambientales, lo que significa una mayor necesidad de indicadores biogeofísicos (espaciales y temporales) más simples, precisos y sin escala. Utilizando la correlación de Pearson y la regresión bivariada de mínimos cuadrados ordinarios, se exploraron 11 indicadores comunes de desarrollo con respecto a la colinealidad y el poder explicativo de las dimensiones de desarrollo. En resumen, los países ganadores se caracterizaron por una baja densidad de población, más bosques, menos áreas urbanas y un área rural más grande. La evidencia presentada es suficiente para sugerir que solo unos pocos indicadores comunes y de libre acceso podrían eventualmente capturar todas las dimensiones actuales del desarrollo sostenible mediante un mega índice. Sin embargo, sería incorrecto suponer que los 11 indicadores comunes y de libre acceso elegidos para este estudio lo abarcan todo; también se deben investigar otros indicadores que cruzan fácilmente las escalas espaciales y temporales. Shaker (2018) concluye que la creación de, si se pudiese lograr, un mega índice serviría como un importante trampolín científico para mejorar la precisión y simplificar las valoraciones del desarrollo sostenible, por lo que otros deberían seguirlo.

La tendencia reciente es la utilización combinada de indicadores, buscando instrumentos que permitan valorar integralmente la integración naturaleza-sociedad, la dimensión temporal y la espacial. Como las mediciones de los índices dependen esencialmente de las estadísticas nacionales de cada país, y los institutos encargados de coleccionar y sistematizar varían considerablemente de uno a otro, resulta desafiante lograr series de datos uniformes y homogéneos que puedan agregarse y representar las tendencias reales de los fenómenos o procesos bajo análisis (ONU, 2022) La consideración detallada de estos indicadores escapa a los propósitos de este texto, pero es conveniente revisar uno de los que es más frecuentemente utilizado: la Huella Ecológica.

## **4.2 La Huella Ecológica**

La huella ecológica es un índice ambiental de carácter integrador del impacto ejercido por una comunidad humana, ciudad, región o país sobre su entorno. Wackernagel y Rees (2001) definieron la huella ecológica (en inglés, *footprint* o *ecological footprint*) como el área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistema acuático) necesaria para generar 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. El éxito de este índice se basa en su sencillez, lo que lo hace fácilmente asimilable por el gran público. Su valor clarificador y su potencial didáctico, hacen de la huella ecológica una referencia clave para todos los que se preocupan por la sostenibilidad.

La diferencia entre el área disponible (capacidad de carga) y el área consumida (huella ecológica) en un lugar determinado es el déficit ecológico. Este pone de manifiesto la sobreexplotación del CN y la incapacidad de regeneración tanto a nivel global como local. La huella ecológica, quizás por su simplicidad, presenta algunas limitaciones, pero éstas no hacen más que subestimar el impacto real del hombre sobre la Tierra, y sobreestimar la biocapacidad de la naturaleza. Mientras que el índice expresado en hectáreas es más limitado a la hora de establecer comparaciones, el índice en hectáreas por habitante refleja mejor nuestro nivel de consumo e impacto sobre la Tierra. Este índice se ha convertido en la medida más importante del mundo para analizar y evaluar la demanda de la humanidad sobre la naturaleza. La huella ecológica es un indicador ambiental de carácter integrador del impacto que ejerce una cierta comunidad humana país, región o ciudad– sobre su entorno, considerando tanto los recursos necesarios como los residuos generados para el mantenimiento del modelo de producción y consumo de la comunidad.

La metodología de cálculo consiste en contabilizar el consumo de las diferentes categorías y transformarlo en la superficie biológica productiva apropiada a través de índices de productividad. Habitualmente se diferencian cinco categorías de consumo (dentro de las que se pueden hacer las subdivisiones que se quieran): alimentación, vivienda, transporte, bienes de consumo y servicios. Por lo que respecta a la superficie biológica productiva, las categorías son: cultivos, pastos, bosques, mar productivo, terreno construido y área de absorción de dióxido de carbono. La huella ecológica se expresa como la superficie necesaria para producir los recursos consumidos por un ciudadano medio de una determinada comunidad humana, así como la necesaria para absorber los residuos que genera, independientemente de la localización de estas áreas (Tabla 3). Esto incluye las áreas de producción de los recursos que consume, el espacio para el alojamiento de sus edificios y carreteras y los ecosistemas requeridos para absorber las emisiones de desechos, como por ejemplo el dióxido de carbono.

