

**Noelia Cruz Pérez**  
**Juan Carlos Santamarta Cerezal**  
**Carlos Álvarez Acosta**

# **LA HUELLA HÍDRICA Y LA HUELLA DE CARBONO EN LA ACTIVIDAD AGRARIA DE LAS ISLAS CANARIAS**



**IHEC**

Investigación sobre  
la Huella Ecológica  
en Canarias



# **LA HUELLA HÍDRICA Y LA HUELLA DE CARBONO EN LA ACTIVIDAD AGRARIA DE LAS ISLAS CANARIAS**



**NOELIA CRUZ PÉREZ**  
**JUAN CARLOS SANTAMARTA CEREZAL**  
**CARLOS ÁLVAREZ ACOSTA**

# **LA HUELLA HÍDRICA Y LA HUELLA DE CARBONO EN LA ACTIVIDAD AGRARIA DE LAS ISLAS CANARIAS**



**IHEC**

Investigación sobre  
la Huella Ecológica  
en Canarias



Proyecto financiado por la Consejería de Transición Ecológica, Lucha Contra el Cambio Climático y Planificación Territorial del Gobierno de Canarias para el análisis de la huella de carbono e hídrica de las tres principales actividades económicas en las Islas Canarias: Turismo, Agricultura y Ciclo Integral del Agua.

**Dirección Científica:**

Dr. Juan Carlos Santamarta Cerezal. Universidad de La Laguna. [jcsanta@ull.es](mailto:jcsanta@ull.es)



Con la colaboración del:



1ª Edición: octubre 2022

78 pp.;24 cm.

ISBN: 978-84-09-44784-8

Depósito legal: TF 713-2022

DOI: <https://doi.org/10.25145/b.2022.06>

Cómo citar esta publicación:

Cruz-Pérez, N., Santamarta, J.C., Álvarez, C. (2022). *La Huella Hídrica y la Huella de Carbono en la actividad agraria de las Islas Canarias*. Tenerife: Universidad de La Laguna, doi: <https://doi.org/10.25145/b.2022.06>

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluido fotografías, grabación o por cualquier sistema de almacenar información sin el permiso escrito del autor y editores.

# Índice de contenidos

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO .....	13
1.1. La agricultura y su relación con el cambio climático ...	18
1.2. El sector agrícola en las Islas Canarias	22
1.3. El sector ganadero en las Islas Canarias	29
1.4. Consumo hídrico por parte de la agricultura en Canarias .....	30
1.4.1. Demandas hídricas de los principales cultivos de Canarias .....	31
1.5. El sector agrícola en las regiones ultraperiféricas de Europa .....	35
2. LA HUELLA DE CARBONO Y LA HUELLA HÍDRICA EN EL SECTOR AGRÍCOLA Y GANADERO DE LAS ISLAS CANARIAS .....	39
2.1. Huella de carbono .....	39
2.2. Huella hídrica .....	41
2.3. Metodología .....	43
2.3.1. Huella de carbono .....	43
2.3.2. Huella hídrica .....	45
3. CARACTERIZACIÓN DE LA HUELLA AMBIENTAL EN LOS CULTIVOS MÁS REPRESENTATIVOS DEL ARCHIPIÉLAGO CANARIO .....	49
Huella de carbono .....	49

*Índice de contenidos*

Huella hídrica .....	49
3.1. Resultados obtenidos .....	51
Plátano .....	51
4. CARACTERIZACIÓN DE LA HUELLA AMBIENTAL EN EL RESTO DE LAS INSTALACIONES DEL SECTOR PRI- MARIO EN LAS ISLAS CANARIAS .....	59
4.1. Empaquetadoras .....	59
5. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO .....	65
6. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA .....	67



# Índice de Tablas

Tabla 1. Producción en toneladas de cultivos herbáceos en las Islas Canarias (año 2019) .....	22
Tabla 2. Producción en toneladas de cultivos leñosos en las Islas Canarias (año 2019) .....	23
Tabla 3. Cabezas de ganado censadas en cada isla canaria (datos del 2009) .....	29
Tabla 4. Valores de Huella Hídrica Verde y Azul de 22 fincas de platanera en Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Año de producción: 2020/2021 .....	52
Tabla 5. Valores promedio ( $\pm$ error estándar) de Huella Hídrica Azul y Verde en las 22 fincas de platanera estudiadas en Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Año de producción: 2020/2021 .....	53
Tabla 6. Valores de Huella Hídrica Gris de 22 fincas de platanera en Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Año de producción: 2020/2021 .....	54
Tabla 7. Valor promedio ( $\pm$ error estándar) de la Huella Hídrica Gris en las 22 fincas de platanera estudiadas en Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Año de producción: 2020/2021 .....	56

*Índice de tablas*

Tabla 8. Valores de Huella Hídrica Verde y Azul de 13 fincas de aguacate en Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Año de producción: 2020/2021 .....	56
Tabla 9. Valores promedio ( $\pm$ error estándar) de Huella Hídrica Azul y Verde en las 13 fincas de aguacate estudiadas en Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Año de producción: 2020/2021 .....	57
Tabla 10. Valores promedio ( $\pm$ error estándar) de Huella Hídrica Gris de 13 fincas de aguacate en Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Año de producción: 2020/2021 ..	58
Tabla 11. Huella de Carbono y Huella Hídrica de Empaquetadora de Tomates en Arinaga (Gran Canaria). Año 2019 .....	60
Tabla 12. Huella de Carbono y Huella Hídrica de Empaquetadora de Tomates en Arinaga (Gran Canaria). Año 2020 .....	61
Tabla 13. Huella de Carbono y Huella Hídrica de Empaquetadora de Tomates en Telde (Gran Canaria). Año 2019 ..	61
Tabla 14. Huella de Carbono y Huella Hídrica de Empaquetadora de Tomates en Telde (Gran Canaria). Año 2020 ..	62
Tabla 15. Huella de Carbono y Huella Hídrica de Empaquetadora de Tomates en Tijarafe (La Palma). Año 2019 .....	62
Tabla 16. Huella de Carbono y Huella Hídrica de Empaquetadora de Tomates en Tijarafe (La Palma). Año 2020 .....	63

# Índice de Figuras

Figura 1. Evolución en la producción en toneladas, de los principales cultivos de las Islas Canarias (periodo 2012-2019) .....	25
Figura 2. Suelo destinado a cada tipo de cultivo (herbáceo y leñoso) en las Islas Canarias en el año 2019 .....	26
Figura 3. Regiones ultraperiféricas europeas .....	35
Figura 4. Huellas hídricas directa e indirecta de las etapas de suministro de un producto de origen animal .....	43



# 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

El efecto invernadero es una de las principales condiciones para la vida en la Tierra. En ausencia del efecto invernadero, la temperatura media de la Tierra descendería bruscamente (la temperatura media de la superficie terrestre sería 33°C menor), y eso tendría consecuencias de gran alcance para la vida en la Tierra (IPCC, 1990, Moldan, 2009). El funcionamiento de este efecto está asegurado por las nubes, los aerosoles (pequeñas partículas) y por los llamados gases de efecto invernadero, entre los que se clasifican el vapor de agua, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), los clorofluorocarbonos (CFC), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y el ozono troposférico ( $\text{O}_3$ ). Los gases de efecto invernadero, las nubes y los aerosoles absorben y reemiten la radiación solar reflejada y, por tanto, calientan la atmósfera terrestre.

Desde la revolución industrial, la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera ha aumentado debido a las actividades humanas. Por ejemplo, la concentración atmosférica de  $\text{CO}_2$  era en 1990 un 25% mayor que el valor preindustrial (reconstruido a partir de los análisis de los núcleos de hielo) y actualmente está aumentando a un ritmo de aproximadamente 1,8 ppm (0,5%) al año (Bijlsma et al., 1995). El aumento de la proporción de gases de efecto invernadero modifica el equilibrio energético del sistema climático y da lugar a un mayor efecto invernadero (IPCC, 2014). Algunos de los gases de efec-

to invernadero tienen una larga vida atmosférica, por ejemplo, la vida atmosférica del  $N_2O$  es de unos 120 años (Gruber & Galloway, 2008), lo que indica una respuesta lenta a los cambios en las tasas de emisión.

Dentro de los principales gases de efecto invernadero, se destaca el aporte de cada uno de estos a la atmósfera:

**Dióxido de carbono:** las actividades humanas (especialmente la quema de combustibles fósiles y la deforestación) afectan de forma significativa al ciclo biogeoquímico del carbono: desde la revolución industrial, la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera ha aumentado un 25% (IPCC, 2013). El dióxido de carbono entra en la atmósfera durante el proceso de quema de carbón y productos petrolíferos. Debido al secuestro de dióxido de carbono en los sumideros (especialmente el océano), el aumento es más lento de lo previsto. Sin embargo, la capacidad de absorción del océano disminuye, principalmente debido a su acidificación, que también puede tener un efecto negativo en la biota marina (UNCTAD, 2018).

Para frenar el crecimiento de las concentraciones de carbono, se plantan nuevos bosques y se desarrolla la investigación sobre la captura y almacenamiento de carbono.

**Metano:** representa un gas de efecto invernadero que surge de forma natural durante los procesos de descomposición anaeróbica de la materia orgánica, los incendios y las erupciones volcánicas. La concentración de metano está aumentando, principalmente como resultado de la producción animal (especialmente ganado vacuno, ovino y caprino), el cultivo de arroz, la producción de petróleo y la minería del carbón (Haan et al., 1997). Aunque las emisiones de metano son una amenaza, se ha inventado una forma de sacarles provecho, ya que la obtención de metano a partir del estiércol mediante la tecnolo-

gía, consigue tanto la reducción de las emisiones como la adquisición de una nueva fuente de energía (biogás).

**Óxido nítrico:** la fuente de  $N_2O$  presente en el aire es fruto de la desnitrificación en el suelo y el medio acuático y su sumidero es principalmente la fijación biológica en el suelo y el mar y la difusión lenta en la estratosfera (Gruber & Galloway, 2008). La producción antropogénica de nitrógeno reactivo está asociada a la producción de fertilizantes nitrogenados, la quema de combustibles fósiles y el cultivo de legumbres. Su concentración atmosférica ha aumentado un 8% desde la época preindustrial y este se elimina de la atmósfera lentamente (de décadas a siglos) (IPCC, 1997). Su redundancia no sólo afecta al funcionamiento normal del efecto invernadero, sino que también provoca una eutrofización, es decir, la abundancia de nutrientes en los suministros de agua, lo que tiene muchas consecuencias negativas tanto para los seres humanos como para la naturaleza, asociadas al deterioro de la calidad del agua.

El aumento del efecto invernadero tiene una amplia gama de consecuencias. Es un componente principal del cambio climático en curso, junto con el cambio de albedo<sup>1</sup> por influencia humana (deforestación, desertificación), el cambio en la cantidad de aerosoles y el ozono (ONU, 1992). El aumento de los gases de efecto invernadero y, como consecuencia, el calentamiento de la superficie de la Tierra, conduce a la aceleración de todo el proceso descrito. Por otra parte, la degradación del permafrost provoca la liberación a la atmósfera de dióxido de carbono ya secuestrado (Rogé & Astier, 2015).

---

<sup>1</sup> Es la reflectividad de la superficie terrestre y se refiere a la energía reflejada desde la Tierra al universo.

La naturaleza nos ayuda a hacer frente al aumento del efecto invernadero: gran parte de las emisiones son captadas por depósitos naturales (océano o tierra). Por ejemplo, el océano ha secuestrado entre el 20 y el 30 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> provocadas por el ser humano desde 1980 (IPCC, 2014). Al mismo tiempo que el aumento del secuestro nos ayuda, también es una amenaza para el futuro. El aumento del secuestro de algunos de los gases influye negativamente en los depósitos naturales. Por ejemplo, la elevada captación de dióxido de carbono inducida por el ser humano, provoca la acidificación de los océanos y el aumento de la captación de nitrógeno provoca un debilitamiento de la vegetación a largo plazo. El calentamiento de los océanos asociado al cambio climático también reduce la capacidad del océano para secuestrar dióxido de carbono, principalmente debido a los cambios en la química del dióxido de carbono en el agua de mar y a los cambios en los procesos biológicos en las aguas superficiales (Miola et al., 2011). Como resultado, los procesos descritos anteriormente acaban acelerando también el cambio climático.

Tal y como establece el Acuerdo de París, las islas son las más vulnerables en términos de cambio climático, por lo que las Islas Canarias no son una excepción a esta situación. Según el informe de evaluación del IPCC de 2014, los riesgos regionales para las islas se formulan de la siguiente manera *“riesgos para las zonas costeras bajas, pérdida de medios de vida, asentamientos, infraestructuras, servicios de los ecosistemas y estabilidad económica”*. Así pues, el cambio climático empeora considerablemente las condiciones de vida en las islas y afecta a todos sus aspectos. En las Islas Canarias, por ejemplo, las olas de calor cada vez más frecuentes, a menudo asociadas a un aumento de la calima, provocaron 13 muertes prematuras sólo en 2004 (Dorta, 2015).



El deterioro de la calidad de vida de los seres humanos es principalmente el resultado del deterioro de la naturaleza. Los efectos asociados al cambio climático, como el aumento del nivel del mar, los cambios en el entorno oceánico, los fenómenos meteorológicos extremos o el aumento de la erosión del suelo, pueden ser cruciales para las islas.

