

Directrices sobre los datos y uso del Food Impacts Toolkit

Componente parte del proyecto
IKI Climate Impacts of Food (CLIF)
Hamburgo, 13 de noviembre de 2024

Contenido

1	Introducción	1
2	Metodología	2
2.1	Resumen del método de evaluación del ciclo de vida	2
2.2	Evaluación de impacto y cálculo de la puntuación única	5
2.2.1	Evaluación de impacto alimentaria específica	7
2.2.2	Incluidos los impactos sobre la biodiversidad	8
2.2.3	Normalización de los resultados de las categorías de impacto	9
2.2.4	Ponderación de los resultados	10
2.3	Limitaciones y retos metodológicos	11
3	Caja de herramientas sobre el impacto alimentario	12
3.1	Objetivo del proyecto	13
3.2	Funcionalidad implementada	14
3.3	Creación de conjuntos de datos indirectos (<i>proxy</i>)	15
3.3.1	Factores regionales	15
3.3.2	Conjuntos de datos adecuados para la creación de proxy	15
3.4	Limitaciones del FIT	16
4	Cómo utilizar FIT	18
4.1	Implementación	18
4.1.1	Implementación local	18
4.1.2	Archivos de configuración	19
4.1.3	Recopilación de los datos necesarios	20
4.1.4	Creación de bases de datos	21
4.2	Utilización por el <i>frontend</i>	23
4.2.1	Cómo obtener información de la FIT	23
4.2.2	¿Qué dice el resultado?	24
5	Referencias	26
6	Impressum	27

1 Introducción

La producción de alimentos es uno de los principales responsables del impacto ambiental antropogénico, sobre todo por el papel que desempeña la agricultura en el rebasamiento de varios límites planetarios. Según Campbell et al. (2017), la agricultura es responsable de cerca del 80% de los cambios en los sistemas terrestres y de la pérdida de biodiversidad, además del 84% del uso mundial de agua dulce. El sector también incrementa la contaminación por nutrientes, representando aproximadamente el 85% de los flujos de nitrógeno de origen humano y más del 90% de los flujos de fósforo. Finalmente, los autores estiman que la agricultura contribuye alrededor del 25% al cambio climático antropogénico.

Si bien los impactos de la agricultura en el sistema terrestre son considerables, las elecciones dietéticas de los individuos pueden tener un impacto significativo en la magnitud de los impactos medioambientales resultantes (veanse, por ejemplo, Willett et al., 2019; Poore & Nemecek, 2018). Junto con la reducción del desperdicio de alimentos en todas las etapas de la cadena de valor, el cambio en la dieta es, por lo tanto, una de las principales palancas para mitigar los impactos ambientales de los alimentos.

Para tomar decisiones más respetuosas con el medio ambiente, tanto los consumidores como los proveedores de comidas necesitan información sobre el impacto ambiental de los alimentos. Sin embargo, esta información rara vez se proporciona, lo que dificulta la toma de decisiones informadas, aunque se desee mejorar la huella medioambiental de alimentos. Este es el objetivo del proyecto IKI CLIF: ofrecer a los consumidores y a los proveedores de comida de la información clara y accesible que necesitan para dar pasos hacia una forma de comer respetuosa con el medio ambiente.

Una herramienta poderosa para generar esta información es el Análisis del Ciclo de Vida (ACV), un método bien establecido para evaluar el impacto ambiental de los productos. El ACV modela las emisiones y el uso de recursos a lo largo del ciclo de vida de un producto. Esta herramienta proporciona una visión global de los impactos ambientales en categorías como el cambio climático, el agotamiento de los recursos, la calidad de los ecosistemas y la salud humana. Este enfoque ayuda a evitar el denominado desplazamiento de la carga, que ocurre cuando un sistema de productos se optimiza para reducir los impactos en una categoría medioambiental (por ejemplo, el cambio climático) a expensas de aumentar involuntariamente los impactos en otras categorías.

Para modelizar eficazmente el impacto ambiental de los alimentos se necesitan muchos datos, que a menudo no están disponibles. Por ello, las bases de datos de productos alimentarios genéricos desempeñan un papel importante en la modelización de los impactos de los alimentos. Además de proporcionar datos sobre el impacto de los distintos productos agrícolas, las bases de datos también aplican hipótesis de modelización coherentes para todos los productos, algo muy fundamental para mantener la comparabilidad entre los distintos productos.

En el proyecto CLIF, nuestro objetivo fue proporcionar información sobre productos alimentarios de manera sencilla, accesible y flexible, y que fuera relevante para los usuarios de distintas regiones, incluidos los socios de Taiwán, Sudáfrica y Paraguay. Para lograrlo, desarrollamos una herramienta de código abierto y de libre acceso llamada *Food Impacts Toolkit* (FIT). FIT, que actualmente es un prototipo, calcula las puntuaciones de impacto de productos individuales y recetas, y proporciona los datos de forma flexible para que puedan mostrarse a distintos grupos de usuarios. FIT está diseñado para una aplicación global mediante la adaptación de conjuntos de datos regionales para estimación de los valores de impacto ambiental en diferentes áreas con una entrada mínima de datos locales.

Dado que la disponibilidad de datos es limitada, utilizamos una base de datos francesa de acceso público (más detalles en la sección 2.1). Aunque esto nos permitió ofrecer muchos productos para un contexto geográfico, en la mayoría de los casos no se disponía de datos para otras regiones. Para poder ofrecer productos de más regiones, se desarrolló un método indirecto para representar mejor las distintas regiones de producción. Aparte de esto, alentamos la inclusión de datos de productos específicos de regiones y sistemas de producción adicionales, siempre asegurando la aplicación de principios de modelización consistentes para mantener la comparabilidad.

Con este fin, este documento describirá en primer lugar las opciones metodológicas elegidas para llegar a los resultados de impacto que ofrecemos. Tras una breve descripción del método de ACV, se detallarán los resultados que incluimos y cómo llegamos a ellos. Además de ampliar las categorías de impacto consideradas y su agregación en una única puntuación, la sección también describirá las limitaciones actuales que es crucial que los usuarios comprendan. La siguiente sección tratará sobre la herramienta FIT, explicando su objetivo de la herramienta, qué funcionalidad implementa, cómo se crearon los datos indirectos que proporciona la herramienta y cuáles son sus limitaciones (actuales). Además, la guía contiene instrucciones sobre cómo utilizar la herramienta y cómo interactuar con ella.

2 Metodología

Tras proporcionar una breve visión general del método de ACV, esta sección detalla las opciones metodológicas relevantes (decisiones normativas) en el contexto de FIT/CLIF. Finalmente, se abordan las limitaciones metodológicas.

2.1 Resumen del método de evaluación del ciclo de vida

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es un método consolidado y normalizado para comparar el impacto de los productos a lo largo de su ciclo de vida, es decir, desde la obtención de materias primas hasta la producción de precursores y el producto final, pasando por el transporte, el uso del producto, su mantenimiento y su eliminación al final de su vida útil. Aunque los estudios de ACV se realizan principalmente para medir y comparar el impacto ambiental de los productos, también pueden emplearse para estudiar el impacto social (ACV social).

En el contexto de la evaluación ambiental, los estudios de ACV abarcan una amplia gama de cuestiones ambientales, principalmente para evitar pasar por alto los impactos ambientales al centrarse sólo en un subconjunto de ellos. El ACV aplica principios y métodos científicos para cuantificar estos impactos con la mayor precisión posible y necesaria según el contexto del estudio determinado. Los pasos principales de cada estudio de ACV se resumen en Tabla 1.

Tabla 1: Resumen de las fases iterativas de un estudio de ACV.

