



Erasmus+

Manual de acuaponía

y otros métodos de producción sostenibles

Cooperación Internacional



FISH
Farmers
Innovation
Science
Hub



AUTORES DE ESTE MANUAL:

IMAGINA, Educación y Ocio, S.L. – Rodrigo Carlos Rodríguez García y Álvaro Ruiz Hidalgo
| **APS WE DO FABLAB** – Massimiliano Ferré, Alice Briola y Gabriele Sasso | **Associação Terra Maronesa** -Duarte Gomes Marques y Marco André de Almeida Fernandes-.

Con la colaboración de **Asociación Plantío Chinampa** -Pepe Lobillo Eguíbar y Juan Manuel Selma- y **Edintra Consulting S.L.** -Luis Miguel Sanabria Lucena-.

ENTIDADES PARTICIPANTES:



Cofinanciado por
la Unión Europea

El proyecto “FISH Farmers Innovation Science Hub” está cofinanciado por la Unión Europea. Las opiniones y puntos de vista expresados en esta publicación sólo comprometen a sus autores y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea ni los del Servicio Español para la Internacionalización de la Educación (SEPIE). Ni la Unión Europea ni la Agencia Nacional SEPIE pueden ser considerados responsables de ellos.

ÍNDICE

1.	Proyecto Erasmus+ FISH y el presente manual.....	4
1.1.	Proyecto Erasmus+ FISH Farmers Innovation Science Hub.....	4
1.2.	Entidades colaboradoras en el Proyecto FISH.....	6
1.3.	Estructura del presente manual.....	9
1.4.	Quién puede utilizar este manual.....	10
2.	La producción sostenible de plantas y peces en Europa.....	12
2.1.	El desarrollo sostenible y su vinculación con la producción sostenible de plantas y peces....	12
2.2.	Los principios de la agricultura sostenible, la hidroponía y la acuaponía.....	14
2.3.	Ejemplo de buenas prácticas en Europa.....	19
3.	Creación de un sistema acuapónico.....	30
3.1.	¿Cómo es una instalación acuapónica básica?.....	33
3.2.	Antes del montaje de una instalación acuapónica.....	34
3.3.	Montaje de la instalación acuapónica.....	47
3.4.	Después del montaje de la instalación.....	49
3.5.	Recomendaciones finales.....	66
4.	Agricultura Agroecológica y Pastoreo Extensivo.....	67
4.1.	Principales desafíos.....	68
4.2.	Estrategias de implementación.....	69
4.3.	La ganadería extensiva como parte de la solución climática.....	71
4.4.	Casos prácticos destacados.....	74
4.5.	Lecciones aprendidas.....	78
5.	Creación de sistemas de cultivo innovadores y monitoreo ambiental con tecnologías de código abierto.....	80
5.1.	Construcción de un Wicking Bed.....	80
5.2.	Prototipo de wicking bed en miniatura (germinador de plantas).....	88
5.3.	Sistema de monitoreo ambiental con Micro:bit (estación meteorológica DIY).....	90

1. Proyecto Erasmus+ FISH y el presente manual

Este manual es una guía que pueda servir para mejorar la producción sostenible de plantas y peces y es fruto de la colaboración de las diferentes entidades que han participado en el Proyecto ERASMUS+ KA210 FISH.

En este manual puedes encontrar contenidos teóricos y prácticos para poder mejorar la producción agroganadera y complementarla con la producción de peces. Puede leerse en su totalidad o por separado, de forma que este manual prioriza la facilidad en su uso, al igual que está dirigido para todo tipo de personas, ya muestren un interés personal y quieran iniciar estas iniciativas para su autoconsumo o desde un punto de vista profesional, tanto como productor o como si forma parte de una entidad educativa y vinculada con la sostenibilidad.

1.1. Proyecto Erasmus+ FISH Farmers Innovation Science Hub.

Farmers Innovation Science Hub (FISH) es un proyecto ERASMUS+ KA210 cuyo objetivo principal es promover la sostenibilidad ambiental y la seguridad alimentaria mediante la mejora de la eficiencia de los recursos -principalmente agua- a través de la implementación de nuevas técnicas que combinan métodos tradicionales con nuevas técnicas y tecnologías (hidroponía, acuaponía, sensores electrónicos, etc.).

De esta forma, se persigue mejorar la producción vegetal con el cultivo de peces a través de los siguientes objetivos:

- ✓ Promover oportunidades de aprendizaje y el desarrollo de conocimientos y habilidades en adultos.
- ✓ Proporcionar herramientas prácticas para la mejora del cultivo de plantas y peces.
- ✓ Contribuir a la protección y conservación del medio ambiente.
- ✓ Incrementar la resiliencia de las personas y comunidades mediante la implementación de sistemas productivos sostenibles y que mejoren la seguridad alimentaria.