Precisamente porque el cambio climático es muy notorio y amenaza a la población insular, las islas son conscientes de su influencia en el entorno natural y reducen activamente su huella ecológica. Las islas desempeñan un papel pionero en la transición hacia fuentes de energía sostenibles, aprovechando las condiciones naturales específicas. Estas condiciones naturales específicas consisten principalmente en condiciones eólicas y solares favorables (Blechinger et al., 2016), pero también es posible utilizar otras posibilidades específicas del lugar, como el potencial de utilización de la energía hidroeléctrica, la biomasa, la geotermia o la energía oceánica (Iglesias, 2011).

El uso de energías renovables tiene otro argumento positivo: las fuentes de energía tradicionales (como los combustibles fósiles) encuentran obstáculos en las islas pequeñas. En primer lugar, las islas pequeñas dependen de la importación de combustibles fósiles del continente y, en segundo lugar, en algunos casos de archipiélago, la profundidad del océano y la distancia mutua dificultan enormemente la transmisión de energía entre las islas. Estos hechos demuestran que la energía procedente de fuentes renovables es una solución casi ideal para cubrir la demanda energética de las islas pequeñas.

La dependencia energética no es el único problema al que se enfrentan las islas de la Macaronesia. La falta natural de agua en las islas fue un obstáculo para todas las civilizaciones que habitaron la Macaronesia y la gestión del agua ha sido siempre un tema crítico (Ruiz-Rosa et al., 2019). Las islas intentan reducir su estrés hídrico mediante una cuidadosa gestión del agua y el desarrollo

de tecnologías modernas (como la desalinización o la obtención de agua a partir de la niebla (Ritter et al., 2015).

### **1.1. La agricultura y su relación con el cambio climático**

La agricultura es una parte integral de la vida humana, de la que difícilmente podría prescindir la humanidad. Sin embargo, los enfoques modernos e insostenibles de la agricultura crean estrés para la naturaleza en forma de aumento de la erosión, pérdida de biodiversidad o escasez de agua, que pueden llevar a la pérdida del equilibrio de la naturaleza y, en casos extremos, al colapso de los ecosistemas locales. En este contexto, el cambio climático representa un estrés adicional para la naturaleza y, por tanto, acelera su degradación. Por lo tanto, es importante comprender y abordar estos dos problemas al mismo tiempo.

Las tecnologías modernas en la agricultura han permitido el progreso humano en otros sectores, lo que ha mejorado significativamente la calidad de la vida humana. Sin embargo, algunos de los enfoques modernos no sostenibles en la agricultura, como el laboreo, el aumento de la superficie de los campos o el uso de fertilizantes, crean estrés para la naturaleza (Arevalo et al., 2011). Estas prácticas provocan un aumento de la erosión, la pérdida de biodiversidad, la eutrofización de las aguas superficiales y subterráneas y la reducción de la capacidad del suelo para retener el agua (Lal, 2020). Esto puede llevar a la pérdida del equilibrio natural y, en casos extremos, al colapso de los ecosistemas locales. En este contexto, el cambio climático en forma de tormentas, sequías o inundaciones, representa un estrés adicional para la naturaleza y, por tanto, acelera su degradación (Bijlsma et al., 1995).

A continuación, se detallan problemáticas relacionadas con la agricultura que amenazan la sostenibilidad de nuestro futuro próximo:

- ***Degradación del suelo***

La degradación del suelo tiene consecuencias de gran alcance, ya que, además de funcionar como sustrato para las plantas (función crucial para los seres humanos y los animales), el suelo tiene otras funciones muy importantes, como depurar y almacenar el agua, proporcionar hábitats para una amplia gama de organismos o permitir la circulación de nutrientes. El suelo también representa un sumidero de carbono muy importante y, por tanto, puede contribuir a mitigar el cambio climático. Por tanto, la destrucción de la cubierta del suelo también acelera el cambio climático.

La degradación del suelo adopta muchas formas, entre las más importantes están la erosión hídrica y eólica, la pérdida de materia orgánica del suelo, la compactación del suelo, la acidificación del suelo y el sellado del suelo. El sellado del suelo es un problema muy relevante hoy en día, ya que la población humana está creciendo y exige cada vez más espacio. Así, el suelo creado durante siglos se destruye en cuestión de segundos junto con todos sus beneficios. Debido a la ubicación histórica de las ciudades en los suelos más fértiles de la localidad, perdemos estos valiosos suelos por este proceso (Khel et al., 2010).

La erosión del suelo es, en cierta medida, un fenómeno natural en el que las partículas del suelo son arrastradas por el agua, el viento o la gravedad (McCool & Williams, 2008). La actividad humana y los fenómenos meteorológicos extremos aceleran este proceso, provocando un aumento de la extracción de suelo y nutrientes de las localidades, la eutrofización de los recursos hídricos y la degradación del suelo. Uno de los

pasos básicos en la lucha contra la erosión es arar a lo largo de la línea de contorno y apoyar la formación de materia orgánica del suelo. La materia orgánica del suelo es la hojarasca de las plantas, que forma parte de los procesos de descomposición del suelo y ayuda de forma significativa a estabilizar la estructura del suelo y a mantener los nutrientes y el agua en el mismo (Bot & Benites, 2005). Por lo tanto, su pérdida no sólo aumenta la erosión del suelo, sino que también reduce su fertilidad.

La compactación del suelo está causada por el movimiento de la maquinaria pesada sobre el suelo húmedo como parte de la actividad agrícola. Las consecuencias de esta grave degradación del suelo son la formación de una capa compacta que impide el movimiento de los nutrientes y el agua y, por tanto, reduce las propiedades beneficiosas de los suelos. También se reduce el rendimiento agrícola de estas tierras.

- ***Escasez de agua***

Cerca de 1.200 millones de personas en todo el mundo viven en condiciones de escasez de agua, que se define como el desequilibrio entre la oferta y la demanda de recursos de agua dulce (FAO, 2020). La escasez de agua puede ser causada por un mal manejo del agua o por condiciones geográficas desfavorables, como es el caso de las islas de la Macaronesia. Así, el cambio climático supone un reto importante para estas islas, ya que el aumento de la temperatura media del planeta, que se estima aumentará entre 2 y 3° C para el año 2050, supondrá la reducción de los recursos hídricos en un 30 % en la Macaronesia, según datos del Instituto de Productos Naturales y Agrobiología (IPNA) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Por lo tanto, una mayor reducción de los recursos hídricos no sólo supone pérdidas económicas, sino también un riesgo para las zonas pobladas, la agricultura local y la propia naturaleza.

En las zonas más secas de la Unión Europea, incluidas las islas de la Macaronesia, alrededor del 80% del agua utilizada en la agricultura se destina al riego. La extracción de agua del ciclo natural por sí sola debe minimizarse mediante la racionalización del riego, en forma de control del consumo real de agua de los cultivos. En este sentido, la reutilización de las aguas residuales es un método eficaz para paliar la escasez de agua.

- ***Producción de biogás***

Los gases de efecto invernadero procedentes de la agricultura representan aproximadamente el 20% del total de las emisiones antropogénicas liberadas a la atmósfera, lo que significa que el porcentaje de gases procedentes de la agricultura supera las emisiones producidas por el sector del transporte. Por su parte, aproximadamente el 80% de las emisiones de metano y óxido nitroso están asociadas a la ganadería (McMichael, et al., 2007).

La reducción de las emisiones se conseguirá principalmente racionalizando el flujo de gases de efecto invernadero y reduciendo las pérdidas de gases. La mejora de la eliminación de gases de efecto invernadero de la atmósfera consiste principalmente en apoyar los sumideros de gases de efecto invernadero en la agricultura (por ejemplo, la materia orgánica de los suelos agrícolas). Evitar las emisiones puede lograrse mediante cambios y mejoras en la tecnología. El uso de estos gases con fines energéticos (por ejemplo, se puede capturar el metano de las fosas de estiércol y utilizarlo como fuente de energía) puede ser una de las posibles soluciones, que beneficiaría tanto a los seres humanos como a la naturaleza.

A pesar de que tradicionalmente se asocian las emisiones de metano con la ganadería, también existen prácticas agrícolas que generan grandes emisiones de este gas, como es el caso de los

cultivos inundados. En el caso de España, el único cultivo inundado que se desarrolla es el del arroz, donde debido a los procesos anaeróbicos de las bacterias que descomponen la materia orgánica, se genera gas metano que se libera a la atmósfera<sup>2</sup>.

## **1.2. El sector agrícola en las Islas Canarias**

La agricultura en las Islas Canarias está limitada por el mercado, y aunque existe consumo interior, un gran porcentaje se exporta, concentrándose un 97% de los terrenos de cultivos destinados a la exportación en las islas de Tenerife, Gran Canaria y La Palma (Pestana et al., 2015). La producción total de herbáceos y leñosos en el año 2019, se desglosan en las Tablas 1 y 2.

*Tabla 1. Producción en toneladas de cultivos herbáceos en las Islas Canarias (año 2019).*

<b>Isla / Cultivo (t)</b>	<b>Lanzarote</b>	<b>Fuerte-ventura</b>	<b>Gran Canaria</b>	<b>Tenerife</b>	<b>La Gomera</b>	<b>La Palma</b>	<b>El Hierro</b>
Cereales	307,5	121	1.272,50	694,9	117,5	131,9	86,3
Leguminosas	87,2	4,3	69,30	92,4	18,5	34,9	8,2
Tubérculos	5.568,20	983,7	23.718,30	47.481,20	2.870,30	5.461,30	855,9
Flores y ornamentales	0	64,7	2.029,50	3.105,60	17,3	326,4	0
Forrajeros	3.347,40	1.746,80	4.570,60	3.495,70	565,7	5.822,40	4.079,10
Hortalizas	11.408,90	3.301,00	159.294,60	99.954,20	3.714,20	8.576,80	1.275,80
Industriales	794,6	850,1	589,3	1.528,20	30,1	485,8	40,2
<b>Producción total herbáceos</b>	<b>21.513,80</b>	<b>7.071,60</b>	<b>191.544,10</b>	<b>156.352,20</b>	<b>7.333,60</b>	<b>20.839,50</b>	<b>6.345,50</b>

Fuente: ISTAC

---

<sup>2</sup> En España, las emisiones de metano liberadas a la atmósfera, derivadas del cultivo del arroz, se cifraron en 18,79 kilotoneladas en el año 2016. Datos del Ministerio para la Transición Ecológica.

*Tabla 2. Producción en toneladas de cultivos leñosos en las Islas Canarias (año 2019).*

Isla / Cultivo (t)	Lanzarote	Fuerte-ventura	Gran Canaria	Tenerife	La Gomera	La Palma	El Hierro
Cítricos	139,4	46,2	13.999,80	3.249,60	261,7	1.219,80	113,7
Otros frutales	360,6	541,1	105.946,60	185.629,30	6.603,10	145.171,60	5.970,70
Viñedo	3.022,00	62	630	6.766,40	169,9	1.016,50	244,7
Olivar	24	122,4	293,7	88	1,4	12,1	2,7
<b>Producción total leñosos</b>	<b>3.546,00</b>	<b>771,70</b>	<b>120.870,10</b>	<b>195.733,30</b>	<b>7.036,10</b>	<b>147.420,00</b>	<b>6.331,80</b>

Fuente: ISTAC

Dentro de los cultivos herbáceos, tendríamos los siguientes:

- *Cereales*: trigo, cebada, avena, centeno, triticale, maíz, mijo, trigo sarraceno, alpiste
- *Leguminosas*: judías, habas, lentejas, garbanzos, guisantes, veza, altramuces, almorta, chícharo
- *Tubérculos*: papa extra temprana, papa temprana, papa media estación, papa tardía, batata y boniato
- *Cultivos industriales*: caña de azúcar, cártamo, azafrán, tabaco
- *Flores y plantas ornamentales*: claveles, rosas
- *Forrajeros*: cereales de invierno, maíz forrajero, sorgo forrajero, alfalfa, veza para forraje, remolacha forrajera, col forrajera, cardo
- *Hortalizas*: col, apio, lechuga, escarola, espinaca, acelga, sandía, melón, calabaza, calabacín, pepino, pepinillo, berenjena, tomate, pimiento, guindilla, fresa y fresón, alcachofa, coliflor, ajo, cebolla, cebolleta, puerro, remolacha de mesa, zanahoria, rábano, nabo, habichuelas, guisante verde, haba verde, champiñón

Dentro de los cultivos leñosos encontramos:

- *Cítricos*: naranjo, naranjo amargo, mandarino, limonero, pomelo, limero
- *Otros frutales*: manzano, peral, membrillo, níspero, albaricoque, cerezo y guindo, melocotón, ciruelo, higuera, chirimoyo, granado, aguacate, plátano, palmera datilera, chumbera, mango, papaya, piña tropical, kiwi, kaki, guayabo, carambola, frambuesa, macadamia, moral, almendro, nogal, avellano, castaño
- *Viñedo*: uva de mesa (principal y asociada), uva para vino (principal y asociada)
- *Olivar*: de aceituna de mesa y de aceituna de aceite. Dentro de este apartado se incluyen otros cultivos leñosos como: cafeto, agave, mimbrero, etc.