**Tabla 3.**

*Clases de superficies consideradas en el cálculo de la huella ecológica*

<b>Cultivos</b>	Superficies con actividad agrícola y que constituyen la tierra más productiva ecológicamente hablando pues es donde hay una mayor producción neta de biomasa utilizable por las comunidades humanas.
<b>Pastos</b>	Espacios utilizados para el pastoreo de ganado, y en general considerablemente menos productiva que la agrícola.
<b>Bosques</b>	Superficies forestales ya sean naturales o repobladas, pero siempre que se encuentren en explotación.
<b>Zonas pesqueras</b>	Superficies marinas en las que existe una producción biológica mínima para que pueda ser aprovechada por la sociedad humana.
<b>Superficie urbana</b>	Considera las áreas urbanizadas u ocupadas por infraestructuras
<b>Área de absorción de CO<sub>2</sub></b>	Superficies de bosque necesarias para la absorción de la emisión de CO <sub>2</sub> debido al consumo de combustibles fósiles para la producción de energía.

---

Fuente: [http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/footprint\\_science\\_introduction/](http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/footprint_science_introduction/)

También se toma en cuenta la oferta de recursos naturales o biocapacidad, referida a la cantidad de área biológicamente productiva disponible para prestar estos servicios. La medida puede realizarse a muy diferentes escalas: individuo (la huella ecológica de una persona), poblaciones (la huella ecológica de una ciudad, de una región, de un país), comunidades (la huella ecológica de las sociedades agrícolas, de las sociedades industrializadas).

Un elemento complementario es el análisis del conjunto de actividades humanas y las demandas de superficie (huellas ecológicas) asociadas a cada una de ellas. Para ello se pueden establecer las categorías generales que se muestran en el Tabla 4. La consideración de estas categorías de actividades nos permite analizar la huella ecológica a partir de los sectores demandantes de superficies, pudiendo evaluar así en que ámbitos puede ser más prioritario incidir.

El objetivo fundamental de calcular las huellas ecológicas es evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y compararlo con la biocapacidad del planeta. La biocapacidad es una medida del área biológicamente productiva existente, capaz de regenerar los recursos naturales bajo la forma de alimentos, fibra y madera, y de secuestrar dióxido de carbono.

**Tabla 4.**

Tipología de actividades vinculadas a la huella ecológica

<b>Alimentación</b>	Superficies necesarias para la producción de alimentación vegetal o animal, incluyendo los costes energéticos asociados a su producción
<b>Vivienda y servicios</b>	Superficies demandadas por el sector doméstico y servicios, sea en forma de energía o terrenos ocupados.
<b>Movilidad y Transportes</b>	Superficies asociadas al consumo energético y terrenos ocupados por infraestructuras de comunicación y transporte.
<b>Bienes de consumo</b>	Superficies necesarias para la producción de bienes de consumo, sea en forma de energía y materias primas para su producción, o bien terrenos ocupados para la actividad industrial.

---

Fuente: [http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/footprint\\_science\\_introduction/](http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/footprint_science_introduction/)

Esta medida se efectúa teniendo en cuenta cinco categorías: campos de cultivo, tierras de pastoreo, zonas de pesca, tierras de bosques y tierra urbanizada. Juntas, satisfacen la demanda humana contemplada en las categorías de la Huella. Consecuentemente, es un indicador clave para la sostenibilidad. Concebida en 1990 por Mathis Wackernagel y William Rees, de la Universidad de British Columbia, la huella ecológica es ahora de uso generalizado por los científicos, empresas, gobiernos, agencias, individuos e instituciones que trabajan para controlar el uso de los recursos ecológicos y promover el desarrollo sostenible.

La Huella Ecológica está generada por los hábitos de los consumidores y la eficiencia con la que se utilizan los bienes y servicios. El creciente déficit de biocapacidad, producido cuando una población utiliza más biocapacidad de la que puede aportarse y regenerarse en un año, está provocado por la combinación de las altas tasas de consumo, que están aumentando más rápido que las mejoras en eficiencia (al crecer la huella de las personas), y las poblaciones, que crecen más rápido que la capacidad de la biosfera (produciendo un descenso de la biocapacidad por persona) (WWF, 2016).