Fase de estudio del ACV	Descripción
Definición del objetivo	La definición del objetivo señala por qué se realiza el estudio, para quién se realiza y qué preguntas concretas pretende responder.
Definición del ámbito de aplicación	<p>La definición del ámbito de aplicación se deriva del objetivo formulado e incluye opciones como</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La unidad funcional (UF) del estudio, que cuantifica la función o el servicio cuyo impacto se evalúa. ▪ Definir qué procesos y actividades se incluyen dentro de los límites del sistema del sistema del producto y qué partes del ciclo de vida deben incluirse para alcanzar el objetivo del estudio. ▪ Decidir qué impactos ambientales del sistema de productos deben evaluarse y qué métodos de evaluación de impacto deben utilizarse. ▪ La determinación de los límites geográficos y temporales del sistema de productos.
Análisis de inventario	<p>Durante el análisis del inventario, se recopila y cuantifica información sobre los flujos físicos del sistema de productos (entradas de recursos, materiales, productos precursores, productos, energía; salidas como materiales de desecho, emisiones de sustancias, materiales valiosos) para todos los procesos y actividades dentro del límite del sistema.</p> <p>Los datos secundarios y los datos genéricos suelen emplearse para los sistemas de fondo debido al tamaño y la complejidad del inventario. El análisis final da como resultado el Inventario del Ciclo de Vida (ICV).</p>
Evaluación de los impactos	Partiendo del ICV, la evaluación de impacto convierte los flujos físicos y las intervenciones del sistema de productos en impactos ambientales aplicando conocimientos y modelos de la ciencia medioambiental. Normalmente, estos modelos se aplican en conjuntos. Este es el caso del método EF, que combina 16 modelos diferentes de evaluación de impacto y sus indicadores para la evaluación del impacto ambiental.
Interpretación	La fase de interpretación de un ACV pretende identificar y evaluar los principales impactos ambientales del sistema del producto, asegurándose de que se ajustan a los objetivos del estudio. Esta fase a menudo implica repetir las fases anteriores, refinar el alcance y actualizar el Inventario del Ciclo de Vida (ICV) según sea necesario. También puede requerir el uso de modelos o indicadores de evaluación de impacto adicionales o diferentes.

Las normas ISO establecen los principios generales de la ECV.¹ Sin embargo, estas normas no abordan (ni pueden hacerlo) todos los aspectos de la aplicación del método para cada tipo de producto o servicio, y dejan inevitablemente margen para la interpretación. Por este motivo, diferentes organismos han elaborado numerosas normas y orientaciones complementarias con el fin de normalizar y armonizar la aplicación del método, aumentando así la comparabilidad entre diferentes estudios y, en particular, dentro de un mismo grupo de productos.

A escala europea, se ha desarrollado con este fin el método de la Huella Ambiental (HA). A nivel de producto, el método se denomina Huella Ambiental de Producto (HAP), e incluye un conjunto creciente de reglas para categorías específicas de productos, las llamadas reglas de categoría (PEFCR). Las reglas de categoría especifican cómo deben modelizarse los ICV para tipos específicos de productos. Un ejemplo destacado es la asignación de cargas: En cuanto los sistemas de productos tienen más de una función, como suele ocurrir con los sistemas de productos animales (por ejemplo, la producción de leche, carne y cuero a partir de sistemas bovinos), se necesitan principios de asignación y orientaciones comunes para mantener la comparabilidad entre estudios. La asignación también desempeña un papel en los sistemas de productos vegetales (por ejemplo, entre el fruto principal y las partes restantes de la planta que se venden como pienso).

Además de seguir reglas congruentes, la modelización de los impactos ambientales de los alimentos requiere una gran cantidad de datos. Como la disponibilidad de datos es limitada, los profesionales del ACV suelen recurrir a bases de datos que contienen versiones genéricas de los procesos necesarios. Se trata de un enfoque perfectamente válido para modelar el sistema de fondo, componentes como bienes y servicios previos (por ejemplo, electricidad, combustible, fertilizantes, transporte, suministro de materias primas) que son insumos del sistema de primer plano, los principales procesos que conforman el sistema de producto y para los que se dispone de datos con mayor frecuencia.

En un mundo ideal, tendríamos de datos y recursos suficientes para realizar estudios de ACV de los productos alimentarios que compramos en el supermercado, considerando el sistema de primer plano específico (métodos de producción y modalidades de abastecimiento) que caracteriza al producto en cuestión. La realidad actual, sin embargo, la realidad actual nos obliga a recurrir a productos genéricos porque no disponemos de datos de ACV para la mayoría de los productos disponibles.

Decidimos utilizar la base de datos pública francesa Agribalyse² en el contexto de este proyecto por varias razones. En primer lugar, Agribalyse ofrece una amplia gama de productos, ya que su objetivo es abarcar los productos alimenticios más importantes disponibles en el mercado francés.

¹ Las normas son ISO 14040:2006, incluida la enmienda ISO 14040:2006/Amd 1:2020, e ISO 14044:2006/Amd 2:2020, incluidas las enmiendas ISO 14044:2006/Amd 1:2017 e ISO 14044:2006/Amd 2:2020.

² Se utilizó la versión 3.1 de Agribalyse, disponible en la página web del proyecto: <https://doc.agribalyse.fr/documentation-en> (última visita: 06.11.2024).

Actualmente, Agribalyse contiene alrededor de 2.700 productos (incluidos alimentos procesados y platos preparados). En segundo lugar, Agribalyse está disponible gratuitamente, lo que aumenta enormemente la accesibilidad de nuestro trabajo. Además, Agribalyse se ajusta en gran medida al método EF, así como a las principales bases de datos que utiliza (ecoinvent, World Food LCA Database).

La limitación de este planteamiento es que, hasta la fecha, trabajamos sobre todo con datos específicos del contexto francés y, por tanto, lo que los hace menos aplicables a otras regiones. Para solucionar este problema, hemos utilizado un método de cálculo aproximado como solución provisional en el contexto del prototipo (véase la sección 3.3 para más detalles). Nos gustaría subrayar que se necesitan más datos para mejorar la validez de la evaluación de impacto para un número cada vez mayor de geografías y sistemas de producción.³

2.2 Evaluación de impacto y cálculo de la puntuación única

Como se ha señalado anteriormente, la evaluación de impacto permite comprender los efectos que el sistema de productos tiene sobre diversos aspectos del medio ambiente. Los impactos se expresan en términos de indicadores de categorías de impacto (por ejemplo, GWP₁₀₀ para el cambio climático) que utilizan diferentes unidades; En el Tabla 2 se ofrece una visión general de las categorías de impacto empleadas, sus indicadores y unidades. Tabla 2. Obsérvese que la tabla incluye también una evaluación de la robustez de cada modelo (desde el más robusto (I) al menos robusto (III)). La robustez refleja la precisión de la modelización del impacto.

Los resultados de las categorías de impacto pueden comunicarse por separado, pero también pueden combinarse en una única puntuación (o múltiples subpuntuaciones de indicadores relacionados) para mejorar la interpretabilidad de los resultados y permitir comparaciones más directas del comportamiento medioambiental de los productos. Para calcular la(s) puntuación(es) combinada(s) es necesario seguir varios pasos: en primer lugar, hay que normalizar las diferentes unidades de los indicadores (véase el apartado 2.2.3 para más detalles). Un segundo paso consiste en asignar pesos a las categorías individuales, es decir, determinar su importancia relativa para el resultado de la puntuación única. Opcionalmente, puede tenerse en cuenta la solidez del método, lo que suele hacerse para aumentar el peso de los modelos más sólidos en relación con los que muestran una mayor incertidumbre. Estos pasos son muy normativos, ya que no existe una forma objetiva de llevarlos a cabo: las distintas partes interesadas juzgarán de forma diferente la importancia relativa de los impactos ambientales. Por lo tanto, en el contexto del método EF, se llevó a cabo un amplio proceso de múltiples partes interesadas en el que participaron expertos y no expertos para derivar los factores de ponderación (Sala et al., 2018).

³ En este contexto, el proyecto europeo LIFE ECO FOOD CHOICE está desarrollando un método para extrapolar los datos de Agribalyse a otras regiones. En el futuro, este método podrá utilizarse para crear bases de datos nacionales y, de este modo, ofrecer información más válida a escala regional.

Tabla 2: Métodos de evaluación de impacto utilizados por el FIT; coincide con el conjunto de EF 3.1 y la mayor parte de la información se ha extraído de la publicación correspondiente (Zampori & Pant, 2019); categoría de impacto sobre la biodiversidad añadida; categorías sombreadas verdes incluidas tras los resultados Delphi.