Según los datos ofrecidos en las Tablas 1 y 2, se observa que los tubérculos, los cultivos forrajeros, las hortalizas, los frutales y el viñedo son los cultivos de mayor importancia en el archipiélago canario. Es por ello por lo que se han seleccionado estos grandes grupos para ver su evolución, en términos de producción, desde el año 2012 hasta el 2019 (Figura 1).

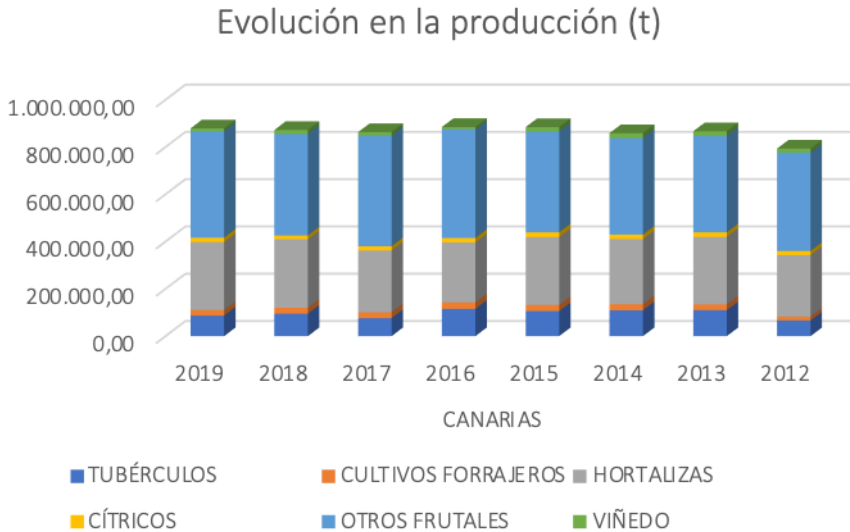
Se observa una evolución ascendente desde el año 2012 hasta el año 2019, en la producción en toneladas de los diferentes cultivos estudiados. Principalmente, han aumentado los siguientes grupos: tubérculos, hortalizas y otros frutales (aguacate, plátano, etc.).

En esta línea, se ha querido conocer la cantidad de suelo en hectáreas, destinada a cada tipo de cultivo (herbáceo o leñoso y, a su vez, de regadío o seco), que puede apreciarse en la Figura 2.

Como puede observarse en los gráficos, el modelo de los cultivos cambia notablemente entre islas. Lanzarote es la que presenta



Figura 1. Evolución en la producción en toneladas, de los principales cultivos de las Islas Canarias (periodo 2012-2019).



Fuente: ISTAC

mayor cantidad de suelo destinada a los leñosos de secano (principalmente viñedo), seguidos de los herbáceos de secano. Sin embargo, en Fuerteventura, el suelo está destinado en su mayoría a los herbáceos de regadío (principalmente el tomate), seguidos de los leñosos de regadío. Hay que destacar que la isla de Fuerteventura es la que menor proporción de terreno tiene reservado para la agricultura dentro del archipiélago canario (aunque el destinado a la ganadería es uno de los más importantes del archipiélago, debido a la importancia del ganado caprino y ovino en esta isla).

En la isla de Gran Canaria encontramos que los herbáceos de regadío (principalmente tomate) y los leñosos de regadío (principalmente plátano) presentan prácticamente la misma importancia en cuanto a hectáreas de suelo dedicadas a estos cultivos, siendo los leñosos de secano muy poco importantes aquí. La Gomera presenta un modelo muy similar, donde el cultivo menos representativo son los herbáceos de secano.

Figura 2. Suelo destinado a cada tipo de cultivo (herbáceo y leñoso) en las Islas Canarias en el año 2019.



Fuente: ISTAC.

En Tenerife encontramos una predilección por los leñosos de regadío, seguidos de los herbáceos de regadío. Los herbáceos de secano y leñosos de secano están repartidos en una proporción muy similar y en bastante menor medida que los de regadío. En esta isla se encuentran las dos terceras partes del total cultivado en el archipiélago canario (CES Canarias, 2008).

La Palma presenta una gran cantidad de suelo destinada a los leñosos de regadío, donde los otros tres tipos restantes se encuentran en un porcentaje similar.

Por su parte, la isla de El Hierro tiene la mayor parte de su suelo enfocada en los herbáceos de secano, sin embargo, los herbáceos de regadío son los de menor importancia en esta isla. Los leñosos de secano y regadío se encuentran en porcentajes muy parecidos.

Con respecto a la Ley Canaria de Cambio Climático y Transición Energética, se recogen textualmente<sup>3</sup> las medidas con respecto a la agricultura y ganadería en las Islas Canarias:

- a) *La evaluación de los riesgos para dichos sectores, actividades y el territorio derivados del cambio climático, así como las medidas identificadas para la reducción de los mismos y las oportunidades que pueden aparecer para el sector.*
- b) *El potencial del sector para la reducción de emisiones de GEI y la promoción de remociones de gases de efecto invernadero.*
- c) *La gestión óptima del uso de fertilizantes, así como el fomento de la correcta gestión de los purines, estiércoles y residuos agrarios.*

---

<sup>3</sup> Recuperado de: <https://www.gobiernodecanarias.org/cmsgobcan/export/sites/participacionciudadana/iniciativas/.docs/ctelccpt/Anteproyecto-de-Ley-4-11-2020.pdf>

- d) Su papel en la gestión y conservación de los sistemas naturales en línea con los requerimientos de la Unión Europea para la conservación y mejora de la biodiversidad, la adaptación al cambio climático y fomento de los sumideros de carbono a largo plazo.*
- e) El impulso a través de los programas de apoyo al sector para que las explotaciones agrícolas y ganaderas, favorezcan en su actividad la reducción de emisiones y la resiliencia del territorio.*
- f) El reforzamiento del conocimiento en el sector para avanzar en la reducción de emisiones, la adaptación de especies y la conservación de la biodiversidad, incluyendo la biodiversidad agraria.*

Además, con el objetivo específico de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera se plantea lo siguiente:

- a) Incorporar a la planificación del riego agrícola los impactos observados y proyectados del cambio climático en Canarias, con especial atención al riesgo de una garantía insuficiente en la disponibilidad de agua para riego y para la ganadería de acuerdo con la planificación hidrológica, de forma que se garantice su disponibilidad para dichas explotaciones.*
- b) Crear un modelo para convertir las explotaciones ganaderas en islas productoras de energía para el autoconsumo y para la comunidad más cercana, garantizando su abastecimiento y nuevos intereses en el sector primario y creando un instrumento que permita al consumidor conocer la huella de carbono e hídrica generada por la producción de un alimento.*
- c) Se potenciará, además, mediante incentivos, que los suelos agrícolas se conviertan en receptoras netas y fijadoras de carbono.*

### 1.3. El sector ganadero en las Islas Canarias

En Tenerife y Gran Canaria se concentran la mayor parte de las cabezas de ganado en el archipiélago canario. Tenerife cuenta con una mayor presencia de ganado porcino y cunícola. Respecto al sector bovino, Gran Canaria se lleva la palma, con 2/3 del total de animales. Sin embargo, en el caso de caprino y ovino destaca la isla de Fuerteventura que cuenta, desde el año 1996, con la primera Denominación de Origen Protegida de Canarias y todo el territorio nacional para quesos de cabra. En el caso del sector avícola, nos encontramos ante una situación bastante similar en cantidad en las islas de Tenerife y Gran Canaria (CES Canarias, 2008). En la Tabla 3 pueden observarse las cabezas de ganado correspondiente a cada tipo (censo del 2009 con los datos del ISTAC).

*Tabla 3. Cabezas de ganado censadas en cada isla canaria (datos del 2009).*

<b>Isla / Ganado</b>	<b>Lanzarote</b>	<b>Fuerte-ventura</b>	<b>Gran Canaria</b>	<b>Tenerife</b>	<b>La Gomera</b>	<b>La Palma</b>	<b>El Hierro</b>
Bovino	208,00	204,00	9.517,00	3.723,00	49,00	1.304,00	523,00
Ovinos	7.261,00	17.148,00	20.806,00	9.343,00	1.325,00	2.263,00	3.799,00
Caprinos	15.796,00	81.261,00	62.951,00	36.133,00	4.546,00	14.193,00	6.764,00
Porcinos	4.138,00	6.691,00	12.393,00	25.509,00	221,00	3.012,00	914,00
Aves	122.255,00	19.891,00	958.318,00	1.570.984,00	6.200,00	25.963,00	968,00
Cunícola	298,00	720,00	3.828,00	5.367,00	980,00	512,00	377,00
<b>Cabezas de ganado total por islas</b>	<b>149.956,00</b>	<b>125.915,00</b>	<b>1.067.813,00</b>	<b>1.651.059,00</b>	<b>13.321,00</b>	<b>47.247,00</b>	<b>13.345,00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir del ISTAC

## **1.4. Consumo hídrico por parte de la agricultura en Canarias**

La mayor parte de los recursos hídricos alumbrados en las Islas se destinan a la agricultura, en algunos casos más del 80 % de agua. Actualmente, las aguas subterráneas son el recurso hídrico de base de la actividad agrícola en las Islas Canarias, si bien está aumentando la producción industrial de agua de mar (desalación), especialmente en islas como Fuerteventura y Lanzarote.

La agricultura en las Islas Canarias debe salvar diversos obstáculos inherentes a la orografía del terreno, siendo este abrupto y escarpado en la mayoría de las islas. Esto ha generado que la mayoría de los cultivos de Canarias, más de un 60% (Pestana et al., 2015), se encuentren en zonas cercanas a la costa (debido a la existencia de terrenos más llanos que en las cumbres), lo que ha desarrollado notablemente la agricultura de regadío en el archipiélago.

En las islas occidentales (Tenerife, La Palma, EL Hiero y La Gomera) existen recursos hídricos subterráneos abundantes y en la Gomera, además, existen reservas superficiales de agua utilizadas eminentemente en el sector agrícola. En estas islas se han desarrollado notablemente las instalaciones de riego desde los años setenta, con importantes extensiones de cultivos cerca de la costa como la platanera y la piña tropical, entre otros.

En las islas orientales, existe una diferencia remarcable entre las tres islas que componen este grupo. En la isla de Gran Canaria es importante el aporte de las aguas superficiales, al ser la isla canaria con mayor número de presas en su territorio, también es clave el aporte del agua subterránea y se apoya en la reutilización y desalación para dar soporte a las demandas hídricas agrícolas, donde la red de regadío es vital.

La isla de Lanzarote es un ejemplo donde el ser humano ha sabido adaptarse perfectamente al medio, y ha sido capaz de desarrollar cultivos en suelos áridos, especialmente los enare-

nados de naturales de La Geria. El enarenado se puede definir como una capa de material volcánico de tipo granular, con suficiente número de poros como para conservar agua atmosférica que favorezca el desarrollo de un cultivo. Este sistema puede mantener la humedad hasta un año después de una lluvia con unos rendimientos agrarios similares a los del regadío, en precipitaciones que apenas superan los 100 mm anuales (García-Rodríguez et al., 2016). En Lanzarote no existe red específica de riego, sino que se comparte la del abastecimiento urbano con la de abastecimiento agrícola, y la fuente hídrica principal de la isla es la desalación de agua de mar.

Por su parte, Fuerteventura, que es la isla más árida del archipiélago y cuenta con pocos recursos hídricos subterráneos y superficiales, donde dependen de la desalación para cubrir las necesidades de agua de prácticamente todos los sectores económicos. Es destacable aquí la existencia de gavias y nateros, como sistemas de captación y desvío de agua superficial para ser aprovechada por los cultivos.

Las gavias y los nateros son formaciones antrópicas de terreno agrícola adaptados al aprovechamiento de las aguas pluviales, propios de las regiones áridas y semiáridas (Perdomo, 2015). Las gavias se ubican en terrenos sedimentarios llanos y los nateros en el cauce de los barrancos secundarios, para retener los materiales de las escorrentías y generar suelo productivo.

#### *1.4.1. Demandas hídricas de los principales cultivos de Canarias*

Las necesidades hídricas de los diferentes cultivos presentes en las Islas Canarias, pueden consultarse en la página web del

Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA)<sup>4</sup>, donde existen recomendaciones en función de la zona de la isla de la que se requiera información, con datos de la estación SiAR<sup>5</sup> más cercana.

A continuación, se analizará de manera general los requerimientos hídricos de los cultivos más importantes en producción y economía en el archipiélago canario, pero para conocer datos más exactos se recomienda visitar la web mencionada en el párrafo anterior. Además, se debe destacar que estas necesidades hídricas dependen del tipo de riego y de si el cultivo se desarrolla al aire libre o en invernadero.

### ***Aguacate***

El aguacate se ha cultivado en Canarias y Andalucía desde hace muchos años, pero se está extendiendo por otras zonas peninsulares a gran rapidez. Se trata de un producto agrícola en auge, debido a la gran demanda de los mercados. En líneas generales se trata de un árbol que necesita entre 6.000 y 9.000 m<sup>3</sup>/ha y año.