Desde principios de la década de los años setenta del siglo XX, los seres humanos demandamos más de lo que el planeta puede reponer, es decir, tenemos un sobregiro ecológico. Con el desarrollo de la tecnología y los cambios en las prácticas de uso de la tierra, la biocapacidad ha aumentado cerca del 27 por ciento en los últimos 50 años. Pero no ha mantenido el ritmo del consumo humano: la Huella Ecológica<sup>16</sup> de la humanidad ha aumentado casi 190 por ciento durante el mismo período. (WWF, 2018).

En la dimensión poblacional global, la huella ecológica se ha modificado de manera significativa a lo largo del tiempo, como se ilustra en la Figura 8, donde se observan los cambios en el índice de 1961 a 2018. El valor de la huella ecológica registra que la humanidad está sobreexplotando nuestro planeta al menos a 75 %, equivalente a vivir en 1,75 planetas Tierra. Tal exceso está deteriorando gravemente la salud del planeta y, con ello, las propias perspectivas de futuro de la humanidad. (WWF, 2022).

Siguiendo el enfoque de la huella ecológica, se han desarrollado los conceptos de huella del carbono, del agua, de la construcción, de los bosques y agrícola. La **huella del carbono** se refiere a la cantidad neta de gases de efecto invernadero emitidos por un producto, un individuo, una organización o una nación en un período de un año, y da una idea de cuánto contamina un

---

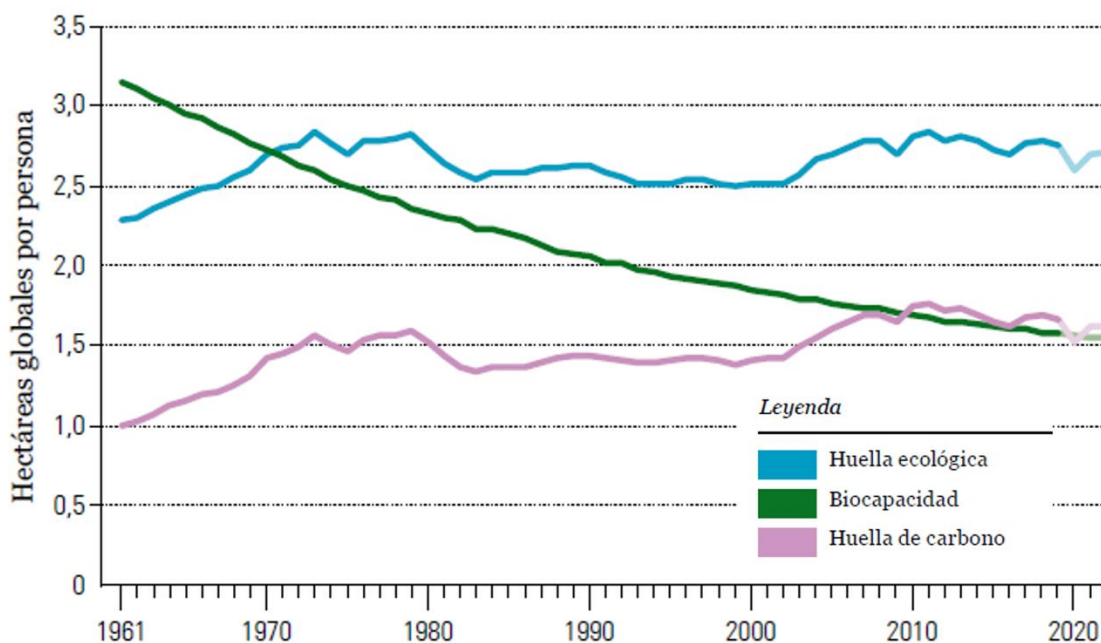
<sup>16</sup> Mayor información sobre el concepto de la huella ecológica y su metodología puede verse en el sitio: [http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/footprint\\_science\\_introduction/](http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/footprint_science_introduction/)



producto, individuo u organización. Se expresa en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. El concepto de la huella de carbono ha captado el interés en el campo de los negocios, de los consumidores y también de los formuladores de políticas. Muchos negocios consideran la huella de carbono de sus clientes como un indicador de riesgo de inversión.