Categoría de impacto (& abreviatura) (* = no EF)	Indicador de categoría de impacto	Unidad	Modelo de caracterización ⁴	Robustez
Cambio climático (CC)	Forzamiento radiativo como potencial de calentamiento global (GWP100)	kg CO ₂ eq.	Modelo de referencia de 100 años del IPCC (basado en IPCC 2013)	I
Agotamiento de la capa de ozono (ODP)	Potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO)	kg CFC-11 eq.	ODP en estado estacionario como en (OMM 2014 + integraciones)	I
Toxicidad en humanos, cáncer (HTC)	Unidad Tóxica Comparativa para humanos (UTC) _h	CTU _h	Modelo USEtox 2.1 (Fankte et al, 2017)	III
Toxicidad humana, no cancerígena (HTNC)	Unidad Tóxica Comparativa para humanos (UTC) _h	CTU _h	Modelo USEtox 2.1 (Fankte et al, 2017)	III
Partículas en suspensión (PM)	Impacto en la salud humana	incidencia de la enfermedad	Método PM recomendado por el PNUMA (PNUMA 2016)	I
Radiaciones ionizantes, salud humana (IRHH)	Eficacia de la exposición humana en relación con U ²³⁵	kBq U ²³⁵ eq.	Modelo de efectos en la salud humana desarrollado por Dreicer et al. 1995 (Frischknecht et al, 2000)	II
Formación fotoquímica de ozono, salud humana (OZF)	Aumento de la concentración de ozono troposférico	kg COVNM eq.	Modelo LOTOSEUROS (Van Zelm et al, 2008) aplicado en ReCiPe 2008	II
Acidificación (AP)	Superación acumulada (AE)	mol H ⁺ eq.	Superación acumulada (Seppälä et al. 2006, Posch et al, 2008)	II
Eutrofización terrestre (EPT)	Superación acumulada (AE)	mol N eq.	Superación acumulada (Seppälä et al. 2006, Posch et al, 2008)	II

⁴ En caso de que esta bibliografía no se cite en otra parte de este documento, consulte Zampori & Pant (2019) para obtener las referencias en cuestión.

Eutrofización, agua dulce (EPFW)	Fracción de nutrientes que llegan al compartimento final de agua dulce (P)	kg P eq.	Modelo EUTREND (Struijs et al, 2009) aplicado en ReCiPe	II
Eutrofización marina (EPM)	Fracción de nutrientes que llega al compartimento final marino (N)	kg N eq.	Modelo EUTREND (Struijs et al, 2009) aplicado en ReCiPe	II
Ecotoxicidad, agua dulce (ETFW)	Unidad Tóxica Comparativa para ecosistemas (UTC) _e	CTU _e	Modelo USEtox 2.1 (Fankte et al, 2017)	III
Uso del suelo (LU)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Índice de calidad del suelo ▪ Producción biótica ▪ Resistencia a la erosión ▪ Filtración mecánica ▪ Reposición de aguas subterráneas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sin dimensiones (pt) ▪ kg de producción biótica ▪ kg suelo ▪ m³ agua ▪ m³ aguas subterráneas 	Índice de calidad del suelo basado en LANCA (Beck et al. 2010 y Bos et al. 2016)	III
Uso del agua (WU)	Potencial de privación del usuario (consumo de agua ponderado por la privación)	m ³ mundo eq.	Available WATER REMaining (AWARE) según lo recomendado por el PNUMA, 2016.	III
Utilización de recursos, minerales y metales (RUMM)	Agotamiento de los recursos abióticos (reservas últimas ADP)	kg Sb eq.	CML 2002 (Guinée et al., 2002) y van Oers et al. 2002.	III
Utilización de recursos, fósiles (RUF)	Agotamiento de los recursos abióticos - combustibles fósiles (ADP-fósiles)	MJ	CML 2002 (Guinée et al., 2002) y van Oers et al. 2002	III
* Impacto en la biodiversidad terrestre (BIOTER)	Incremento del valor de la biodiversidad (IVB)	BVI * m a ²	(Lindner et al., 2019)	III

2.2.1 Evaluación de impacto alimentaria específica

El método EF pretende permitir comparaciones entre distintas categorías de productos. Por ello, resulta lógico incluir el conjunto completo de indicadores de EF. En el contexto de la comparación de productos alimentarios, se hizo un esfuerzo por identificar los impactos ambientales más importantes de los alimentos y reducir en consecuencia el número de categorías de impacto evaluadas.

Como parte del proyecto CLIF, se llevó a cabo un estudio Delphi⁵ para identificar estas categorías y reducir el número de categorías de impacto. La pregunta central del estudio era "¿Cuáles son los impactos ambientales más relevantes de la alimentación?". Entre los participantes se encontraban partes interesadas del sector alimentario de cuatro países (Alemania, Paraguay, Sudáfrica y Tailandia), así como expertos internacionales en ACV sobre alimentos. La hipótesis subyacente para una reducción de las categorías de impacto es que la producción de alimentos tiene una contribución característica a la superación de determinados límites planetarios (Campbell et al., 2017), y por lo tanto no todas las categorías de impacto ambiental son igualmente significativas para los alimentos. Al reflejar esto en nuestra elección de categorías de impacto, damos más peso relativo a aquellas categorías que son centrales para los productos alimentarios, aumentando al mismo tiempo la interpretabilidad de los resultados. Además, las conclusiones del estudio Delphi se corroboraron analizando estadísticamente la base de datos Agribalyse mediante análisis de regresión lineal múltiple. Estos resultados corroboraron que el análisis de una sola categoría de impacto (por ejemplo, el cambio climático) no es suficiente para describir las repercusiones medioambientales de los alimentos. Al menos, es necesario incluir en una única puntuación los impactos del uso del agua, mejor también los impactos sobre la biodiversidad y, en cuarto lugar, los impactos sobre la eutrofización.

Los indicadores incluidos tras los resultados del estudio Delphi son los que aparecen sombreados en azul en

Tabla 2. La ponderación de las categorías incluidas se hizo en función de la frecuencia con que los participantes las consideraban relevantes. Los factores de ponderación resultantes se presentan en la Tabla 4

2.2.2 Incluidos los impactos sobre la biodiversidad

Una de las principales deficiencias del conjunto de indicadores del EF es su falta de evaluación del impacto sobre la biodiversidad. Para subsanar esta carencia, recurrimos al método de evaluación del impacto en la biodiversidad terrestre desarrollado por Lindner y sus colegas (Lindner et al., 2019, 2020; Lindner & Knüpfner, 2020). El método utiliza parámetros de gestión para determinar lo lejos de un estado natural que se encuentra un área determinada debido a una intervención antropogénica (como la agricultura o la minería). Esta medida de la naturalidad de la zona se combina con un factor de ecorregión específico de la región que expresa lo valiosa que es la zona para la biodiversidad (por ejemplo, rica en especies, alberga especies endémicas o amenazadas). De este modo, el impacto potencial de una actividad sobre la biodiversidad se convierte en cuantificable; la unidad empleada para ello es el Incremento del Valor de la Biodiversidad (IVB). A lo largo de este documento, cuando se haga referencia a este método, se hablará de método IVB.

⁵ Próxima publicación de los resultados del estudio.

El método IVB se ha propuesto como complemento de la base de datos Agribalyse, y en 2022 se llevó a cabo un proyecto para explorar la viabilidad de aplicarlo al gran número de productos contenidos en Agribalyse (Lindner et al., 2022). Utilizamos los resultados del proyecto, que están a disposición del público a través del sitio web de Agribalyse⁶, para complementar el conjunto de indicadores de EF contenidos en Agribalyse.

2.2.3 Normalización de los resultados de las categorías de impacto

Dado que los indicadores de las categorías de impacto tienen unidades diferentes (cf.

Tabla 2), la normalización es necesaria para establecer los resultados en relación con un punto de referencia común ("unidad de referencia"). Con este fin, se determina el impacto anual de un ciudadano global medio para todos los indicadores de categoría de impacto incluidos, es decir, "dentro del método [de la Huella Ambiental de Producto] los factores de normalización se expresan per cápita sobre la base de un valor global." (Zampori & Pant, 2019, Capítulo 5.2.1) Los factores de normalización correspondientes forman parte del paquete de referencia EF 3.1 proporcionado por la Comisión Europea.⁷

Tabla 3: Factores de normalización empleados, tal y como figuran en el paquete de referencia EF 3.1; factor de normalización de la biodiversidad proporcionado por ADEME.

Categoría de impacto (* = no EF)	Unidad	Factor de normalización
Acidificación	mol H ⁺ eq./persona	5,56E+01
Cambio climático	kg CO ₂ eq./persona	7,55E+03
Ecotoxicidad, agua dulce	CTUe/persona	5,67E+04
EF-partículas	incidencias de la enfermedad/persona	5,95E-04
Eutrofización, agua dulce	kg P eq./persona	1,61E+00
Eutrofización marina	kg N eq./persona	1,95E+01
Eutrofización terrestre	mol N eq./persona	1,77E+02
Toxicidad humana, cáncer	CTU /persona _h	1,73E-05
Toxicidad humana, no cancerígena	CTU /persona _h	1,29E-04
Radiaciones ionizantes	kBq U ²³⁵ eq./persona	4,22E+03
Uso del suelo	pt/persona	8,19E+05

⁶ Los resultados y el informe correspondiente pueden consultarse en las páginas de documentación en: <https://doc.agribalyse.fr/documentation-en/agribalyse-data/documentation> (última consulta: 24.10.2024).