### ***Papa***

Acorde a diferentes citas históricas, se sitúa la entrada de la papa en Canarias a finales del siglo XVI. A partir de este momento, y debido a su riqueza gastronómica, se coloca (hasta el día de hoy) como uno de los alimentos principales de la dieta en las Islas Canarias. Se trata de un cultivo muy desarrollado en las islas, donde existen numerosas variedades correspondientes a los tres taxones presentes en las islas: *Solanum tuberosum*

---

<sup>4</sup> [https://www.icia.es/icia/index.php?option=com\\_content&view=article&id=30:estaciones-de-asesoria-de-riegos&catid=262&Itemid=100008](https://www.icia.es/icia/index.php?option=com_content&view=article&id=30:estaciones-de-asesoria-de-riegos&catid=262&Itemid=100008)

<sup>5</sup> SiAR: Sistema de Información Agroclimática para el Regadío



*ssp. Andigena; Solanum tuberosum ssp. Tuberosum y Solanum chaucha.*

Sus requerimientos hídricos son de 6.000-6.500 m<sup>3</sup>/ha y ciclo (que dura desde los 90 a los 210 días, dependiendo de la variedad).

### ***Papaya***

La papaya, a nivel del territorio nacional, es producida en Canarias y en algunas zonas puntuales de Andalucía, debido a las condiciones de temperatura que requiere este frutal para su desarrollo. Las necesidades hídricas de la papaya se cifran en 12.000 m<sup>3</sup>/ha y año.

### ***Piña tropical***

Este cultivo se introduce en las Islas Canarias en el siglo XIX, donde el mayor porcentaje de producción de esta fruta se concentra en la isla de El Hierro. Anualmente requiere de 7.500 m<sup>3</sup>/ha.

### ***Plátano***

Sin lugar a dudas el plátano de Canarias es uno de los productos agrícolas más reconocidos del archipiélago. Tiene un reconocimiento amparado bajo la Indicación Geográfica Protegida (IGP), y se produce en todas las Islas Canarias.

Precisamente, la platanera se coloca como uno de los cultivos que más demanda hídrica presentan, con un consumo de hasta 15.000 m<sup>3</sup>/ha y año (Rodríguez Gómez, 2006).

### ***Tomate***

El tomate se encuentra en un descenso productivo, ya que consultando los datos del ISTAC, se observa cómo se ha pasado de una producción de 126.171,0 toneladas en el año 2012 a 75.007,8 en el año 2019. Esta caída en el sector tomatero se

plantea con preocupación en unas islas donde el tomate ha generado, históricamente, un gran número de puestos de trabajo.

Las necesidades hídricas del tomate se encuentran entre los 7.000 y los 8.000 m<sup>3</sup>/ha y año.

### ***Vid***

La vid ha sido un cultivo históricamente ligado a las Islas Canarias, donde encontramos hasta diez de denominaciones de origen repartidas por todo el archipiélago. Se introdujo también en el siglo XVI en Canarias (siglo de auge para diversos cultivos debido a la época colonial) donde experimentó un auge comercial importante, que fue decayendo con los años hasta originar producciones para abastecimiento local y/o regional.

La vid requiere de una dotación anual que se encuentra entre los 3.000 y los 800 l/planta (Álvarez De la Paz et al., 2005).

Por otra parte, la lluvia horizontal o precipitación de agua de niebla constituye un elemento que ayuda al mantenimiento natural de los bosques, al favorecer la humedad en estas zonas. En Canarias las nieblas más frecuentes son las de tipo orográfico, las cuales cuando entran en contacto con la superficie del terreno avanzan por ella evaporándose y dando lugar a las cascadas de nubes características del efecto Fhoen (Leyva et al., 2022). La formación de estas nieblas en las islas se ve favorecida por la influencia de los vientos alisios y del anticiclón de las Azores (Bechtel, 2016), en especial a cotas de entre 800 y 1.500 m de altitud.

La captación de agua de niebla por medio de obstáculos artificiales puede suponer una alternativa al regadío tradicional en zonas montañosas o aisladas, en las que las nieblas sean frecuentes.

Desde el punto de vista de la agricultura, se recomendaría el uso de este tipo de sistemas en zonas con escasos recursos

hídricos en los que las nieblas sean frecuentes y puedan aprovechar la humedad que proporciona para el mantenimiento de los cultivos, especialmente de aquellos que no tienen unas exigencias hídricas como los cultivos de secano, herbáceos o incluso algunos de tipo leñoso.

## 1.5. El sector agrícola en las regiones ultraperiféricas de Europa

Europa cuenta con nueve regiones ultraperiféricas, tal y como puede verse en la Figura 3. Canarias es la única región ultraperiférica europea que pertenece a España, aunque cuenta con similitudes climatológicas y geológicas con Madeira y Azores (Portugal).

Figura 3. Regiones ultraperiféricas europeas.



Fuente: [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/es/policy/themes/outermost-regions/](https://ec.europa.eu/regional_policy/es/policy/themes/outermost-regions/)

Estas regiones ultraperiféricas disponen de un potencial único, así como de activos propios que pueden beneficiar al continente europeo. Es por ello por lo que las políticas europeas dirigidas a estas áreas identificadas, tiene unas características

propias y se desarrollan dentro de estrategias específicas<sup>6</sup>. En el caso de Canarias, las actuaciones europeas se enmarcan en la “Estrategia de Especialización Inteligente de Canarias 2014-2020”, en adelante, RIS3, que contempla las siguientes prioridades para el ámbito agrícola y ganadero:

- ***Eco-innovación, agricultura, pesca y protección del medio ambiente***, cuyos objetivos específicos son: i) Promover la eco-innovación dentro del tejido empresarial, ii) Preservar el medioambiente, favorecer el desarrollo de empresas relacionadas con la protección del medioambiente y luchar contra el cambio climático y las catástrofes naturales; iii) Desarrollar una agricultura competitiva y respetuosa con el medioambiente y iv) Desarrollar un sector pesquero competitivo y respetuoso con el medioambiente.

Para el nuevo periodo 2021/2027, las políticas en materia agrícola y de biodiversidad para todas las regiones ultraperiféricas incluyen lo siguiente<sup>7</sup>:

*“La propuesta de reforma de la Política Agrícola Común mantiene el programa **POSEI**<sup>8</sup>, un programa especial dedicado a las*

---

<sup>6</sup> Los Fondos FEDER (Fondo Europeo de Desarrollo Regional) son los principales instrumentos financieros de la Unión europea para favorecer el desarrollo de las regiones ultraperiféricas.

<sup>7</sup> Puede consultarse la noticia completa aquí: [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/es/policy/themes/outermost-regions/#3](https://ec.europa.eu/regional_policy/es/policy/themes/outermost-regions/#3)

<sup>8</sup> POSEI: El régimen POSEI apoya a las regiones ultraperiféricas de la UE que deben enfrentarse a problemas específicos por su lejanía, insularidad, pequeño tamaño, y relieve o clima adversos. También apoya a las regiones que dependen económicamente de un número reducido de productos. El

*regiones ultraperiféricas con un apoyo financiero de 627 millones de euros al año.*

*La Comisión propuso una mayor financiación con cargo al presupuesto europeo para el desarrollo rural, apoyando la biodiversidad en la agricultura y la silvicultura y promoviendo el desarrollo económico de las zonas rurales. La propuesta de la Comisión ofrece la tasa más ventajosa de cofinanciación europea para las regiones ultraperiféricas (70%).*

*La Comisión propuso además que el programa de medio ambiente y acción por el clima, LIFE, prestase especial atención a las regiones ultraperiféricas en sus convocatorias de propuestas. El programa apoyará pequeños proyectos de protección de la biodiversidad y los ecosistemas en estas regiones.”*

Por lo tanto, Europa pretende seguir apoyando el desarrollo rural en las islas europeas alejadas del continente, poniendo énfasis en la protección de la biodiversidad y a soberanía alimentaria en las islas, todo ello en un marco de desarrollo sostenible.

---

nombre de “POSEI” (Programa de opciones específicas por la lejanía y la insularidad) procede de las siglas francesas de Programme d’Options Spécifiques à l’Éloignement et l’Insularité.



## **2. LA HUELLA DE CARBONO Y LA HUELLA HÍDRICA EN EL SECTOR AGRÍCOLA Y GANADERO DE LAS ISLAS CANARIAS**

Para poder medir el impacto medioambiental de una actividad y/o fabricación de un producto han surgido herramientas de contabilización de la contaminación. Entre estas herramientas, destacan las dos siguientes: la huella de carbono, que mide la emisión de gases de efecto invernadero producidas a lo largo de la cadena de fabricación y suministro de un producto; y la huella hídrica, que contabiliza la cantidad de agua potable que se requiere para desarrollar una actividad, así como el volumen de agua que se contamina en dicho proceso.

A continuación, se definen individualmente para determinar el alcance que tienen en relación con los productos agrícolas y ganaderos.

### **2.1. Huella de carbono**

La huella de carbono es una herramienta de medición de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera por una empresa, persona y/o actividad. Existen numerosas normativas que han desarrollado esta herramienta y especifican cómo aplicarla en cada caso. La huella de carbono puede aplicarse a un

evento, empresa y/o producto, y en cada caso se deben tener en cuenta unas condiciones diferentes debido a que no funcionan igual las compañías que fabrican un producto que las que proveen un servicio.

En el caso de los productos agrícolas, aplicaremos en nuestro caso la huella de carbono de producto, debido a que se generan alimentos que van a ser consumidos por un/a cliente, y es interesante conocer las emisiones generadas en el proceso de fabricación de estos. Para ello, se utilizará la norma ISO 14067, que está enfocada en este tipo de huella de carbono específicamente.

Cuando se calcula la huella de carbono de un producto, se debe definir el ciclo de vida de este para conocer qué parte del proceso de fabricación y distribución vamos a contemplar en nuestro cálculo. De esta manera, el alcance de vida puede ser:

- *De la cuna a la puerta:* estudia los procesos de extracción de materia prima, producción y transporte hasta la fábrica.
- *De la cuna a la tumba:* tiene en cuenta desde la extracción de la materia prima hasta la empresa de producción, donde también tiene en cuenta el proceso productivo y la gestión de residuos.
- *De la cuna a la cuna:* abarca el ciclo de vida completo del producto: extracción, producción, gestión de residuos y reutilización.

Por lo tanto, a la hora de afrontar el cálculo de la huella de carbono de un producto, es preciso establecer la unidad funcional que será base del cálculo. A partir de esta unidad funcional, se realiza el mapa de procesos para conocer el funcionamiento industrial de la instalación que estamos estudiando.



En este caso, se ha empleado de alcance “de la cuna a la tumba”, debido a que el alcance “de la cuna a la cuna” es más ambicioso, al necesitar conocer los hábitos de los consumidores en lo que a reciclaje y reutilización respecta. Es por ello por lo que solamente se calculará la huella de carbono correspondiente a la vida del producto, desde que se recolecta hasta que se pone en el mercado.

Según datos del Ministerio para la Transición Ecológica de España, el sector agrario es el segundo sector, solo por detrás del transporte, en emitir gases de efecto invernadero a la atmósfera:

*“Tiene la particularidad que ser el único sector capaz de producir emisiones (derivadas del uso de los combustibles fósiles, de la gestión de los suelos y del uso de fertilizantes, de la quema de residuos agrícolas, de la ganadería, de los arrozales, el encalado de los suelos y el uso de urea) pero también es capaz de ejercer de sumidero de CO<sub>2</sub> a través de la capacidad que tiene el suelo y los cultivos leñosos de captar CO<sub>2</sub>”*

*Prácticamente la mitad de las emisiones de este sector están generadas por el uso de fertilizantes y la gestión de los suelos, mientras que la otra mitad está provocada por la ganadería (fermentación entérica y gestión de estiércoles).<sup>1</sup>*

## **2.2. Huella hídrica**

La huella hídrica (HH) es un indicador medioambiental que nos da la información acerca de la cantidad de agua que re-

---

<sup>1</sup> Recuperado del sitio web: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/agricola.aspx#ancla0>

quiere una actividad, proceso o producto para poder desarrollarse con éxito. La huella hídrica se divide en tres partes, en función del origen del agua, y con el sumatorio de los tres elementos que la conforman se obtiene la HH del proceso o producto estudiado:

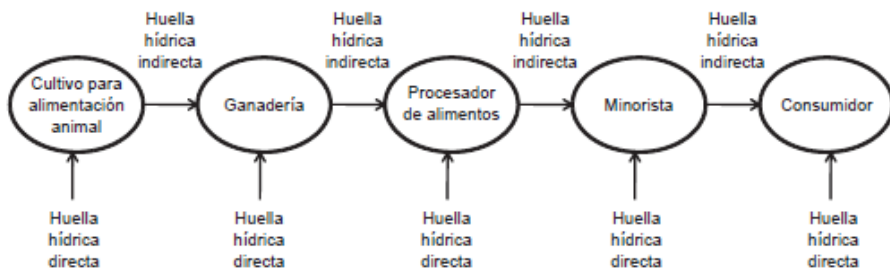
- *Huella hídrica azul*: contabiliza el volumen de agua potable (superficial o subterránea) que se incorpora en la cadena de suministro del producto.
- *Huella hídrica verde*: se trata del volumen de agua de lluvia (que no se convierte en escorrentía superficial) evapotranspirada por las plantas. Generalmente, la huella hídrica verde es despreciable cuando no se está contabilizando la HH de un producto agrícola y/o ganadero.
- *Huella hídrica gris*: volumen de agua potable que se requiere para asimilar la carga de contaminantes presente en el agua, hasta conseguir concentraciones admisibles de estos por el medio natural (estas concentraciones están definidas en las normativas vigentes al respecto).