**Figura 8.**

*Tendencias de la huella ecológica entre 1961 y 2018, de acuerdo con los componentes de los ecosistemas en el ámbito global*



Fuente: WWF (2022)

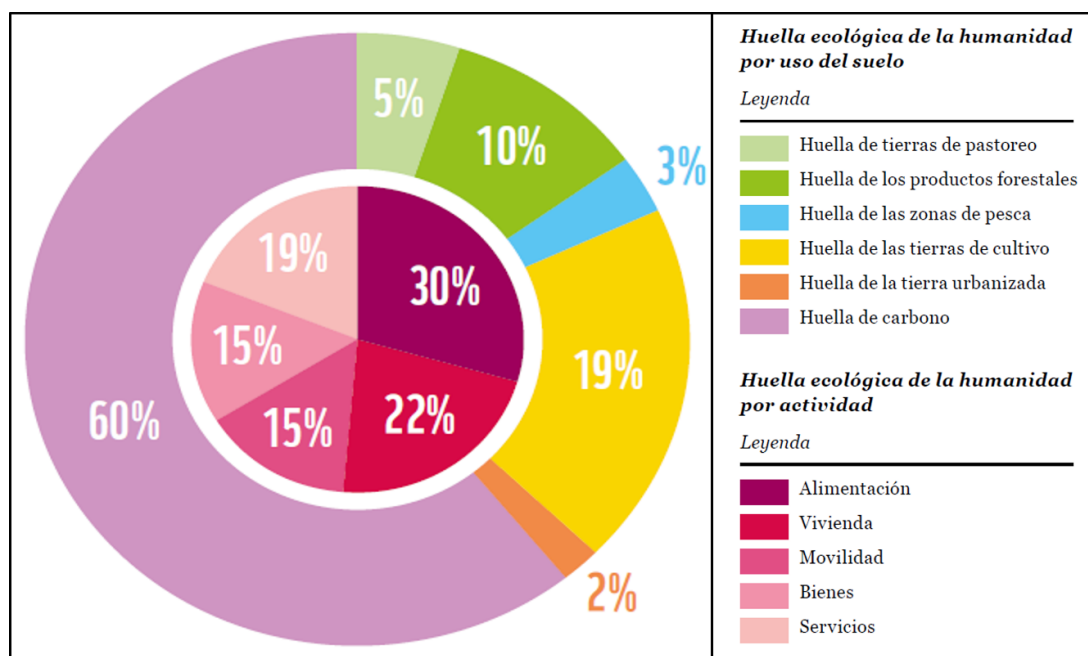
De allí que conocer la huella de carbono de un producto u organización y poder certificarla de acuerdo con los estándares internacionales, se ha convertido en una estrategia no sólo de protección del ambiente sino de competitividad de mercado.

La huella ecológica desagregada por el uso del suelo y por actividad se puede visualizar en la Figura 9. Destaca la proporción de la huella ecológica del CO<sub>2</sub>, así como la correspondiente a los componentes de uso de la tierra (agrícola, pastos, bosques).

De otra parte, Hoekstra y Mekonnen (2012) definieron y desarrollaron una herramienta que calcula el consumo directo e indirecto de agua por parte de un consumidor o un productor a la que llamaron **Huella Hídrica** también conocida como huella hidrológica. Aunque el concepto fue formulado inicialmente en 2002 por el primero de los autores.

**Figura 9.**

*Huella ecológica de la humanidad por uso del suelo y por actividad. En 2020, la huella ecológica media mundial ascendía a 2,5 hectáreas globales por persona, frente a una biocapacidad de 1,6 hectáreas globales por persona. La huella ecológica se puede desglosar por categorías de uso del suelo (círculo exterior) o por actividades humanas (círculo interior), si usamos las Evaluaciones Multirregionales de Insumos y Productos.*



Fuente: WWF (2022)

La huella hídrica o hidrológica cuantifica el volumen total de agua consumida y/o contaminada por unidad de tiempo que se usa para producir un bien o un servicio, que consume un individuo, una comunidad o una fábrica. Este modo de cálculo nos indica, por ejemplo, que tomar un pocillo de café equivale a consumir 140 L de agua o que comer 1 kg de asado representa tomar 16.000 L de agua, porque se tiene en cuenta toda el agua utilizada en los procesos involucrados en la cadena de suministro del producto. Entre los países que se encuentran comprometidos en reducir sus huellas se puede mencionar Holanda, Francia, Australia, Canadá, Nueva Zelanda, entre otros.