⁷ Accesible en <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.html> (fecha de acceso: 24.10.2024).

Agotamiento de la capa de ozono	kg CFC-11 eq./persona	5,23E-02
Formación fotoquímica de ozono	kg COVNM eq./persona	4,09E+01
Agotamiento de recursos, fósiles	MJ/persona	6,50E+04
Agotamiento de recursos, minerales y metales	kg Sb eq./persona	6,36E-02
Uso del agua	m ³ eq de agua privada/persona	1,15E+04
* Impacto en la biodiversidad, terrestre	BVI * m a ²	1,35E+14

2.2.4 Ponderación de los resultados

La ponderación se realiza para asignar una importancia relativa a los indicadores antes de combinarlos e incluye un ajuste opcional de robustez. Los seis conjuntos de ponderaciones utilizados en el contexto de este proyecto son:

- Ponderación de acuerdo con el **método EF**, siguiendo a Sala et al. (2018) y utilizando múltiples variantes:
 - Utilizando **factores de robustez que van de 0,1 a 1,0**, lo que significa que una menor robustez reduce fuertemente la ponderación.
 - Utilizando **factores de robustez que oscilan entre 0,5 y 1,0**, lo que significa que una robustez menor reduce la ponderación con menos fuerza.
 - **Sin factores de robustez**, lo que significa que una menor robustez no influye en la ponderación.
- Ponderación según los resultados del estudio Delphi y aplicación de las mismas variantes del factor de robustez que con el método EF (Tabla 4).

Ponderación de la biodiversidad

Dado que el conjunto de EF se complementó con el método IVB, hubo que elegir la ponderación del indicador. Se decidió utilizar la proporción de ponderación entre el cambio climático y la biodiversidad que se determinó mediante el estudio Delphi, lo que significa que el impacto de la biodiversidad se pondera prácticamente igual que el impacto del cambio climático tanto en el EF ampliado como en los esquemas de ponderación Delphi.

Robustez de la biodiversidad

Dado que el método EF no proporciona un factor de robustez para la biodiversidad y que la robustez del indicador IVB se ha calificado como III (robustez baja) en el contexto de su ensayo Agribalyse, se asumieron las calificaciones de robustez más bajas en los rangos respectivos para las variantes de ponderación que incluyen la robustez (0,17 y 0,57, respectivamente (Sala et al., 2018, Tabla 30)).

Tabla 4: Factores de ponderación y robustez empleados para el método EF modificado y el conjunto reducido de indicadores derivados del estudio Delphi.

Nombre de la categoría de impacto	Ponderación Delphi	Ponderación EF modificada	Factor de solidez (escala 0,5-1,0)	Factor de robustez (escala 0,1-1,0)
Cambio climático	23,35	11,43	0,93	0,87
Agotamiento de la capa de ozono	0,00	4,94	0,08	0,60
Toxicidad en humanos, efectos cancerígenos	0,00	6,03	0,57	0,17
Toxicidad humana, efectos no cancerígenos	0,00	5,21	0,57	0,17
Partículas en suspensión	0,00	4,86	0,93	0,87
Radiación ionizante, HH	0,00	5,05	0,73	0,47
Formación fotoquímica de ozono, HH	0,00	4,22	0,77	0,53
Acidificación	0,00	4,38	0,83	0,67
Eutrofización terrestre	5,14	2,61	0,83	0,67
Eutrofización, agua dulce	5,56	2,83	0,73	0,47
Eutrofización marina	5,12	2,61	0,77	0,53
Ecotoxicidad agua dulce	19,76	5,42	0,57	0,17
Uso del suelo	0,00	8,01	0,73	0,47
Uso del agua	17,87	8,59	0,73	0,47
Utilización de recursos, minerales y metales	0,00	5,92	0,08	0,06
Utilización de recursos, fósiles	0,00	6,53	0,08	0,06
Biodiversidad terrestre	23,21	11,36	0,57	0,17

2.3 Limitaciones y retos metodológicos

Aunque el ACV es una poderosa herramienta para evaluar el impacto ambiental, existen algunas limitaciones notables, especialmente en los sistemas alimentarios:

- **Los servicios ecosistémicos** (como la salud del suelo o la biodiversidad) son difíciles de modelar y, por tanto, no suelen cuantificarse suficientemente. Como resultado, los beneficios de un producto ecológico pueden estar infravalorados, ya que la agricultura ecológica a menudo tiene ventajas en estas áreas. Hemos abordado esta cuestión con la inclusión del método IVB, pero, por ejemplo, la salud del suelo sigue sin tenerse en cuenta directamente.
- Como ya se ha mencionado, la **limitada calidad y disponibilidad de los datos**, especialmente en lo que respecta a las diversas prácticas agrícolas y las diferencias regionales, suponen un reto.

Los métodos agrícolas varían en función de las prácticas y climas locales, lo que dificulta la obtención de datos representativos. Esta variabilidad de los datos significa que los resultados del ACV pueden carecer de precisión. Si no se modelizan explícitamente los sistemas de producción extensivos u orgánicos, no se captan sus puntos fuertes.

- La elección de la **unidad funcional** en los ACV alimentarios también plantea un reto. Los ACV suelen medir el impacto por kilogramo de producto, pero esto puede no tener en cuenta la calidad nutricional o los beneficios. Los alimentos ecológicos pueden tener un menor rendimiento por hectárea, lo que puede parecer menos eficiente en los resultados del ACV. Los partidarios de utilizar el valor nutricional como unidad funcional argumentan que permitiría una comparación más equilibrada de las opciones ecológicas y convencionales.

En general, hay que tener cuidado al interpretar los resultados, teniendo siempre en cuenta que los datos subyacentes son genéricos y no tienen en cuenta todos los tipos de sistemas de producción y regiones, y que la evaluación de impacto no cubre totalmente todos los impactos ambientales de los sistemas de productos (aunque con el objetivo de ser lo más completa y pertinente posible). Además, los impactos sociales no forman parte de la evaluación en absoluto, ya que quedan fuera del ámbito del proyecto.

3 Caja de herramientas sobre el impacto alimentario

En la siguiente sección se describe el prototipo de la herramienta FIT a nivel conceptual, abordando su objetivo, qué funcionalidades implementa y cómo proporciona datos indirectos para regiones que no forman parte del conjunto de datos original que empleamos. Por último, se detallan las limitaciones actuales y las posibilidades de investigación y desarrollo ulteriores.

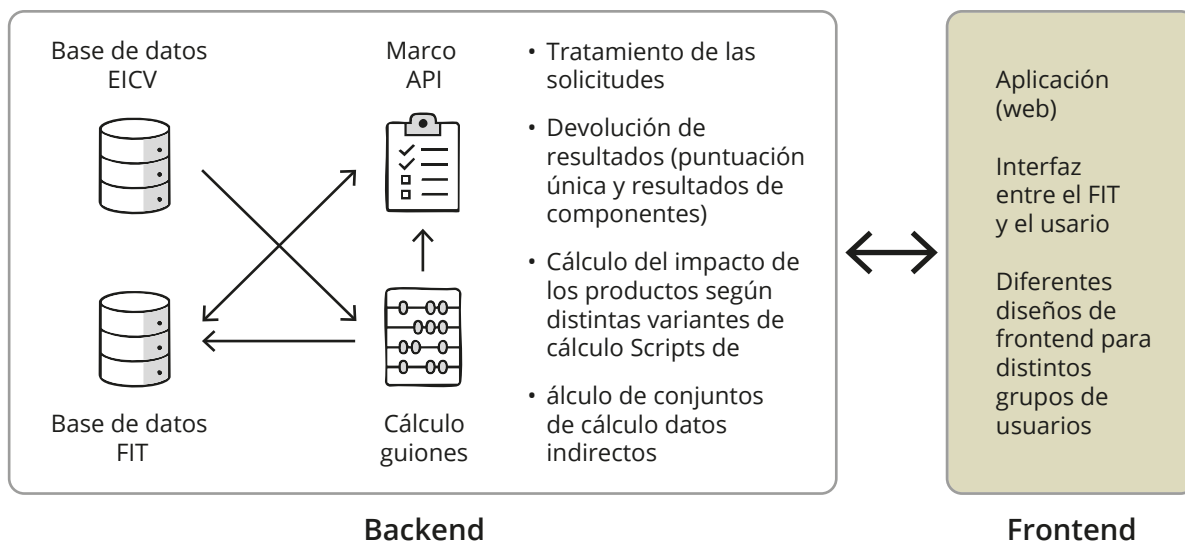


Figura 1: Descripción gráfica del *backend* FIT y su relación con el frontend.