La huella hídrica de los productos agrícolas es elevada, debido a que se trata de un sector que requiere de grandes volúmenes de agua para poder desarrollar los cultivos. La HH de la agricultura está especialmente influenciada por sus componentes verde y azul. Dado que la huella hídrica azul nos indica la cantidad de agua potable que se aporta a un proceso y/o producto, es evidente que este componente será elevado en la agricultura, dado que como se ha visto en apartados anteriores, la agricultura es uno de los sectores con mayor demanda hídrica a nivel mundial (Navalpotro et al., 2012). Por otra parte, la huella hídrica verde tiene una gran importancia en la agricultura también, ya que es uno de los pocos sectores donde el agua de lluvia se incorpora directamente al producto final, que en

este caso es el cultivo agrícola (destinado al ser humano y a la ganadería).

En efecto, si se quiere conocer la huella hídrica de un/a consumidor/a de un producto de origen animal, se debería tener en cuenta las huellas hídricas directa e indirecta recogidas en la Figura 4. Es decir, desde el agua requerida para cultivar el alimento del animal, hasta pasar por la fase de producción industrial y distribución del producto hasta que se encuentra disponible en el mercado.

*Figura 4. Huellas hídricas directa e indirecta de las etapas de suministro de un producto de origen animal.*



*Fuente: Hoekstra et al., 2021*

## **2.3. Metodología**

### *2.3.1. Huella de carbono*

Las etapas dentro del cálculo de la huella de carbono de un producto serían las siguientes:

- 1. Selección del producto y la unidad de cálculo:** para establecer la unidad de cálculo se tiene en cuenta cómo se vende el producto en el mercado. Por ejemplo, en el caso de una botella de vino, lo más habitual sería seleccionar como unidad de cálculo una botella de 75 cl.

2. **Determinación del periodo de cálculo:** generalmente se plantea como periodo de cálculo un año completo, para después poder ver las evoluciones anuales de las emisiones y realizar comparaciones entre los años calculados.
3. **Establecimiento del año base a partir del cual se empiezan a medir las emisiones:** se trata del primer año en el que se realiza el cálculo, que será el año base desde el que se realizarán las comparaciones y desde el que se planteará el plan de reducción de emisiones.
4. **Determinación de los límites operacionales:** se distingue aquí entre el enfoque de participación accionarial y el enfoque de control. Es decir, si se tiene en cuenta una filial de la empresa o la totalidad de esta.
5. **Determinación de los límites operativos:** se trata del inventario de operaciones sobre las que la instalación ejerce control, distinguiendo en función del alcance (1, 2 o 3) y de su naturaleza fija o móvil.
6. **Determinar las fuentes de emisión:** en este paso se busca relacionar los gases emitidos con la operación determinada que los genera. En este sentido, es interesante elaborar un mapa de procesos para conocer con detalle el proceso productivo y poder así establecer los gases que parten de cada actividad.
7. **Seleccionar el método de cálculo:** las metodologías enfocadas en huella de carbono de producto, más reconocidas internacionalmente, son la PAS 2050<sup>2</sup> y la ISO 14067.
8. **Cálculo de la huella de carbono en toneladas de CO<sub>2</sub>eq:** una vez se han recopilado los datos de los consumos de la empresa en cada una de las fuentes de emisión. Los

---

<sup>2</sup> [https://aggie-horticulture.tamu.edu/faculty/hall/publications/PAS2050\\_Guide.pdf](https://aggie-horticulture.tamu.edu/faculty/hall/publications/PAS2050_Guide.pdf)

datos de actividad recopilados de las diferentes fuentes y expresados en kWh, litros o m<sup>3</sup> deben ser expresado en términos tCO<sub>2</sub>eq. Los factores de emisión permiten el trasvase de una unidad a otra. Los factores de emisión utilizados son los publicados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico<sup>3</sup>.

*\*La energía que procede de una fuente renovable no emite CO<sub>2</sub>. A pesar de ello, se ha tenido en cuenta el consumo de energía renovable como medida de responsabilidad ambiental de la empresa al representar un ahorro de emisiones que, de no proceder de una fuente renovable, contribuiría al deterioro del medio ambiente y del clima.*

### *2.3.2. Huella hídrica*

El cálculo de la huella hídrica se aborda desde la metodología propuesta por la Water Footprint Network (WFN)<sup>4</sup>, especialmente la que tiene que ver con los productos agrícolas y/o ganaderos. Para ello, se calculan separadamente la huella hídrica azul, verde y gris y después se realiza el sumatorio de las tres para obtener la HH del producto estudiado.

#### **Huella hídrica azul y verde:**

A la hora de calcular la huella hídrica verde de un cultivo, se tiene en cuenta el cociente del consumo de agua verde (agua de lluvia) utilizada en el cultivo/explotación, entre el rendimien-

---

<sup>3</sup> <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/>

<sup>4</sup> <https://waterfootprint.org/en/>

to de los cultivos. Para ello, es necesario conocer las necesidades netas del cultivo estudiado, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Localización de la parcela del cultivo
- Altura del cultivo
- Precipitación efectiva del área en la que se encuentra el cultivo
- Horas de insolación
- Velocidad del viento
- Temperatura
- Producción del cultivo
- Coeficiente de uniformidad de riego
- Conductividad eléctrica del agua de riego

Esta información se puede localizar a través de diversas fuentes, i) a través de los/as agricultores/as que han participado en el estudio, ii) por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y iii) por parte del Sistema Español de Información Agroclimática para el Regadío (Red SiAR)<sup>5</sup>.

En el caso de la FAO, esta organización ha desarrollado dos softwares que se complementan entre sí, que son útiles a la hora de determinar la  $HH_{\text{verde}}$  de un cultivo. Estos softwares libres son CROPWAT<sup>6</sup> y CLIMWAT.

CROPWAT es un programa que permite calcular las necesidades hídricas de los cultivos, es decir, realiza el diseño agro-

---

<sup>5</sup> Para consultar los datos disponibles en España, se puede consultar el siguiente enlace: <https://portal.mapa.gob.es/websiar/SeleccionParametros-Map.aspx?dst=1>

<sup>6</sup> Enlace de descarga del software CROPWAT: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>

nómico de riego y es de libre acceso. Por su parte, CLIMWAT nos permite encontrar la estación meteorológica más próxima a la localización de la parcela estudiada. Al exportar los datos de la estación, obtenemos temperaturas mínimas y máximas, humedad relativa, velocidad del viento y las horas de insola-ción. Con estos datos y con la ayuda de CROPWAT, se puede estimar ahora la radiación y la evapotranspiración que sufre ese cultivo en particular. Con los datos que nos da el programa de la evapotranspiración azul y verde, podemos saber el uso del agua por parte del cultivo. Si relacionamos el uso del agua del cultivo con el rendimiento del mismo, obtenemos la  $HH_{verde}$  y  $HH_{azul}$  del proceso.

#### **Huella hídrica gris:**

Para calcular la  $HH_{gris}$  de un cultivo, se necesitan los datos relacionados con las toneladas anuales de fertilizantes aplica-dos. Conociendo la tasa media de aplicación de fertilizantes y la concentración máxima admitida de estos por la normativa vigente, se puede determinar la  $HH_{gris}$  de un cultivo.

#### **Contaminantes emergentes:**

Los contaminantes emergentes pueden definirse como aquellos contaminantes que no se habían reconocido previa-mente como tales, y/o que están generando una nueva preocu-pación en la actualidad, debido a la incertidumbre que generan los posibles efectos adversos de estos es en el agua y los eco-sistemas (Janet Gil et al., 2012). Entre los principales contami-nantes emergentes encontraríamos los fármacos, los productos de limpieza e higiene personal, pesticidas y plaguicidas, micro-plásticos, etc.

En efecto, la agricultura y ganadería son una importante fuente de contaminantes, principalmente debido a los pestici-das que acaban en el agua a través del lavado y la escorrentía

de las zonas cultivadas. Además, el uso de aguas residuales tratadas para el riego puede conducir a una mayor exposición de las plantas a sustancias farmacéuticas y otros contaminantes emergentes, especialmente los más solubles en agua.

El efecto adverso de los contaminantes emergentes en la fauna acuática, y su correspondencia con los seres humanos, ha sido puesto de manifiesto por una serie de estudios. El impacto de estos nuevos contaminantes en la salud y el medio ambiente ha instado a la eliminación de estos compuestos, no sólo en el agua potable, sino también en el proceso de tratamiento de aguas residuales para evitar la liberación a las aguas receptoras. Además, la aparición de microcontaminantes es muy importante en la reutilización del agua, ya que estos contaminantes podrían acumularse durante el proceso si no se eliminan adecuadamente. Por lo tanto, los futuros tratamientos de las aguas residuales deberán ser mejorados para poder hacer frente a estos problemas de rápido crecimiento. El desarrollo hacia un tratamiento más compacto y eficiente, como las tecnologías de membrana, tendrá un mayor impacto en el futuro. Además, el aumento del consumo de agua ha hecho que se considere la reutilización de las aguas residuales.



### **3. CARACTERIZACIÓN DE LA HUELLA AMBIENTAL EN LOS CULTIVOS MÁS REPRESENTATIVOS DEL ARCHIPIÉLAGO CANARIO**

#### **Huella de carbono**

La huella de carbono no se ha estudiado para los cultivos en general, sino para las instalaciones vinculadas a la agricultura como, por ejemplo, las empaquetadoras. En el apartado 4 de este libro pueden verse los cálculos de huella de carbono que se han realizado en este estudio.

#### **Huella hídrica**

A la hora de presentar los resultados de huella hídrica obtenidos, por cada una de las parcelas estudiadas, hemos seguido las siguientes consideraciones:

- La Huella Hídrica de Producción se presentan como la suma de la Huella Hídrica Azul y la Huella Hídrica Verde. Esto es debido a que la Huella Hídrica Azul representa el volumen de agua consumido por la planta procedente de una fuente de agua potable, es decir, del riego por parte

del/a agricultor/a. Este consumo debería variar en función de la Huella Hídrica Verde, es decir, del volumen de agua incorporado a la planta a través de la lluvia, para lo que resulta necesario calcular también la evapotranspiración, que representa la pérdida de humedad de la planta por procesos de evaporación y transpiración.

- Separadamente se presentan los resultados de Huella Hídrica Gris, al expresar este concepto el volumen de agua potable necesario para diluir los contaminantes presentes en el agua, tras incorporarse al agua los fertilizantes de la agricultura.
- Se muestran los resultados anuales para cada parcela, sin embargo, en el proceso de cálculo de las tres dimensiones de la Huella Hídrica (azul, verde y gris) se realizan los cálculos mensuales, ya que la evapotranspiración y, por lo tanto, la huella hídrica verde y azul cambian cada mes del año. Sin embargo, por claridad y porque es el procedimiento habitual, se presentan los resultados de Huella Hídrica Azul, Verde y Gris como metros cúbicos por tonelada producida en cada parcela.
- En las Tablas de Huella Hídrica, los siguientes conceptos representan los siguientes valores:
  - $ET_{\text{verde}}$ : contempla el valor mínimo entre la precipitación efectiva y la evapotranspiración total de un cultivo ( $ET_c$ )<sup>1</sup> de cada mes. Después se suma el valor resultante de cada mes, y obtenemos el valor de  $ET_{\text{verde}}$  anual.
  - $ET_{\text{azul}}$ : es el valor mínimo entre el riego neto total y la necesidad de riego real, según la Organización de las

---

<sup>1</sup>  $ET_c$  es la evapotranspiración del cultivo, fruto de multiplicar la evapotranspiración de referencia del cultivo ( $ET_0$ ) por el coeficiente de evaporación del suelo ( $K_c$ ).

Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

- $Et_a$ : es la suma de los valores  $ET_{azul}$  y  $ET_{verde}$ .
- $UAC_{verde}$ : es el uso de agua verde del cultivo, en  $m^3/ha$ .
- $UAC_{azul}$ : es el uso de agua azul del cultivo, en  $m^3/ha$ .
- $UAC_{total}$ : es la suma del  $UAC_{verde}$  y el  $UAC_{azul}$ .
- Producción: se trata de la cantidad de toneladas producidas, por hectárea, en cada una de las fincas estudiadas.
- $HH_{verde}$ : es el valor de  $UAC_{verde}$  dividido entre la producción de la finca.
- $HH_{azul}$ : es el valor de  $UAC_{azul}$  dividido entre la producción de la finca.
- $HH_{producción}$ : es la suma de los valores  $HH_{verde}$  y  $HH_{azul}$ .