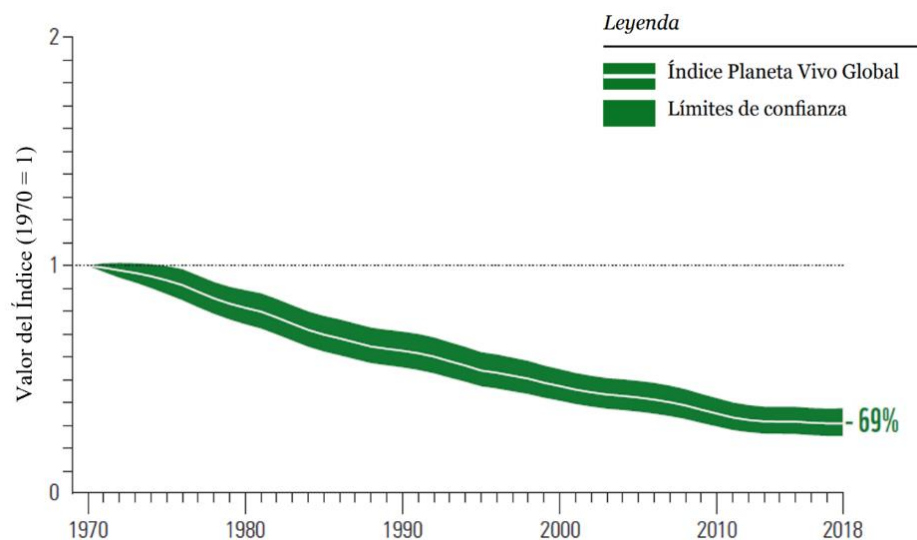
La huella hídrica está compuesta por tres tipos de uso del agua, conocidos como huella hídrica azul, verde y gris. La huella hídrica verde es el volumen de aguas pluviales almacenado en el suelo que se evapora de los campos de cultivos. La huella hídrica azul es el volumen de agua dulce extraído de los cuerpos de agua, que es utilizado y no devuelto. Esta huella está

representada principalmente por la evaporación del agua de regadío de los campos de cultivo. La huella hídrica gris es el volumen de agua contaminada como resultado de los procesos de producción. Se calcula como el volumen de agua requerido para diluir los contaminantes a tal concentración que la calidad del agua alcance estándares aceptables. Hoekstra y Wiedmann (2014) calculan de manera similar la huella del fósforo, del nitrógeno reactivo y de la biodiversidad. También es posible calcular la huella ecológica de una empresa, de una ciudad y la huella de cada individuo, pudiéndose derivar una huella ecológica per cápita, en función de los patrones de consumo y de los diferentes componentes de las cadenas de suministro que elaboran y colocan los productos en manos del consumidor, esto es, de la intensidad de uso o desperdicio de los recursos naturales para la generación de una unidad de producto consumido.

La tendencia de la huella ecológica global, en términos de la biodiversidad silvestre, reflejada en el Índice Planeta Vivo<sup>17</sup> calculado por el Fondo Mundial para la naturaleza (WWF, 2022), entre 1970 y 2018 se puede apreciar en la Figura 10. El Índice Planeta Vivo global 2022 muestra una disminución media de 69% en las poblaciones de animales salvajes entre 1970 y 2018 (límites de confianza: -63 % a -75 %).

**Figura 10.**

*El Índice Planeta Vivo global (1970 a 2018). La abundancia relativa media de 31.821 poblaciones de 5.230 especies monitoreadas en todo el planeta ha disminuido un 69%.*



Fuente: WWF (2022)

<sup>17</sup> El Índice Planeta Vivo (IPV) es un indicador del estado de la biodiversidad global y de la salud de nuestro planeta, elaborado por el WWF.

Igualmente, la huella ecológica causada por la pérdida y desperdicio de los alimentos está siendo en la actualidad objeto de numerosos análisis, pues poco más de la tercera parte de los alimentos producidos en el mundo se pierde o es desperdiciado, con un costo superior 1.200 millones de dólares (US\$). Los alimentos que se pierden después de la cosecha, o que se desperdician a lo largo de la cadena de distribución y consumo es decir, el despilfarro de alimentos dan origen a un doble impacto ambiental adverso, el cual se traduce en una presión indebida sobre los recursos naturales y los servicios ecosistémicos y ocasiona contaminación por el efecto de los descartes alimentarios, además de las pérdidas implícitas en las huellas de carbono e hídricas generadas durante el proceso de producción de lo que luego se perderá o desperdiciará (FAO, 2019).