3.1 Objetivo del proyecto

El objetivo del proyecto FIT es desarrollar un prototipo funcional de API de libre acceso que proporcione datos sobre el impacto medioambiental de los alimentos de forma flexible. Los usuarios de la API pueden aplicar distintas formas de presentar la información para atender a distintos grupos destinatarios (consumidores finales, proveedores de alimentos, etc.).

En el contexto del proyecto, se decidió aplicar la FIT al nivel de los resultados de la evaluación de impacto, lo que tiene dos ventajas principales: en primer lugar, reduce el coste de aplicación, ya que tratar con datos de inventario habría sido bastante más complicado. El resultado es que la FIT se vio limitada en los ajustes de los conjuntos de datos de entrada.⁸ La segunda ventaja es la concesión de licencias: la utilización de los datos de Agribalyse a nivel de inventario exigiría a los usuarios de fuera de Francia adquirir una licencia ecoinvent, lo que no ocurre con los resultados de la evaluación de impacto utilizados, que están disponibles bajo la licencia francesa Etalab (comparable a la licencia *Creative Commons Attribution*).

La elección de Agribalyse y el empleo del método EF también pretenden mantener un alto grado de alineación con las bases de datos y normas existentes. En lugar de reinventar la rueda, el método FIT se integró en el contexto de los esfuerzos existentes, aunque sin ser prescriptivo y complementando los enfoques de evaluación existentes (mediante la inclusión de los impactos sobre la biodiversidad terrestre y la oferta de esquemas de ponderación alternativos, véase la sección 2.2).

Desde el punto de vista técnico, se trató de implantar la API utilizando tecnologías punteras para facilitar su uso (como la creación de una aplicación en contenedores y el uso de formatos comunes de intercambio de datos).

⁸ No obstante, pueden realizarse ajustes más complejos en los datos antes de que los resultados de la evaluación de impacto estén disponibles para su uso en la API.

3.2 Funcionalidad implementada

La API ofrece una evaluación en profundidad del impacto medioambiental de productos o recetas individuales, basada en datos de la Evaluación de los Impactos del Ciclo de Vida (EICV). Diseñada para permitir una entrada flexible y una visualización detallada de los resultados, la API permite a los usuarios enviar recetas con múltiples elementos, especificando cantidades y esquemas de ponderación opcionales, y devuelve una evaluación exhaustiva del impacto en todas las categorías medioambientales y etapas del ciclo de vida.

Las características clave incluyen:

- **Introducción flexible de datos:** Los usuarios pueden presentar recetas enumerando artículos con cantidades específicas y, opcionalmente, elegir un esquema de ponderación. Cada artículo se identifica con los datos geográficos pertinentes para garantizar cálculos de impacto a medida.
- **Evaluación del impacto ambiental:** La API calcula el impacto ambiental de cada artículo y de toda la receta, incluyendo desgloses por fases del ciclo de vida (como la fase agrícola y la de transformación) y categorías de impacto (como el cambio climático).
- **Agregación, puntuación y clasificación:** Mediante métodos de normalización, ponderación y escalado, la API ofrece una visión resumida del impacto de cada elemento, así como del impacto medioambiental global de la receta. Esto incluye una única puntuación para la evaluación de alto nivel, puntuaciones detalladas por fase del ciclo de vida y categoría de impacto, e indicadores de rendimiento graduados (por ejemplo, A, B, C) para cada categoría, garantizando una interpretación accesible y clara de los resultados.
- **Datos proxy:** La API proporciona conjuntos de datos para más regiones que en el caso original de Agribalyse. Esto aumenta la relevancia de los resultados en diferentes contextos geográficos. Al mismo tiempo, estas modificaciones son transparentes: si algún dato es estimado o inferido, la API lo indica, permitiendo a los usuarios ver qué resultados se basan en datos reales y cuáles implican aproximaciones.
- **Resultados organizados:** La respuesta de la API incluye un conjunto de datos estructurado que abarca información general sobre la receta, puntuaciones individuales y agregadas, y detalles por fase del ciclo de vida y categoría de impacto. Este conjunto de datos se ha diseñado para facilitar su integración en otras herramientas de análisis o marcos de elaboración de informes.
- **Despliegue y control de versiones:** Gestionada mediante control de versiones, la API se empaqueta para un despliegue coherente y actualizaciones sencillas. Docker crea entornos aislados para garantizar un despliegue fiable en diferentes sistemas, mientras que el control de versiones Git permite una colaboración fluida y el seguimiento de las actualizaciones a lo largo del tiempo.

3.3 Creación de conjuntos de datos indirectos (*proxy*)

Los datos de alta calidad sobre el impacto medioambiental de los productos alimentarios son escasos, lo que dificulta su evaluación precisa en las distintas regiones. Para subsanar esta carencia, se estimaron nuevos valores EICV para los productos de la base de datos Agribalyse mediante la creación de conjuntos de datos sustitutivos. Estos *proxies* implican recalcular los datos EICV, ajustándolos con factores de impacto conocidos de regiones específicas para mejorar la relevancia y precisión regional.

3.3.1 Factores regionales

Un **factor regional** es esencial en los cálculos indirectos porque ajusta los datos de impacto ambiental para reflejar las condiciones específicas de un lugar concreto. En los cálculos indirectos de FIT se utilizó el marco general de los datos de Agribalyse, pero se modificaron los factores regionales para representar con mayor precisión las condiciones medioambientales de la región objetivo, como ilustra la siguiente ecuación:

$$Impacto_{iB} = \frac{Impacto_{iA}}{RF_{iA}} \times RF_{iB} \quad (1.0)$$

Dónde:

- **$Impacto_{iB}$** es el impacto *i* estimado del producto en la nueva región *B*
- **$Impacto_{iA}$** es el impacto *i* conocido del producto en la región original *A*
- **RF_{iA}** es el Factor Regional para el indicador de evaluación de impacto *i* en la región *A*
- **RF_{iB}** es el Factor Regional para el indicador de evaluación de impacto *i* en la nueva región *B*.

Dentro del marco FIT, se estimaron nuevos valores para dos categorías de impacto: la huella hídrica y la huella de biodiversidad. Para la estimación de la huella hídrica, se utilizó el factor AWARE (Boulay et al., 2018) se aplicó y ajustó sustituyendo el Factor Regional original por el factor de la región objetivo. Del mismo modo, para la huella de biodiversidad, se utilizó el Incremento del Valor de Biodiversidad (BVI, Lindner et al., 2019) se utilizó y se ajustó sustituyendo el Factor de Ecorregión de la región original por el de la región deseada.

3.3.2 Conjuntos de datos adecuados para la creación de proxy

Para crear conjuntos de datos indirectos que reflejen con precisión el impacto ambiental de los productos agrícolas en nuevas regiones, se seleccionaron conjuntos de datos que pudieran vincularse a los cultivos existentes disponibles en la base de datos FAOSTAT. Los conjuntos de datos se eligieron en función de los siguientes criterios:

- **Monoproductos poco transformados:** Los conjuntos de datos seleccionados deben representar principalmente monoproductos ligeramente procesados, como artículos agrícolas crudos o mínimamente procesados. Por ejemplo, los cacahuets sin cáscara y tostados son un conjunto de datos adecuado porque sólo implican pasos básicos de procesamiento que no alteran significativamente las prácticas agrícolas anteriores implicadas.
- **Excluir los productos animales:** La cría de animales introduce complejidades que hacen que los productos animales no sean adecuados para este tipo de creación de *proxies*. Los principales impactos medioambientales de los productos animales no están necesariamente vinculados al cultivo de los propios animales, sino a los piensos que consumen, lo que los hace incompatibles con los *proxies* de productos agrícolas.
- **Excluir la mayoría de las bebidas:** Productos como el agua sin gas, las bebidas alcohólicas y algunos refrescos se excluyeron de la creación de proxy. Una excepción notable son las bebidas a base de plan, que suelen compararse con la leche. En comparación con los productos alimentarios, las bebidas suelen tener un impacto bajo debido a su alto contenido en agua. Por eso, compararlas con alimentos sólidos utilizando el mismo sistema de clasificación arroja pocos resultados significativos. En el contexto de este proyecto no se aplicó una clasificación específica para las bebidas.
- **Umbral de contribución por superficie** Sólo se utilizaron los productos cuyo mayor proceso contribuyente supusiera el 50 % o más de su ocupación global del suelo (según los datos de *BVI en Agribalyse* (Lindner et al., 2022)). Se partió de la base de que el porcentaje restante de ocupación del suelo causado por otros procesos se producía en la misma región que el del proceso más importante.