A través de una serie de recursos y herramientas pedagógicas, se busca desarrollar y potenciar una serie de habilidades verdes, de mejora de la producción sostenible de plantas y peces, al tiempo que se optimizan los recursos.

De esta forma, el proyecto pretende conseguir una adaptación mejor y potenciar la lucha contra el cambio climático y la sequía a la vez que se favorece y fomenta el desarrollo comunitario gracias a las sinergias y colaboraciones que se generan.

El Proyecto está dirigido a personas adultas que residen en la Unión Europea, preferentemente en los países de España, Portugal y de Italia.

En este sentido, se diferencian **dos grupos objetivos** atendiendo a diferentes perfiles de personas adultas:

- **Personas con experiencia y conocimientos** que ya desarrollan iniciativas de producción con finalidades educativas, de ocio y/o de autoconsumo y que forman parte de un colectivo (como una asociación de hortelanos o sociocultural), institución (como centros educativos o universidad) o posee una actividad profesional (agricultores y ganaderos de producción extensiva).
- **Personas interesadas a título individual** y en un ámbito o escala doméstica. Son personas que poseen más o menos conocimientos y experiencia en iniciativas de autoconsumo.

El grupo prioritario del proyecto es el primero.

A través de una metodología participativa, se realizaron una serie de acciones formativas, de investigación e intercambio de conocimientos a lo largo del año 2025 de las que son fruto este manual.

Como el proyecto plantea la continuidad en el tiempo, se invita a visitar su web www.hidroedulab.eu para seguir informado sobre el mismo.



1.2. Entidades colaboradoras en el Proyecto FISH.

A continuación, se muestra una breve descripción de las entidades que han colaborado en el proyecto.

1.2.1. España

IMAGINA, Educación y Ocio, S.L.

Fundada en 2005, es una consultora andaluza especializada en programas educativos y de formación, campañas de fomento de la participación y proyectos ambientales. La principal línea de trabajo es la realización de actividades educativas y formativas con personas de todas las edades, desde Educación Infantil y Primaria a personas mayores, pasando por jóvenes que estudian en institutos y universidades.

Trabaja la sostenibilidad, el enfoque STEAM y la sensibilización ambiental en huertos educativos y comunitarios de una manera práctica, a través del cultivo de plantas y peces, entre otras acciones, como pueda ser aprender a compostar los residuos orgánicos.

IMAGINA está especializada en la dinamización social, involucrando entidades públicas con colectivos, empresas y asociaciones, trabajando además en zonas urbanas de transformación social. Destaca en el ámbito de la educación ambiental, promoviendo la economía circular, el ahorro de agua, una producción sostenible, etc.

Asociación Plantío Chinampa

Plantío Chinampa es una organización que se dedica al estudio y a la promoción de la acuaponía y de otros sistemas de producción sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Entre sus miembros cuenta con investigadores y profesores de la Universidad de Sevilla.

Su nombre evoca las chinampas, un antiguo sistema mesoamericano de cultivo en islotes flotantes utilizado por civilizaciones prehispánicas para expandir el territorio cultivable en lagos (como en Xochimilco, México). La asociación adapta estos principios a contextos modernos, especialmente en España, de manera que está centrada en la investigación y difusión de la acuaponía, y en el desarrollo de otros sistemas de producción sostenibles. Su objetivo es producir de manera que se reduzca el impacto ecológico.

Para ello, organizan talleres prácticos dirigidos a particulares, agricultores y educadores, y colaboran en programas formativos para escuelas y centros, utilizando la acuaponía para enseñar biología, sostenibilidad y economía circular.

Desarrollan proyectos acuapónicos ornamentales, con sistemas decorativos para hogares o espacios públicos que integran peces y plantas, como los que se encuentran en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agrónoma (ETSIA) de la Universidad de Sevilla; educativos, para usar la acuaponía como herramienta didáctica en colegios e institutos, como el IES Joaquín Romero Murube, de Sevilla; o familiares, con diseños accesibles para autoconsumo en hogares o comunidades, promoviendo la soberanía alimentaria, como el proyecto “El Milagro de los Peces” realizado en el Polígono Sur de Sevilla.

Oficina del Parque del Alamillo

El Parque del Alamillo es un espacio natural que se encuentra en una zona verde de los términos municipales de Sevilla y Santiponce, Andalucía. Desde su oficina operativa, perteneciente a la Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda de la Junta de Andalucía, se gestionan los recursos naturales del parque al tiempo que se realizan numerosas actividades educativas, culturales, deportivas, lúdicas y solidarias.

El Parque es un lugar de encuentro y abierto para todo tipo de personas y colectivos.