### **3.1. Resultados obtenidos**

#### *Plátano*

Para el cálculo de la huella hídrica de la platanera, se analizaron 22 parcelas en total, ubicadas en las islas de Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Los resultados de la huella de producción del plátano se presentan como la suma de la huella hídrica azul y verde, debido a que es el agua teórica empleada en su totalidad, para la dotación de riego. Los datos corresponden a la producción del 2020/2021 y los valores meteorológicos tomados son los del año 2021 (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de Huella Hídrica Verde y Azul de 22 fincas de platanera en Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Año de producción: 2020/2021

Isia	ET <sub>verde</sub> mm/año	ET <sub>azul</sub> mm/año	Et <sub>a</sub> mm/año	UAC <sub>verde</sub> m <sup>3</sup> /ha	UAC <sub>azul</sub> m <sup>3</sup> /ha	UAC <sub>total</sub> m <sup>3</sup> /ha	Producción t/ha	HH <sub>verde</sub> m <sup>3</sup> /t	HH <sub>azul</sub> m <sup>3</sup> /t	HH <sub>producción</sub> m <sup>3</sup> /t
La Palma1	104,82	1.219,53	1.324,35	1.048,20	12.195,30	13.243,50	30,43	34,44	400,70	435,14
La Palma2	27,81	1.309,87	1.337,68	278,10	13.098,75	13.376,85	43,33	6,42	302,28	308,70
La Palma3	27,81	1.238,50	1.266,31	278,10	12.384,96	12.663,06	38,46	7,23	322,01	329,24
La Palma4	179,86	1.307,68	1.487,53	1.798,55	13.076,75	14.875,31	45,11	39,87	289,87	329,74
La Palma5	27,81	1.288,34	1.316,15	278,10	12.883,44	13.161,54	41,67	6,67	309,20	315,88
La Palma6	27,81	1.341,52	1.369,33	278,10	13.415,23	13.693,33	70,99	3,92	188,98	192,90
Tenerife1	66,60	1.417,22	1.483,81	665,95	14.172,16	14.838,11	53,54	12,44	264,70	277,14
Tenerife2	198,10	1.552,64	1.750,74	1.981,00	15.526,45	17.507,45	38,98	50,82	398,29	449,10
Tenerife3	198,10	1.022,92	1.221,02	1.981,00	10.229,19	12.210,19	19,04	104,02	537,12	641,13
Tenerife4	41,96	1.792,69	1.834,64	419,55	17.926,87	18.346,42	64,88	6,47	276,31	282,78
Tenerife5	5,83	1.684,60	1.690,43	58,30	16.846,00	16.904,30	49,90	1,17	337,61	338,78
Tenerife6	14,56	660,23	674,79	145,60	6.602,29	6.747,89	46,34	3,14	142,47	145,61
Tenerife7	198,10	908,29	1.106,39	1.981,00	9.082,87	11.063,87	41,52	47,71	218,74	266,44
Tenerife8	14,56	907,99	922,55	145,60	9.079,95	9.225,55	45,71	3,19	198,62	201,81
Gran Canaria2	34,82	2.486,06	2.520,88	348,20	24.860,56	25.208,76	58,98	5,90	421,51	427,41
Gran Canaria3	34,82	2.242,75	2.277,57	348,20	22.427,50	22.775,70	29,00	12,01	773,36	785,37
Gran Canaria4	82,98	1.163,83	1.246,81	829,80	11.638,25	12.468,05	47,88	17,33	243,07	260,40
Gran Canaria5	34,82	1.515,23	1.550,05	348,20	15.152,33	15.500,53	50,16	6,94	302,11	309,05
Gran Canaria7	34,82	1.466,00	1.500,82	348,20	14.660,04	15.008,24	79,94	4,36	183,39	187,75
Gran Canaria8	34,82	1.914,41	1.949,23	348,20	19.144,07	19.492,27	58,76	5,93	325,81	331,73

A continuación, se presentan los valores de promedio de Huella Hídrica de Producción del Plátano (la suma de  $HH_{\text{azul}}$  y  $HH_{\text{verde}}$ ), para cada una de las islas estudiadas:

*Tabla 5. Valores promedio ( $\pm$  error estándar) de Huella Hídrica Azul y Verde en las 22 fincas de platanera estudiadas en Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Año de producción: 2020/2021*

Isla	UAC <sup>total</sup> m <sup>3</sup> /ha	Producción t/ha	HH <sub>verde</sub> m <sup>3</sup> /t	HH <sub>azul</sub> m <sup>3</sup> /t	HH <sub>producción</sub> m <sup>3</sup> /t
La Palma	13.502,26 $\pm$ 306,86	45 $\pm$ 5,61	16,42 $\pm$ 6,61	302,17 $\pm$ 27,76	318,6 $\pm$ 31,48
Tenerife	13.355,47 $\pm$ 1.489,37	44,99 $\pm$ 4,66	28,62 $\pm$ 12,92	296,73 $\pm$ 44,46	325,35 $\pm$ 55,16
Gran Canaria	18.408,92 $\pm$ 2.014,92	54.12 $\pm$ 6,82	8.74 $\pm$ 2.02	374.87 $\pm$ 86.16	383.62 $\pm$ 86.63

Se observa que los valores de la Huella Hídrica para la producción del plátano son muy similares entre sí, y sensiblemente menores a los de aguacate debido a que la producción por unidad de superficie es mucho más elevada en el caso del plátano, y a que la producción es mucho más estable en el tiempo, no se trata de un cultivo alternante como el caso del aguacatero.

Por su parte, la Huella Hídrica Gris se presenta a continuación (Tabla 6), y se ha calculado en referencia al contaminante más representativo del agua de riego, que son los nitratos:

Tabla 6. Valores de Huella Hídrica Gris de 22 fincas de platanera en Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Año de producción: 2020/2021

Isla	Tasa media de aplicación de fertilizantes kg/ha	Área ha	Total de fertilizantes aplicados t/año	Lixiviación nitrógeno hacia masas de agua 10% t/año	Conc. Máxima mg/l	HH <sub>neg,gris</sub> (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año) m <sup>3</sup> /año	Producción t	HH <sub>gris</sub> m <sup>3</sup> /t
La Palma1	620,35	0,46	0,62	0,06	10,00	0,01	14,00	443,11
La Palma2	620,35	0,30	0,62	0,06	10,00	0,01	13,00	477,19
La Palma3	620,35	1,69	0,62	0,06	10,00	0,01	65,00	95,44
La Palma4	620,35	1,33	0,62	0,06	10,00	0,01	60,00	103,39
La Palma5	620,35	0,24	0,62	0,06	10,00	0,01	10,00	620,35
La Palma6	620,35	1,62	0,62	0,06	10,00	0,01	115,00	53,94
Tenerife1	620,35	2,32	0,62	0,06	10,00	0,01	124,21	49,94
Tenerife2	620,35	2,36	0,62	0,06	10,00	0,01	92,00	67,43
Tenerife3	620,35	3,29	0,62	0,06	10,00	0,01	62,66	99,01
Tenerife4	620,35	14,87	0,62	0,06	10,00	0,01	964,75	6,43
Tenerife5	620,35	19,45	0,62	0,06	10,00	0,01	970,52	6,39
Tenerife6	620,35	1,59	0,62	0,06	10,00	0,01	73,69	84,19
Tenerife7	620,35	11,56	0,62	0,06	10,00	0,01	480,02	12,92
Tenerife8	620,35	1,75	0,62	0,06	10,00	0,01	80,00	77,54
Gran Canaria1	620,35	1,74	0,62	0,06	10,00	0,01	206,45	30,05
Gran Canaria2	620,35	1,06	0,62	0,06	10,00	0,01	62,52	99,23
Gran Canaria3	620,35	0,41	0,62	0,06	10,00	0,01	11,89	521,74
Gran Canaria4	620,35	3,64	0,62	0,06	10,00	0,01	174,28	35,59
Gran Canaria5	620,35	0,45	0,62	0,06	10,00	0,01	22,57	274,86
Gran Canaria6	620,35	0,24	0,62	0,06	10,00	0,01	66,35	93,50
Gran Canaria7	620,35	0,83	0,62	0,06	10,00	0,01	66,35	93,50
Gran Canaria8	620,35	0,54	0,62	0,06	10,00	0,01	31,73	195,51

El promedio de los valores de Huella Hídrica Gris, por islas y para las fincas estudiadas, se presentan a continuación (Tabla 7).

Estos valores pueden servir de indicativos del sector, como herramienta para poder reducir el consumo del agua en el futuro mediante la mejora de los sistemas de riego y la utilización de tecnologías que permitan el uso más eficiente del agua.

### ***Aguacate***

Para el cálculo de la huella hídrica del aguacate, se analizaron 13 parcelas en total, ubicadas en las islas de Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Los resultados de la huella de producción del aguacate se presentan como la suma de la huella hídrica azul y verde, debido a que es el agua teórica empleada en su totalidad, para la dotación de riego. Los datos corresponden a la producción del 2020/2021 y los valores meteorológicos tomados son los del año 2021 (Tabla 8).

A continuación, se presentan los valores de promedio de Huella Hídrica de Producción del aguacate (la suma de  $HH_{\text{azul}}$  y  $HH_{\text{verde}}$ ), para cada una de las islas estudiadas (Tabla 9).

Según un reciente estudio (Sommaruga & Eldridge, 2021), una base de datos que cubre el periodo desde 1996 a 2005 muestra que el promedio de Huella Hídrica Azul del Aguacate en el mundo es de  $237 \text{ m}^3/\text{t}$ . Sin embargo, hay regiones del mundo donde estos valores difieren de la media de forma importante, como es el caso de algunas zonas de Guatemala ( $2.295 \text{ m}^3/\text{t}$ ). En nuestro caso, se observa que los valores teóricos de  $HH_{\text{azul}}$  en las Islas Canarias difieren notablemente del valor medio mundial. Sin embargo, es importante recordar que el cálculo de la  $HH_{\text{azul}}$  se deriva del cálculo de la  $HH_{\text{verde}}$  y, debido a que la pluviometría en Canarias no es tan abundante como en otras zonas del mundo más tropicales, es natural que el aporte de agua que deba hacer el agricultor/a sea elevado. Es importante considerar también que el cálculo de la huella se

Tabla 7. Valor promedio ( $\pm$  error estándar) de la Huella Hídrica Gris en las 22 fincas de platanera estudiadas en Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Año de producción: 2020/2021

Isla	Tasa media de aplicación de fertilizantes kg/ha	Área ha	Total de fertilizantes aplicados t/año	Lixiviación nitrógeno hacia masas de agua 10% t/año	Conc. Máxima mg/l	Hhproc,gris (10 <sup>6</sup> /m <sup>3</sup> /año) m <sup>2</sup> /año	Producción t	HH <sub>gris</sub> m <sup>3</sup> /t
La Palma	620,35	0,94 $\pm$ 0,28	0,62	0,06	10	0,01	46,17 $\pm$ 17,06	298,9 $\pm$ 99,25
Tenerife	620,35	7,15 $\pm$ 2,51	0,62	0,06	10	0,01	355,98 $\pm$ 141,98	50,48 $\pm$ 13,23
Gran Canaria	620,35	1,11 $\pm$ 0,4	0,62	0,06	10	0,01	80,27 $\pm$ 25,29	168 $\pm$ 58,2

Tabla 8. Valores de Huella Hídrica Verde y Azul de 13 fincas de aguacate en Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Año de producción: 2020/2021

Isla	ET <sub>verde</sub> mm/año	ET <sub>azul</sub> mm/año	Et <sub>a</sub> mm/año	UAC <sub>verde</sub> m <sup>3</sup> /ha	UAC <sub>azul</sub> m <sup>3</sup> /ha	UAC <sub>total</sub> m <sup>3</sup> /ha	Producción t/ha	HH <sub>verde</sub> m <sup>3</sup> /t	HH <sub>azul</sub> m <sup>3</sup> /t	HH <sub>producción</sub> m <sup>3</sup> /t
La Palma1	94,94	572,53	667,47	949,36	5.725,31	6.674,67	2,27	417,72	2.519,14	2.936,85
La Palma2	107,71	670,51	778,22	1.077,15	6.705,07	7.782,22	5,17	208,25	1.296,31	1.504,56
La Palma3	94,94	579,51	674,45	949,36	5.795,13	6.744,49	5,36	177,21	1.081,76	1.258,97
La Palma4	20,72	473,16	493,88	207,19	4.731,64	4.938,83	11,50	18,02	411,45	429,46
La Palma5	63,75	634,22	697,97	637,46	6.342,24	6.979,70	6,73	94,71	942,28	1.036,98
Tenerife1	98,78	587,07	685,85	987,84	5.870,66	6.858,50	1,88	524,47	3.116,90	3.641,37
Tenerife2	98,78	509,71	608,50	987,84	5.097,11	6.084,95	2,00	493,92	2.548,56	3.042,48
Tenerife3	136,47	639,44	775,91	1.364,69	6.394,37	7.759,06	4,95	275,67	1.291,66	1.567,33
Tenerife4	98,78	538,40	637,19	987,84	5.384,01	6.371,85	2,97	332,57	1.812,62	2.145,19
Tenerife5	57,37	761,52	818,89	573,69	7.615,22	8.188,91	6,00	95,62	1.269,20	1.364,82
Tenerife6	128,56	520,03	648,60	1.285,62	5.200,35	6.485,96	5,36	239,98	970,73	1.210,71
Gran Canaria1	14,21	1.527,10	1.541,31	142,10	15.271,02	15.413,12	20,16	7,05	757,44	764,49



**Tabla 9. Valores promedio ( $\pm$  error estándar) de Huella Hídrica Azul y Verde en las 13 fincas de aguacate estudiadas en Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Año de producción: 2020/2021**

Isla	UAC <sup>total</sup> m <sup>3</sup> /ha	Producción t/ha	HH <sup>verde</sup> m <sup>3</sup> /t	HH <sup>azul</sup> m <sup>3</sup> /t	HH <sup>producción</sup> m <sup>3</sup> /t
La Palma	6.623,98 $\pm$ 465,02	6,21 $\pm$ 1,51	183,18 $\pm$ 67,37	1.250,19 $\pm$ 349,22	1.433,37 $\pm$ 415,99
Tenerife	6.958,21 $\pm$ 341,34	3,86 $\pm$ 0,73	327,04 $\pm$ 65,99	1.834,94 $\pm$ 342,31	2.161,98 $\pm$ 402,41
Gran Canaria	15413.12	20.16	7.05	757.44	764.49

basa en la suposición de que el riego y la lluvia cubren toda la demanda evapotranspirativa del cultivo y esto puede no ser real dependiendo de cómo se riegue. Por otro lado, la producción del año 2020/2021 fue baja debido a los episodios de viento en época de floración que redujeron la producción considerablemente en algunas zonas de las islas, lo cual incrementó el valor de la huella hídrica. No obstante, es destacable que en las parcelas donde había contadores volumétricos, se pudo hacer el cálculo con gastos reales de agua para esas producciones, y los valores mostraron un consumo mucho menor, concretamente de  $900.07 \text{ m}^3/\text{t} \pm 367,88$ .