Tras seleccionar los conjuntos de datos y los factores regionales adecuados, incluidos el índice de escasez de agua y los factores de ecorregión, se utilizaron los datos de rendimiento de FAOSTAT para determinar dónde se producían mayores cantidades de los respectivos cultivos, empleando un umbral de producción global del 80 %. Esto significa que se han incluido las mayores regiones productoras hasta alcanzar una producción acumulada del 80 % del total anual mundial. A continuación, se volvieron a calcular los impactos ambientales (sólo los impactos sobre el agua y la biodiversidad de la fase agrícola) para estas regiones, creando así los conjuntos de datos proxy.

3.4 Limitaciones del FIT

Aunque la herramienta FIT proporciona un enfoque sencillo y flexible para evaluar los impactos medioambientales relacionados con la alimentación, es importante reconocer sus limitaciones. Estas limitaciones se derivan de la disponibilidad de datos, el alcance del proyecto y las necesidades de investigación en curso. A continuación, se describen algunas de ellas.

Disponibilidad y cobertura de los datos

Una de las principales limitaciones de la herramienta FIT es la dependencia de conjuntos de datos genéricos para el análisis del impacto agrícola, ya que los conjuntos de datos LCIA específicos de cada producto no suelen estar disponibles. Por lo tanto, la herramienta utiliza principalmente datos de fuentes como Agribalyse (que incluye datos tanto deecoinvent como de la Base de datos mundial de evaluación del ciclo de vida de los alimentos) y FAOSTAT. Dependiendo de la pregunta a la que quiera responder el usuario y de su ubicación geográfica, su alcance y precisión pueden ser limitados: Aunque estas bases de datos ofrecen información útil, no siempre son exhaustivas ni están totalmente actualizadas. Además, muchos conjuntos de datos agrícolas no cubren todas las regiones o categorías de impacto necesarias para realizar evaluaciones detalladas. Por ejemplo, los datos sobre sistemas de producción específicos y no convencionales (extensivos, ecológicos) suelen ser escasos o no estar disponibles. Esto significa que la FIT se ve limitada por la calidad y la exhaustividad de los datos de las bases de datos subyacentes. Por supuesto, los datos LCIA específicos de un producto pueden integrarse cuando estén disponibles, siempre que se hayan generado siguiendo la metodología Agribalyse.

Alcance del proyecto

FIT está diseñado para manejar datos EICV, en lugar de datos de Inventario del Ciclo de Vida (ICV). Esta decisión se tomó para racionalizar el proyecto de acuerdo con su ámbito de aplicación. Sin embargo, significa que los conjuntos de datos no podían modificarse en profundidad, por lo que la modificación de los resultados disminuía la precisión de estos más de lo que lo habría hecho la modificación manual de los datos ICV. También significa que la herramienta FIT no está diseñada para modificar datos ICV, pero los resultados EICV de inventarios modificados podrían, por supuesto, introducirse en la herramienta. Las modificaciones y los cálculos EICV simplemente tendrían que realizarse en una fase anterior, empleando herramientas como cualquier software gráfico (GUI) ACV o el proyecto *Brightway LCA*.⁹

Investigación en curso y desarrollo de métodos

Para mejorar la precisión y utilidad de la herramienta FIT, es esencial seguir investigando y desarrollando métodos. Por ejemplo, se necesitan más datos específicos de cada región, sobre todo en lo que respecta a la biodiversidad, el uso del agua y la salud del suelo. Unos métodos más sólidos para evaluar la calidad biológica del suelo y otros factores medioambientales mejorarán la evaluación global y proporcionarán una imagen más completa de los impactos agrícolas en las distintas regiones. Es necesario seguir trabajando para integrar estos factores en el marco actual de la herramienta FIT.

⁹ Para más información, consulte la página web del proyecto: <https://docs.brightway.dev/en/latest/>.

Calidad de los datos y evaluación de la incertidumbre

Por el momento, el prototipo FIT no incluye una evaluación exhaustiva de la calidad y la incertidumbre de los datos. Sin embargo, los conjuntos de datos indirectos se indican como tales y advierten a los usuarios de que su precisión podría verse reducida. A pesar de ello, se recomienda trabajar en una evaluación de la incertidumbre más exhaustiva y cuantitativa en el futuro.

4 Cómo utilizar FIT

La siguiente sección es algo técnica y tiene como objetivo proporcionar a los usuarios una comprensión de alto nivel de cómo ejecutar FIT. El código y los datos necesarios se encuentran en dos repositorios:

- (1) **FIT_scripts**, que es una colección de scripts (interactivos) que transforman y combinan los datos necesarios en una base de datos SQL (sin embargo, aparte de los conjuntos de datos proxy, no se crean nuevos productos).¹⁰
- (2) **FIT_API_public**, que contiene el código necesario para ejecutar la API, empleando la base de datos creada previamente¹¹

Se supone que los lectores tienen conocimientos básicos de las tecnologías empleadas (programación en Python, contenerización, API *enpoints*).

4.1 Implementación

La implementación y el alojamiento de la API pueden realizarse de forma local para el desarrollo o en un servidor para la producción, con cada configuración diseñada para garantizar un comportamiento coherente y una transición sencilla del desarrollo a la implantación. La API está contenerizada mediante Docker, creando un entorno aislado y reproducible que simplifica tanto las pruebas locales como el despliegue en producción. Este enfoque mejora la fiabilidad entre distintos sistemas y facilita el escalado de las aplicaciones más exigentes.

4.1.1 Implementación local

Para el despliegue local, se utiliza Docker para crear un entorno controlado y aislado en el que la API y sus dependencias se ejecutan de forma coherente. Esta configuración garantiza que cualquier configuración o cambio realizado durante el desarrollo pueda adaptarse sin problemas a la producción.

- **Instalar Docker:** Asegúrese de que Docker está instalado y en ejecución en su máquina.

¹⁰ Acceso a través de https://github.com/corsus-GmbH/FIT_scripts.

¹¹ Acceso a través de https://github.com/corsus-GmbH/FIT_API_public.

- **Construir y lanzar:** Utilizando el Dockerfile proporcionado, puede construir el contenedor con un solo comando. Docker se encargará de ejecutar automáticamente todos los scripts de configuración necesarios, lo que le permitirá ejecutar la API localmente con la misma configuración que se espera en producción.
- **Accede a la API:** Una vez que el contenedor está funcionando, puedes acceder a la API localmente para probar y desarrollar, simulando su rendimiento en un entorno de servidor.

Implementación en el servidor

Para la implementación en larga escala, la configuración en contenedores permite que la API se ejecute en cualquier servidor o entorno en la nube compatible con Docker, lo que proporciona flexibilidad, coherencia y escalabilidad para satisfacer las demandas de producción.

- **Configuración del servidor:** Instale Docker en su servidor o utilice el servicio de contenedores gestionados de un proveedor en la nube para simplificar el despliegue.
- **Construir y desplegar:** Transfiere los archivos de configuración de Docker al servidor y construye el contenedor utilizando Docker. El Dockerfile se encargará de todos los procesos de configuración automáticamente, lanzando la API y configurando las dependencias necesarias.
- **Escalado y equilibrio de carga:** Para entornos que necesitan alta disponibilidad o deben manejar grandes volúmenes de tráfico, Kubernetes (u otras herramientas de orquestación) se puede utilizar para gestionar y escalar múltiples instancias del contenedor. Kubernetes gestiona el equilibrio de carga, las comprobaciones de estado y el escalado automático, lo que lo convierte en una opción sólida para mantener un rendimiento constante de la API en producción.