Torreblanca Verde

Torreblanca Verde es una iniciativa de carácter ecológico y social nacida desde el Grupo TAR de la Escuela Politécnica de Ingenieros de la Universidad de Sevilla y el Centro Cívico Juan Antonio González Caraballo de Torreblanca en colaboración con las asociaciones y vecinos y vecinas del barrio, uno de los más pobres de Sevilla. Se trata de un movimiento transformador en la concepción de sus espacios para mejorar su imagen y a su vez la percepción de sus vecinos y visitantes en relación al medio ambiente.

Todas las actuaciones promovidas desde esta iniciativa avalada por el Grupo TAR, el Centro Cívico y por supuesto por los propios vecinos y vecinas, se han realizado con el objetivo de contribuir en la medida de lo posible, a la mejora de sus espacios públicos sin depender de las administraciones públicas, sino que puedan realizarse desde la participación vecinal y la colaboración de entidades interesadas del y en el barrio de Torreblanca.

1.2.2. Italia

APS We Do FabLab

We Do FabLab es un laboratorio de fabricación compartido e innovación social situado en Omegna (Italia), nacido para promover prácticas sostenibles, inclusivas y participativas en el campo de la educación y la tecnología. La asociación opera como

plataforma de colaboración entre la escuela, la ciudadanía y el territorio, con un fuerte compromiso con la sostenibilidad ambiental, la inclusión social y la transición digital.

En el contexto de la sostenibilidad, la asociación We Do experimenta y promueve soluciones ligadas a la economía circular, la autoproducción, el uso consciente de los recursos naturales (como en el caso de proyectos de hidroponía y biomateriales), integrando tecnologías de bajo impacto y recorridos educativos respetuosos con el medio ambiente.

En el frente de la inclusión, la asociación desarrolla actividades intergeneracionales e interculturales que involucran a jóvenes, ancianos y personas con menos oportunidades, utilizando la creatividad y la manualidad como herramientas de participación activa y acceso a la cultura digital.

Finalmente, We Do está fuertemente comprometida con la transición digital, ofreciendo recorridos formativos en el ámbito de la fabricación digital, la programación, la inteligencia artificial aplicada a la educación, y la realización de prototipos con herramientas como Arduino, Micro:bit y la impresión 3D. De esta forma, la tecnología se utiliza como palanca para la ciudadanía activa y la innovación educativa.

Pro Senectute ODV

La asociación Pro Senectute, se ocupa desde hace 45 años del voluntariado al servicio de la tercera edad activa y de la "comunicación" entre generaciones. Su misión es promover el envejecimiento activo a través del voluntariado y de iniciativas de sensibilización cultural. Gracias a un acuerdo con el Ayuntamiento de Omegna, la asociación gestiona el espacio "*Oasi della Vita*". En este espacio hay un parque, un bar restaurante y medio centenar de huertos cultivados por ancianos o por usuarios de servicios sociales y escuelas. También dispone de infraestructuras para realizar actividades culturales, educativas y lúdicas.

VCO Formazione

VCO Formazione nace en 2003 de la unión de varias entidades formativas de la región italiana de Piamonte, ofreciendo servicios de formación, orientación y políticas activas de empleo en la región. Promueve y organiza cursos bienales y trienales para jóvenes en edad de escolarización obligatoria para formarlos en diferentes empleos. También, VCO Formazione ofrece un servicio de orientación escolar y profesional cuya finalidad es apoyar el desarrollo de las competencias necesarias para que las personas definan un proyecto formativo, escolar y profesional.

De esa forma, la escuela promueve la inclusión laboral y el descubrimiento de los propios talentos y potencialidades, guiando a las personas hacia oportunidades de desarrollo personal, formativo y profesional.

1.2.3. Portugal

Associação Terra Maronesa

“*Terra Maronesa*” es una comunidad práctica portuguesa que busca, desde un enfoque holístico y sistémico, poner en valor el territorio de hábitat de la raza bovina autóctona “*Maronesa*” y un vasto patrimonio alimentario en sus diferentes aspectos económicos, culturales, sociales, ambientales y turísticos.

Nació en 2018 como respuesta a la crisis provocada por el abandono del sistema agro-silvo-pastoril tradicional, la pérdida del pastoreo y del uso del fuego técnico, lo que condujo a la invasión de matorrales, aumento del riesgo de incendios, erosión y pérdida de fertilidad y carbono del suelo. Frente a este deterioro, Terra Maronesa propone un modelo integral y moderno de gestión territorial que combina saberes tradicionales y científicos: la “*herbivoría pírica*”, una gestión sinérgica del pastoreo y del fuego controlado.

La asociación trabaja principalmente en 2 líneas de actuación: por un lado, el desarrollo local y regional a través de la promoción del bienestar y la creación de valor social, económico, cultural y ambiental del territorio; y, por el otro, el desarrollo de las capacidades cívicas, profesionales, humanas y sociales de las poblaciones.