Por su parte, la Huella Hídrica Gris se presenta a continuación (Tabla 10), y se ha calculado en referencia al contaminante más representativo del agua de riego, que son los nitratos.

Tras la evaluación de los sistemas de riego de las distintas parcelas, es evidente que hay margen de mejora mediante la renovación de los sistemas de riego. Partiendo de un buen diseño tanto hidráulico como agronómico, se podrá disminuir la huella hídrica en este cultivo considerablemente.

Tabla 10. Valores promedio ( $\pm$  error estándar) de Huella Hídrica Gris de 13 fincas de aguacate en Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Año de producción: 2020/2021

Isla	Tasa media de aplicación de fertilizantes kg/ha	Área ha	Total de fertilizantes aplicados t/año	Lixiviación nitrógeno hacia masas de agua 10% t/año	Conc. Máxima mg/l	HH $^{purg-gris}$ ( $10^6$ m <sup>3</sup> /año)	Producción t	HH $^{gris}$ m <sup>3</sup> /t
La Palma	130 $\pm$ 0	0,9 $\pm$ 0,36	0,13 $\pm$ 0	0,01 $\pm$ 0	10 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	5,9 $\pm$ 2,43	551,89 $\pm$ 232,45
Tenerife	130 $\pm$ 0	0,82 $\pm$ 0,1	0,13 $\pm$ 0	0,01 $\pm$ 0	10 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	2,92 $\pm$ 0,48	507,1 $\pm$ 81,08
Gran Canaria	130 $\pm$ 0	1.24	0.13	0.01	10	0	25	52

## **4. CARACTERIZACIÓN DE LA HUELLA AMBIENTAL EN EL RESTO DE LAS INSTALACIONES DEL SECTOR PRIMARIO EN LAS ISLAS CANARIAS**

### **4.1. Empaquetadoras**

En el ámbito de la agricultura, las empaquetadoras son instalaciones fundamentales para el reparto de la fruta y verdura recogida en el campo. En estas infraestructuras se selecciona el producto recogido, y se envasa para su posterior distribución a los diferentes comercios. Se trata de lugares que cuentan con un gran número de trabajadores/as, lo que impacta directamente en el Alcance 3 de la Huella de Carbono, asociado al combustible empleado por los vehículos de los/as trabajadores/as para llegar a su lugar de trabajo. En el caso de las empaquetadoras estudiadas en la isla de Gran Canaria, todas cuentan con transporte colectivo proporcionado por la empresa, del que hace uso aproximadamente la mitad de la plantilla en todos los casos. Respecto a la gestión de residuos, que también computa en el Alcance 3, se cuenta con numerosos trayectos debido a la retirada de residuos orgánicos, así como de cartón y residuos provenientes de la ganadería (solo en algunos casos).

Con respecto a la Huella Hídrica, solamente se ha contabilizado el ámbito de la Huella Hídrica Azul en este caso, es decir,

la cantidad de agua potable consumida por la instalación empaquetadora para dar el servicio correspondiente.

Los resultados de la Huella de Carbono y la Huella Hídrica de las diferentes empaquetadoras estudiadas en las Islas Canarias se presentan a continuación:

**Tabla 11. Huella de Carbono y Huella Hídrica de Empaquetadora de Tomates en Arinaga (Gran Canaria). Año 2019**

<b>Resumen huella de carbono de la Empaquetadora de Arinaga en 2019</b>			
Alcance 1	Emisiones Instalaciones fijas	11,22	t CO <sub>2</sub> eq
	Vehículos	0,00	t CO <sub>2</sub> eq
Alcance 2	Emisiones Instalaciones fijas	103,24	t CO <sub>2</sub> eq
Alcance 3	Vehículos	5.049,90	t CO <sub>2</sub> eq
Subtotal	Alcance 1	11,22	t CO <sub>2</sub> eq
	Alcance 2	103,24	t CO <sub>2</sub> eq
	Alcance 3	5.049,90	t CO <sub>2</sub> eq
Huella de Carbono	Total	5.164,36	t CO <sub>2</sub> eq
<b>Huella Hídrica</b>			
Agua azul	Agua potable incluida en el proceso (de no retorno)	3.086,00	m <sup>3</sup> /año
Agua verde	Agua de lluvia incorporada	0,00	NSNC
Agua gris	Agua requerida para diluir los contaminantes del proceso	0,00	m <sup>3</sup> /año
HH total		3.086,00	m <sup>3</sup> /año

**Tabla 12. Huella de Carbono y Huella Hídrica de Empaquetadora de Tomates en Arinaga (Gran Canaria). Año 2020**

<b>Resumen huella de carbono de la Empaquetadora de Arinaga en 2020</b>			
Alcance 1	Emisiones Instalaciones fijas	11,22	t CO <sub>2</sub> eq
	Vehículos	0,00	t CO <sub>2</sub> eq
Alcance 2	Emisiones Instalaciones fijas	60,74	t CO <sub>2</sub> eq
Alcance 3	Vehículos	5.049,90	t CO <sub>2</sub> eq
Subtotal	Alcance 1	11,22	t CO <sub>2</sub> eq
	Alcance 2	60,74	t CO <sub>2</sub> eq
	Alcance 3	5.049,90	t CO <sub>2</sub> eq
Huella de Carbono	<b>Total</b>	<b>5.121,86</b>	<b>t CO<sub>2</sub> eq</b>
<b>Huella Hídrica</b>			
Agua azul	Agua potable incluida en el proceso (de no retorno)	3.707,00	m <sup>3</sup> /año
Agua verde	Agua de lluvia incorporada	0,00	NSNC
Agua gris	Agua requerida para diluir los contaminantes del proceso	0,00	m <sup>3</sup> /año
HH total		3.707,00	m <sup>3</sup> /año

**Tabla 13. Huella de Carbono y Huella Hídrica de Empaquetadora de Tomates en Telde (Gran Canaria). Año 2019**

<b>Resumen huella de carbono de la Empaquetadora de Arinaga en 2020</b>			
Alcance 1	Emisiones Instalaciones fijas	14,96	t CO <sub>2</sub> eq
	Vehículos	0,00	t CO <sub>2</sub> eq
Alcance 2	Emisiones Instalaciones fijas	90,02	t CO <sub>2</sub> eq
Alcance 3	Vehículos	49.281,56	t CO <sub>2</sub> eq
Subtotal	Alcance 1	14,96	t CO <sub>2</sub> eq
	Alcance 2	90,02	t CO <sub>2</sub> eq
	Alcance 3	24.641,22	t CO <sub>2</sub> eq
Huella de Carbono	<b>Total</b>	<b>24.746,19</b>	<b>t CO<sub>2</sub> eq</b>
<b>Huella Hídrica</b>			
Agua azul	Agua potable incluida en el proceso (de no retorno)	511,00	m <sup>3</sup> /año
Agua verde	Agua de lluvia incorporada	0,00	NSNC
Agua gris	Agua requerida para diluir los contaminantes del proceso	0,00	m <sup>3</sup> /año
HH total		511,00	m <sup>3</sup> /año

**Tabla 14. Huella de Carbono y Huella Hídrica de Empaquetadora de Tomates en Telde (Gran Canaria). Año 2020**

<b>Resumen huella de carbono de la Empaquetadora de Telde en 2020</b>			
Alcance 1	Emisiones Instalaciones fijas	17,32	t CO <sub>2</sub> eq
	Vehículos	0,00	t CO <sub>2</sub> eq
Alcance 2	Emisiones Instalaciones fijas	74,68	t CO <sub>2</sub> eq
Alcance 3	Vehículos	24.081,22	t CO <sub>2</sub> eq
Subtotal	Alcance 1	17,32	t CO <sub>2</sub> eq
	Alcance 2	74,68	t CO <sub>2</sub> eq
	Alcance 3	24.081,22	t CO <sub>2</sub> eq
Huella de Carbono	<b>Total</b>	<b>24.173,22</b>	<b>t CO<sub>2</sub> eq</b>
<b>Huella Hídrica</b>			
Agua azul	Agua potable incluida en el proceso (de no retorno)	477,00	m <sup>3</sup> /año
Agua verde	Agua de lluvia incorporada	0,00	NSNC
Agua gris	Agua requerida para diluir los contaminantes del proceso	0,00	m <sup>3</sup> /año
HH total		477,00	m <sup>3</sup> /año

**Tabla 15. Huella de Carbono y Huella Hídrica de Empaquetadora de Tomates en Tijarafe (La Palma). Año 2019**

<b>Resumen huella de carbono de la Empaquetadora de Tijarafe en 2019</b>			
Alcance 1	Emisiones Instalaciones fijas	0,00	t CO <sub>2</sub> eq
	Vehículos	76,23	t CO <sub>2</sub> eq
Alcance 2	Emisiones Instalaciones fijas	120,15	t CO <sub>2</sub> eq
Alcance 3	Vehículos	1,98	t CO <sub>2</sub> eq
Subtotal	Alcance 1	76,23	t CO <sub>2</sub> eq
	Alcance 2	120,15	t CO <sub>2</sub> eq
	Alcance 3	1,98	t CO <sub>2</sub> eq
Huella de Carbono	<b>Total</b>	<b>198,36</b>	<b>t CO<sub>2</sub> eq</b>
<b>Huella Hídrica</b>			
Agua azul	Agua potable incluida en el proceso (de no retorno)	951,00	m <sup>3</sup> /año
Agua verde	Agua de lluvia incorporada	0,00	NSNC
Agua gris	Agua requerida para diluir los contaminantes del proceso	0,00	m <sup>3</sup> /año
HH total		951,00	m <sup>3</sup> /año

**Tabla 16. Huella de Carbono y Huella Hídrica de Empaquetadora de Tomates en Tijarafe (La Palma). Año 2020**

<b>Resumen huella de carbono de la Empaquetadora de Tijarafe en 2020</b>			
Alcance 1	Emisiones Instalaciones fijas	0,00	t CO <sub>2</sub> eq
	Vehículos	76,23	t CO <sub>2</sub> eq
Alcance 2	Emisiones Instalaciones fijas	86,00	t CO <sub>2</sub> eq
Alcance 3	Vehículos	1,98	t CO <sub>2</sub> eq
Subtotal	Alcance 1	76,23	t CO <sub>2</sub> eq
	Alcance 2	86,00	t CO <sub>2</sub> eq
	Alcance 3	1,98	t CO <sub>2</sub> eq
Huella de Carbono	<b>Total</b>	<b>164,21</b>	<b>t CO<sub>2</sub> eq</b>
<b>Huella Hídrica</b>			
Agua azul	Agua potable incluida en el proceso (de no retorno)	951,00	m <sup>3</sup> /año
Agua verde	Agua de lluvia incorporada	0,00	NSNC
Agua gris	Agua requerida para diluir los contaminantes del proceso	0,00	m <sup>3</sup> /año
HH total		<b>951,00</b>	<b>m<sup>3</sup>/año</b>





## 5. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

La agricultura se posiciona como el sector más demandante de recursos hídricos en el archipiélago canario. Por lo tanto, se torna indispensable, y cada vez más debido al cambio climático, una buena gestión del agua para garantizar la oferta hídrica al sector primario.

El reto de garantizar el agua potable en las Islas Canarias se dificulta en un escenario de cambio climático, donde cabe esperar una disminución del territorio disponible debido al aumento del nivel del mar, una disminución de las precipitaciones y, por lo tanto, una menor recarga natural del acuífero, un aumento de las temperaturas con sus correspondientes consecuencias en los cultivos, y un largo etcétera que nos fuerza a replantear el planeamiento territorial, el manejo del agua potable y residual, y unas prácticas agrícolas que favorezcan una adaptación a las nuevas condiciones climáticas.