4.1.2 Archivos de configuración

La API se basa en archivos de configuración ubicados en el directorio `config/`, que permiten realizar ajustes en entornos de despliegue como desarrollo, pruebas y producción. Las configuraciones clave incluyen:

- **Configuraciones del motor de base de datos:** Especifique el tipo de base de datos, el *host*, las credenciales de usuario y los ajustes de conexión adaptados a cada implantación.
- **Opciones de depuración:** Activa o desactiva la salida de depuración en función del entorno, lo que facilita el cambio entre los modos de desarrollo y producción.

Al desplegar localmente, asegúrese de que estas configuraciones se ajustan a sus necesidades de desarrollo local. En entornos de servidor, Docker lee estas configuraciones directamente, lo que permite una transición fluida del desarrollo a la producción. Para configuraciones basadas en Kubernetes, las configuraciones se pueden cargar como variables de entorno o ConfigMaps, lo que garantiza la coherencia entre clústeres.

Esta configuración, que combina Docker y la orquestación opcional de Kubernetes, proporciona una forma fiable y escalable de desarrollar, desplegar y ejecutar la API en distintos entornos, desde el desarrollo local hasta la producción a gran escala.

4.1.3 Recopilación de los datos necesarios

La recopilación de datos en el marco del proyecto FIT se centra en apoyar el cálculo preciso del ACV. Cada fuente de datos aporta tipos específicos de información necesaria para calcular el impacto medioambiental de los productos agrícolas en las distintas regiones.

- **Base de datos** Agribalyse - Seleccionada como datos de impacto, Agribalyse ofrece datos completos de ACV, lo que garantiza una información metodológicamente coherente sobre muchos productos. Sin embargo, dado que se centra en Francia, se realizaron ajustes utilizando factores regionales para representar otras ubicaciones con mayor precisión mediante el cálculo de conjuntos de datos *proxy*.
- FAOSTAT - Mantenido por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), FAOSTAT proporciona estadísticas agrícolas mundiales, incluidos datos sobre producción, rendimiento y comercio de cultivos en distintos países. FAOSTAT se utilizó para crear conjuntos de datos indirectos respondiendo a la pregunta de qué regiones de producción son las más relevantes para cada cultivo.
- **Factores AWARE** - Available Water Remaining (AWARE) factors¹² cuantifican la relativa disponibilidad y escasez de recursos hídricos dentro de regiones específicas, proporcionando una forma de evaluar los impactos relacionados con el agua. Se utilizan para refinar los cálculos de la Huella Hídrica en diferentes regiones. Al sustituir los datos franceses de Agribalyse por los valores del factor AWARE específicos de las regiones objetivo, la FIT capta con mayor precisión los impactos relacionados con la escasez de agua.
- **Factores** de ecorregión **específicos de cultivos y países** - El Incremento del Valor de la Biodiversidad (IVB) es una métrica diseñada para evaluar los impactos potenciales sobre la biodiversidad en diferentes ecorregiones, utilizando sus respectivos factores de ecorregión, que cuantifican el valor de la biodiversidad de las regiones. Los factores específicos de cada cultivo y país¹³ se han utilizado para adaptar los cálculos del impacto sobre la biodiversidad a los distintos contextos regionales, lo que permite a los FIT reflejar mejor los riesgos locales para la biodiversidad y las presiones sobre los ecosistemas.

¹² Disponible en <https://wulca-waterlca.org/aware/>.

¹³ Estos factores se obtuvieron en el marco de una investigación sobre el impacto medioambiental de los alimentos en Alemania, véase la publicación Eberle y Mumm (2024).

4.1.4 Creación de bases de datos

Todos los scripts y archivos necesarios para el proyecto FIT están disponibles en el repositorio de GitHub: https://github.com/corsus-GmbH/FIT_scripts. Esta sección ofrece un breve resumen de la estructura del repositorio, explica dónde encontrar los archivos y describe las mejores prácticas para utilizar los scripts FIT.

Organización del repositorio

El repositorio está estructurado en cuatro *notebooks* Jupyter y un *script* Python auxiliar, cada uno de los cuales cumple una función específica en el proceso de construcción de la base de datos FIT. El repositorio incluye los siguientes componentes:

- **01_fao_data_conversion.ipynb**: Utiliza las estadísticas anuales de producción de cultivos de la FAO para obtener los valores medios trienales de producción mundial y determinar las principales regiones productoras de cada cultivo.
- **02_fit_derive_bvi_aware_rfs.ipynb**: Deriva los factores regionales (factores de ecorregión específicos de cultivos y países, factores regionales de escasez de agua) necesarios para los cálculos de proxy.
- **03_fit_proxy_calculations.ipynb**: Realiza los cálculos proxy básicos utilizando los factores derivados.
- **04_fit_create_db_tables.ipynb**: Combina Agribalyse, BVI y los datos proxy generados para compilar las tablas que pueblan la base de datos FIT.
- **helper.py**: Contiene funciones auxiliares utilizadas en todos los cuadernos.

Además, el repositorio incluye carpetas específicas para los archivos de entrada y salida necesarios para los procesos de script:

- **input_data/**: Contiene los datos de entrada primarios requeridos para los promedios de producción de cultivos y otros factores regionales necesarios. Esta carpeta incluye los conjuntos de datos necesarios para el procesamiento inicial.
- **proxies_input_data/**: Incluye datos de entrada adicionales necesarios específicamente para los cálculos de proxy.
- **intermediate_outputs/**: Almacena los datos generados durante las etapas intermedias del procesamiento de datos (es decir, las salidas de los *notebooks* 1-3).
- **results/**: Esta carpeta almacena los archivos de salida finales (salida del notebook 4), incluidas las tablas CSV que representan la base de datos FIT final y los archivos suplementarios que detallan los productos incluidos y excluidos.

Los datos almacenados en las carpetas de entrada forman parte del repositorio y son necesarios para ejecutar los scripts. El repositorio también contiene el archivo *input_data_documentation.xlsx*, que enumera las fuentes de datos para cada archivo de entrada.

Tablas creadas y su finalidad

Los scripts mencionados anteriormente crean varias tablas clave que son esenciales para la base de datos FIT:

- **Tablas de factores regionales:** Incluye *Table_AWARE_RF.csv* y *Table_BVI_RF.csv* creadas por *02_fit_derive_bvi_aware_rfs.ipynb*. Estas tablas contienen los factores regionales para la modificación de los impactos sobre la biodiversidad y el uso del agua. Son fundamentales para ajustar los cálculos indirectos en función de las diferencias geográficas.
- **Tablas de cálculo de proxy:** Incluidos *impact_proxy_aware_df.csv* e *impact_proxy_bvi_df.csv*. Estas tablas son creadas por *03_fit_proxy_calculations.ipynb* y representan los impactos de la producción y el consumo de alimentos en diferentes regiones, utilizando los factores regionales.
- **Tablas de la base de datos (salida final):** Generadas por *04_fit_create_db_tables.ipynb*, estas tablas finales en formato CSV representan la estructura y el contenido de la base de datos FIT y son necesarias para ejecutar la API FIT.

Prácticas recomendadas para el uso de los *scripts* FIT

Al utilizar los scripts, es aconsejable seguir una serie de buenas prácticas para garantizar un flujo de trabajo eficiente y eficaz a la hora de utilizar el repositorio FIT para crear las bases de datos necesarias para el proyecto FIT.

Si piensa utilizar simplemente el repositorio:

- **Instalar dependencias** - Utilice el archivo *requirements.txt* para instalar los paquetes de Python necesarios (por ejemplo, utilizando el gestor de paquetes *pip* de Python).
- **Ejecute los scripts secuencialmente** - Los scripts dependen unos de otros. Es necesario ejecutarlos en orden (del *script* 01 al *script* 04).

Además, si desea realizar cambios en el repositorio:

- **Utiliza ramas de características y crea *pull requests*:** Cuando modifique o pruebe nuevas características en los *scripts*, crea siempre una nueva rama. Crea un *pull request* después si quieres que tus cambios se integren en la rama principal del repositorio.
- **Verifique la integridad de los datos:** Antes de utilizar las tablas generadas a partir de un script modificado por usted, asegúrese de que todos los datos de entrada tienen el formato correcto y son precisos. Esto ayudará a evitar errores en los resultados finales.

- **Documente los cambios:** Si realizas algún cambio en los scripts, documéntalo claramente en el propio código y actualiza cualquier documentación relevante (como *input_data_documentation.xlsx*), para que otros puedan entender las modificaciones.