Es por ello por lo que es importante el cálculo de las necesidades hídricas de los diferentes cultivos de las Islas Canarias, para ser lo más eficientes posible en lo que a riegos respecta. Paralelamente, es importante que las administraciones pertinentes se anticipen a la futura situación climática del archipiélago, para poder tomar medidas relevantes y eficaces que permitan al sector primario adaptarse paulatinamente a las futuras condiciones territoriales, hídricas y térmicas.

En el ámbito agrícola, por lo tanto, se requiere de medidas individuales y colectivas para lograr un ahorro hídrico dentro del sector. Desde el punto de vista colectivo, es decir, en lo que a las redes de distribución de agua respecta, habría que considerar lo siguiente:

- Mejorar el mantenimiento y la conservación de las redes de abastecimiento de aguas, en ocasiones envejecidas, y responsables por ende de grandes pérdidas de agua potable que no llegan al cliente final
- Monitorizar las redes de abastecimiento, para ser más ágiles a la hora de corregir las pérdidas en las redes y evitar el derroche hídrico
- Buen planeamiento hídrico en las Islas, para ser lo más efectivos posible a la hora de tratar, conservar y mantener los recursos hídricos subterráneos y superficiales

En el ámbito individual, es decir, a nivel del agricultor/a en su finca o explotación, se deberían cuidar los siguientes aspectos:

- Seleccionar la mejor forma de riego en cada caso
- Realizar un estudio pormenorizado de las necesidades hídricas del cultivo, para elegir la forma y cantidad de riego más adecuada en cada caso
- Monitorizar la red para detectar roturas y pérdidas rápidamente

## 6. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Álvarez De la Paz, F., Reyes J., L., & Gómez G., A. (2005). Manual Básico de Viticultura Tacoronte - Acentejo. In *Tacoronte, España*. (Vol. 1). <http://www.tacovin.com/dota/Active/pdf/viti.pdf>
- Arevalo, C. B. M., Bhatti, J. S., Chang, S. X., & Sidders, D. (2011). Land use change effects on ecosystem carbon balance: From agricultural to hybrid poplar plantation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 141(3-4), 342-349. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.013>
- Bechtel, B. (2016). The climate of the canary Islands by annual cycle parameters. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 41(July), 243-250. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B8-243-2016>
- Bijlsma, L.; Ehler, C.N.; Klein, R.J.; Kulshrestha, S.M.; McLean, R.F.; Mimura, N.; Nicholls, R.J.; Nurse, L.A.; Pérez Nieto, H.; Stakhiv, E.Z.; Turner, R.K; Warrick, R. A. (1995). Coastal Zones and Small Islands. In Cambridge University Press (Ed.), *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 289-324).

- Bijlsma, L., Ehler, C. N., Kulshrestha, S. M., Mclean, R. F., Mimura, N., Nicholls, R. J., Nurse, L. A., Stakhiv, E. Z., Turner, R. K., & Warrick, R. A. (1995). Coastal Zones and Small Islands. *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses, December 2013*, 289–324.
- Bleching, P., Cader, C., Bertheau, P., Huyskens, H., Seguin, R., & Breyer, C. (2016). Global analysis of the techno-economic potential of renewable energy hybrid systems on small islands. *Energy Policy*, 98, 674–687. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.043>
- Bot, A.; Benites, J. (2005). *The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food production*. FAO Soils Bulletin.
- CES Canarias. (2008). La importancia de la agricultura y la ganadería en las Canarias del Siglo XXI. In *Informe Anual* (p. 86).
- Dorta Antequera, P. (2015). Catálogo de riesgos climáticos en Canarias: amenazas y vulnerabilidad. *Geographica*, 51, 133. [https://doi.org/10.26754/ojs\\_geoph/geoph.2007511118](https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2007511118)
- FAO. (2020). *The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture*.
- García-Rodríguez, J. L., García-Rodríguez, F. J., & Castilla-Gutiérrez, C. (2016). Human heritage and sustainable development on arid islands: The case of the Eastern Canary Islands. *Island Studies Journal*, 11(1), 113–130.
- Gruber, N., & Galloway, J. N. (2008). An Earth-system perspective of the global nitrogen cycle. *Nature*, 451(7176), 293–296. <https://doi.org/10.1038/nature06592>
- Haan, C.D.; Steinfeld, H.; Blackburn, H. D. (1997). *Livestock & the environment: finding a balance*.
- Hoekstra, A.Y.; Chapagain, A.K.; Aldaya, M.M.; Mekonnen, M. M. (2012). *The Water Footprint Assessment Manual*. Earthscan.

- Iglesias, G. . C. R. (2011). Wave resource in El Hierro - an island towards energy self-sufficiency. *Renewable Energy*, 36, 689–698. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.08.021>
- IPCC. (1997). *Introducción a los Modelos Climáticos simples utilizados en el segundo informe de evaluación del IPCC*.
- IPCC. (2013). *Cambio Climático 2013. Bases físicas* (p. 34). <http://www.climatechange2013.org/>
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability* ( and L. L. W. Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy S. MacCracken, P.R. Mastrandrea (ed.)). Cambridge University Press.
- Janet Gil, M., María Soto, A., Iván Usma, J., & Darío Gutiérrez, O. (2012). *Emerging contaminants in waters: effects and possible treatments* *Contaminantes emergentes em águas, efeitos e possíveis tratamentos*. 7(2), 52–73. <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
- Khel, T.; Vopravil, J.; Vrabcová, T. (2010). Půda a abnormální klimatické jevy. *Vesmír*, 89(553).
- Lal, R. (2020). Food security impacts of the “4 per Thousand” initiative. *Geoderma*, 374(114427). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114427>
- Leyva, S., Cruz-Pérez, N., Rodríguez-Martín, J., Miklin, L., & Santamarta, J. C. (2022). Rockfall and Rainfall Correlation in the Anaga Nature Reserve in Tenerife (Canary Islands, Spain). *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s00603-021-02762-y>
- McCool, D.K.; Williams, J. D. (2008). Soil erosion by water. *Encyclopedia of Ecology*, 3284–3290.
- McMichael, A.J.; William Powles, J.; Butler, C.D.; Uauy, R. (2007). Food, livestock production, energy, climate change, and health. *Lancet*, 370, 1253–1263. <https://doi.org/10.1016/S0140->

6736(07)61256-2

- Miola, A., Marra, M., & Ciuffo, B. (2011). Designing a climate change policy for the international maritime transport sector: Market-based measures and technological options for global and regional policy actions. *Energy Policy*, 39(9), 5490–5498. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.05.013>
- Navalpotro, J. A. S., Cantos, J. O., Quiroga, F. G., & Pérez, M. S. (2012). Huella hídrica de España y su diversidad territorial. *Estudios Geográficos*, 73(272), 239–272. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201209>
- ONU. (1992). *Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*.
- Perdomo Molina, A. C. (2015). *Los sistemas tradicionales de recolección de agua de Canarias: las gavias y los nateros* (pp. 89–101). La sociedad, la agricultura y el suelo.
- Pestana, G.; Febles, M.; de la Rosa, B. (2015). *La agricultura canaria a principios del siglo XXI. Análisis de los mapas de cultivo*.
- Ritter, A., Regalado, C. M., & Guerra, J. C. (2015). Quantification of fog water collection in three locations of tenerife (Canary Islands). *Water (Switzerland)*, 7(7), 3306–3319. <https://doi.org/10.3390/w7073306>
- Rodríguez Gómez, L. E. (2006). Estudio actualizado de la situación del aprovechamiento de aguas depuradas en la macaronesia. In *Estudio Actualizado de la Situación del Aprovechamiento de Aguas Depuradas en la Macaronesia* (p. 67). Aquamac.
- Rogé, P., & Astier, M. (2015). Changes in climate, crops, and tradition: Cajete maize and the rainfed farming systems of Oaxaca, Mexico. *Human Ecology*, 43(5), 639–653. <https://doi.org/10.1007/s10745-015-9780-y>
- Ruiz-Rosa, I.; García Rodríguez, J. L.; Castilla Gutiérrez, C.; Santamarta Cerezal, J. C.; Antonova, N. (2019). *Agua y turismo*

*Referencias y bibliografía recomendada*

*en Tenerife: producción, gestión y consumo*. Universidad de La Laguna.

- Sommaruga, R., & Eldridge, H. M. (2021). Avocado Production: Water Footprint and Socio-economic Implications. *Euro-Choices*, 20(2), 48-53. <https://doi.org/10.1111/1746-692X.12289>
- UNCTAD. (2018). 50 Years of Review of Maritime Transport, 1968-2018: Reflecting on the past, exploring the future. *50 Years of Review of Maritime Transport, 1968-2018: Reflecting on the Past, Exploring the Future*, 812, 86p.





# AUTORES

## **Noelia Cruz Pérez**

*Doctora en Desarrollo Regional por la Universidad de La Laguna*



Graduada en Ingeniería de Edificación, Ingeniería Civil e Ingeniería Agrícola por la Universidad de La Laguna (ULL). Master en Tecnología y Gestión del Agua por la Universidad Politécnica de Cataluña y Master en Desarrollo Regional por la ULL.

Participa en diversos proyectos europeos relacionados con el medioambiente y la gestión eficaz de los recursos en las Islas. Experiencia en el cálculo de la huella de carbono y la huella hídrica en diferentes instalaciones, con publicaciones internacionales y aportaciones a Congresos.

Gestión y colaboración con una amplia red de expertos nacionales e internacionales. Preparación de documentación de memorias de proyectos internacionales a nivel técnico, así como gestión de la relación con socios y expertos, redacción de acuerdos de colaboración, etc.

Cuenta con 44 publicaciones científicas, entre las que se encuentran artículos, libros, capítulos de libro y aportaciones a Congresos nacionales e internacionales.

## **Juan Carlos Santamarta Cerezal**

*Doctor Ingeniero de Montes*



Doctor en Ingeniería Hidráulica y Energética por la UPM en la ETSICCP y Doctor con mención internacional en Geología Aplicada y Ambiental por la Universidad de León en la Escuela Técnica y Superior de Ingenieros de Minas. Ingeniero Civil, Ingeniero en Recursos Energéticos e Ingeniero Técnico de Minas por la UPM. Profesor de la Universidad de La Laguna desde el año 2008, fue científico colaborador del Water Resources Research Center (WRRC) de EE.UU. Profesor Visitante de la George Mason University, College of Science, Virginia, EE.UU. Investigador colaborador del Instituto Universitario del Agua y las Ciencias Ambientales (IUACA) de la Universidad de Alicante e investigador adscrito al Instituto del Agua de la Universidad de Barcelona. Profesor del programa de doctorado en Ingeniería y Gestión del Medio Natural y del Programa en Investigación, Modelización y Análisis del Riesgo en Medio Ambiente ambos en la UPM. Su actividad investigadora se resume en 294 publicaciones científicas (86 artículos científicos y técnicos, 86 capítulos de libros, 29 libros editados, 83 congresos nacionales e internacionales) relacionadas con el agua y el medioambiente en las islas volcánicas. Ha participado en 42 proyectos de investigación (autonómicos, nacionales e internacionales) siendo IP en 31 de ellos. Ha dictado más de 30 asignaturas relacionadas con el agua, el medioambiente, la ingeniería civil e industrial.

Más de 150 seminarios y cursos impartidos relacionados con el agua en diferentes universidades españolas y europeas, ha dirigido más de 100 cursos de verano, de extensión universitaria y cursos técnicos profesionales. Decano del Colegio Oficial de Ingenieros de Montes en Canarias (2010-2022). Premio en Innovación Docente en 2013 (menciones de calidad en 2012, 2014 y 2015). Premio de Investigación de Canarias en materia de ingeniería civil «Agustín de Betancourt» 2018. Premio a la Exce-lencia en la Internacionalización en 2021. Premio del Consejo Social de la ULL a la Mejor Práctica en Internacionalización 2022. 20 años de experiencia profesional como Ingeniero en diferentes empresas privadas.

## **Carlos Álvarez Acosta**

*Doctor Ingeniero Agrónomo*



Obtuvo la titulación de Ingeniero Agrónomo por la Universidad de La Laguna en el año 2007. En Agosto del año 2008 realizó un máster en la Universidad de Wageningen en los Países Bajos, donde investigaba cuestiones relativas al manejo del suelo y la erosión. Pudo, en ese tiempo, hacer una estancia en el departamento de agricultura de EEUU (USDA). Posteriormente comenzó el doctorado en la Universidad de La Laguna sobre el aguacate (*Persea americana*) y su reacción a estreses abióticos como encharcamiento y tratamientos salinos y salino-alcalino. Además, durante dos cursos impartió clases, en la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, en la Sección de Ingeniería Agraria de la Universidad de La Laguna.

Desde el año 2019 trabaja como investigador en el Departamento de Producción Vegetal en Zonas Tropicales y Subtropicales del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA). Sus investigaciones se basan en eficiencia de riego y aspectos agronómicos en cultivos tropicales, sobre todo, aguacate y platanera. Colabora con otros departamentos del mismo centro en investigaciones sobre plagas, ayudando en la parte del procesado de datos. Colabora también con empresas del sector privado, como ASPROCAN. En el ámbito de producción científica, cuenta con más de 25 publicaciones entre artículos científicos, informe científico-técnicos y asistencias a congresos.







**Gobierno  
de Canarias**

Consejería de Transición Ecológica  
Lucha por el Cambio Climático  
y Planificación Territorial



9 788409 447848