4.2 Utilización por el *frontend*

La API está diseñada para facilitar el acceso a la información sobre el impacto medioambiental de productos y recetas concretos. Estos datos pueden mostrarse en una interfaz adaptada a cada grupo destinatario. Los usuarios facilitan los detalles de la receta con los artículos y las cantidades, y la API calcula y devuelve puntuaciones de impacto detalladas, desgloses por fases del ciclo de vida y categorías medioambientales.

Para utilizar la herramienta:

1. **Presentar una receta:** Prepare el envío de una receta enumerando los elementos y sus cantidades. Cada artículo se identifica de forma única para permitir una recuperación precisa de los datos.
2. **Elija la ponderación (opcional):** Puede especificar un esquema de ponderación para influir en cómo se priorizan las categorías medioambientales en la evaluación (véase la sección 2.2.4). Si no se especifica, se aplica un esquema por defecto.
3. **Ver resultados:** Tras el envío, la API proporciona una evaluación estructurada con una puntuación global, desgloses detallados por elementos individuales y etapas del ciclo de vida, e información sobre el uso de datos proxy si procede (véase más abajo).

Para obtener más información sobre los formatos de solicitud, la configuración avanzada y los campos de respuesta específicos, consulte el archivo README del repositorio, donde encontrará instrucciones técnicas más detalladas y ejemplos.

4.2.1 Cómo obtener información de la FIT

Para obtener información de la API, los usuarios pueden interactuar con los dos puntos finales principales para acceder a los detalles de los artículos y calcular el impacto medioambiental. Para empezar:

1. **Obtener detalles de artículos:** Utilice el punto final `/items/` para obtener una lista completa de todos los artículos de la base de datos. Cada artículo se detalla con su nombre, país de origen e información sobre la categoría, junto con una bandera que indica si los datos son reales o aproximados. Esto resulta útil para explorar los datos disponibles y preparar recetas.
2. **Calcular el impacto medioambiental de las recetas:** Utilice el punto final `/calculate-recipe/` para evaluar el impacto ambiental de una receta. Simplemente envíe una lista de elementos con sus cantidades y, opcionalmente, incluya un esquema de ponderación para personalizar el cálculo. La API devolverá un informe organizado con puntuaciones de impacto en todas las etapas del ciclo

de vida y categorías medioambientales, con puntuaciones y calificaciones adicionales para indicar el comportamiento medioambiental.

Para formatos de solicitud específicos y ejemplos, consulte el archivo README y la documentación completa.

4.2.2 ¿Qué dice el resultado?

Los resultados devueltos por la API se estructuran en dos secciones. A continuación, se ofrece un breve resumen. La primera sección ("Información de la receta") contiene información general sobre la solicitud, así como los resultados de toda la receta. La segunda sección ("Resultados de artículos") muestra los resultados de componentes para artículos individuales.

Recipe Info tiene una sección única llamada "General Info", que contiene metadatos específicos de la solicitud. Especifica el esquema de ponderación utilizado, si los resultados incluyen conjuntos de datos proxy y cuál es la masa total de los ingredientes de la receta.

A continuación, se detallan **los resultados de la puntuación única**, así como los **resultados por etapa** y por **categoría de impacto**. Lo mismo se hace por artículo. Observe, sin embargo, que la sección de resultados de puntuación única de los artículos individuales también contiene la información sobre si el artículo es un proxy. En cambio, Recipe Info ofrece esta información como parte de su sección de información general.

Los **valores escalados** expresan el resultado en relación con el mínimo y el máximo logarítmicos de la distribución de resultados. Si se desea, esto permite calcular libremente "subcalificaciones" para combinaciones arbitrarias de categorías de impacto, por ejemplo, calculando la media aritmética de los valores escalados de las categorías como base para asignar las calificaciones. Los valores EICV indicados son siempre valores normalizados (véase el apartado 2.2.3).

La siguiente lista representa la estructura anidada de la respuesta y las piezas de información que la componen.

- „Recipe Info“
 - „General Info“
 - „Weighting Scheme“: nombre del sistema de ponderación
 - „contains_proxy“: true o false
 - „Overall Mass“: x kg
 - „Single Score“
 - „Single Score“: x mPt
 - „Grade“: por ejemplo, A - E
 - „Scaled Value“: valor comprendido entre 0,0 y 1,0
 - „Stages“
 - „Agriculture“
 - „lcia_value“: puntuación única de la etapa del ciclo vital en mPt
 - „Grade“: por ejemplo, A - E
 - „Scaled Value“: valor comprendido entre 0,0 y 1,0
 - „Transformation“
 - [como el anterior ...]
 - „Transport“
 - [como el anterior ...]
 - „Supermarket and distribution“
 - [como el anterior ...]
 - „Impact Categories“
 - „Climate change“
 - „lcia_value“: puntuación normalizada de la categoría de impacto en todas las etapas
 - „Grade“: por ejemplo, A - E
 - „Scaled Value“: valor comprendido entre 0,0 y 1,0
 - [< Impact category > ...]
 - [como el anterior ...]
- „Item Results“
 - < Item ID >
 - „Single Score“
 - „Single Score“: x mPt
 - „Grade“: por ejemplo, A - E
 - „Scaled Value“: valor comprendido entre 0,0 y 1,0
 - „contains_proxy“: true o false
 - „Stages“
 - [como el anterior ...]
 - „Impact Categories“
 - [como el anterior ...]
 - [< ID de artículo > ...]

5 Referencias

- Boulay, A.-M., Bare, J., Benini, L., Berger, M., Lathuillière, M. J., Manzardo, A., Margni, M., Motoshita, M., Núñez, M., Pastor, A. V., Ridoutt, B., Oki, T., Worbe, S., & Pfister, S. (2018). The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: Assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(2), 368-378. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1333-8>
- Campbell, B., Beare, D., Bennett, E., Hall-Spencer, J., Ingram, J., Jaramillo, F., Ortiz, R., Ramankutty, N., Sayer, J., & Shindell, D. (2017). Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*, 22(4). <https://doi.org/10.5751/ES-09595-220408>
- Eberle, U., & Mumm, N. (2024). Reduction potential of German environmental food impacts due to a planetary health diet. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s11367-024-02352-4>
- Lindner, J. P., Fehrenbach, H., Winter, L., Bischoff, M., Blömer, J., & Knüpfper, E. (2020). Biodiversität in Ökobilanzen. Weiterentwicklung und vergleichende Studien (No. 575; BfN Skripten). Bundesamt für Naturschutz. <https://doi.org/10.19217/skr575>
- Lindner, J. P., Fehrenbach, H., Winter, L., Bloemer, J., & Knuepffer, E. (2019). Valuing Biodiversity in Life Cycle Impact Assessment. *Sustainability*, 11(20), 5628. <https://doi.org/10.3390/su11205628>
- Lindner, J. P., & Knüpfper, E. (2020). LC.biodiv.IA Guideline. <https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/ibp-neu/en/documents/publications/life-cycle-engineering/guideline-lcidivia.pdf&ved=2ahUKEwjw-um6uMCHAxV42AIHHelkD84QFnoECBEQAQ&usq=AOvVaw1SeyK411fWT8uq2zfQhIRv>
- Lindner, J. P., Koch, P., Fehrenbach, H., & Buerck, S. (2022). BVI to Agribalyse—Bringing the Biodiversity Value Increment method to Agribalyse. Hochschule Bochum, ecolysis GmbH, IFEU Institut, ADEME.
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>
- Sala, S., Cerutti, A. K., & Pant, R. (2018). Development of a weighting approach for the environmental footprint (JRC Technical Reports). EC JRC. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/945290>
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., Vries, W. D., Sibanda, L. M., ... Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447-492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- Zampori, L., & Pant, R. (2019). Suggestions for updating the Product Environmental Footprint (PEF) method (Nos. JRC115959, EUR 29682 EN; JRC Technical Reports). EC JRC.

6 Pie de imprenta

Dirección:

corsus-corporate sustainability GmbH
Großneumarkt 50
D-20459 Hamburgo

Autor(a)s:

Marius Rödder, Talita F. Amado (PhD), Paul Appel

Contacto:

Marius Rödder, m.roedder@corsus.de

Responsable:

Dra. Ulrike Eberle

Layout:

www.schierrieger.de

Fecha de publicación:

Noviembre de 2024

Colaboradores ejecutivos



Supported by:



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation,
Nuclear Safety and Consumer Protection



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE

based on a decision of
the German Bundestag