Desarrolla su actividad en los siguientes temas: modos de producción extensivos; gestión del paisaje, secuestro de carbono y sostenibilidad ambiental; equilibrio entre personas, animales y naturaleza; ofertas complementarias de productos y servicios; gestión integrada de la actividad/negocio; colaboración y acciones colectivas; y la economía digital.

Está formada por un grupo de agricultores y, principalmente, ganaderos con experiencia en la producción sostenible y respetuosa con el entorno. Entre sus fines está la conservación de su patrimonio y el desarrollo de las capacidades cívicas, profesionales, humanas y sociales de sus miembros y de las poblaciones rurales en las que se asienta.

Terra Maronesa lidera o participa en proyectos emblemáticos como el LIFE Maronesa, Rebanhos+ y el protocolo con la REN que introduce la idea de “brigadas forestales animales” para la gestión preventiva de combustibles. Además, ha creado la Escuela de Pastores y la Casa da Pecuária, centros de formación que profesionalizan la actividad ganadera.

1.3. Estructura del presente manual.

El presente Manual de acuaponía y otros métodos de producción sostenibles se estructura en dos partes bien diferenciadas.

En la primera parte, de carácter más teórico, introduce los principios de producción sostenible de plantas y peces a través de la agricultura sostenible, la hidroponía y la

acuaponía. Poniendo, a su vez, ejemplos de buenas prácticas que actualmente se están desarrollando en Europa.

En segundo lugar, y de carácter eminentemente práctico, describe diferentes iniciativas que se pueden desarrollar. Desde una escala más doméstica y urbana, como pueda ser la creación de un germinador de semillas, una wicking bed o a crear un sistema acuapónico, a ir a una escala más profesional y extensiva como pueda ser una finca agropecuaria.

De esta manera, se ha pretendido incentivar su uso, ya sea en su conjunto o por separado adaptándose a las necesidades de cada persona interesada y su contexto.

Por último, se complementa con una serie de videos tutoriales que permiten profundizar en sus contenidos.

1.4. Quién puede utilizar este manual.

Este manual práctico está pensado para personas que estén pensando en mejorar sus sistemas de producción de plantas y animales -principalmente peces a través de la acuaponía- o empezar con este tipo de iniciativas, ya sea desde un punto de vista de autoconsumo, comercial o educativo, ya sea en un contexto urbano o rural y adaptándose a la escala que se desee, poniéndose como ejemplo un sistema que pueda abarcar el patio o jardín de una vivienda en una ciudad o una explotación agroganadera de producción extensiva. O aplicarse las iniciativas en un centro educativo para producir alimentos “y ciencia”. También, este manual puede ser utilizado en zonas o países en vías de desarrollo para mejorar la seguridad alimentaria. Gracias a la acuaponía y la hidroponía se puede proporcionar alimentos frescos y seguros en áreas donde el acceso a tierras cultivables es limitado (como puede suceder en islas o ciudades).

La acuaponía destaca por su escalabilidad. Utilizando depósitos de agua de un volumen de 1.000 litros y una superficie de cultivo de alrededor de 3 m², se pueden conseguir iniciativas muy efectivas para el autoconsumo domésticas, permitiendo la producción simultánea de diversas especies vegetales, hierbas y peces como la tilapia. Este enfoque, cada vez más difundido en foros y grupos de aficionados, es ideal para quienes desean cultivar sus propios alimentos en espacios reducidos y en contextos urbanos. O en un centro educativo o huertos comunitarios.

Sistemas acuapónicos de carácter comercial requieren una alta inversión inicial y un manejo técnico más complejo. Se ha constatado el éxito de proyectos que se han desarrollado en islas o lugares de difícil accesibilidad en los que a veces la disponibilidad de ciertos alimentos no está garantizada. O produciendo monocultivos de especies como la albahaca u otras similares que son altamente demandadas por la hostelería (como sucede, por ejemplo, en la cocina asiática).

Como el uso de un mayor número de peces puede suponer más riesgos de enfermedades y de tener que recurrir a tratamientos que utilicen antibióticos que pueden ser mortales para el filtro biológico de bacterias, en estos casos, el **sistema acuapónico puede ser desacoplado**, de forma que esa agua “contaminada” no continua el recorrido tradicional de ir hacia el filtro y el sistema de cultivo hidropónico.

2. La producción sostenible de plantas y peces en Europa.

El sistema agropecuario puede beneficiarse enormemente de la integración entre acuaponía, agricultura sostenible y buenas prácticas ganaderas. Un buen ejemplo es el aprovechamiento de los residuos orgánicos de la ganadería (como el estiércol), que pueden usarse como biofertilizantes en cultivos y sistemas acuapónicos. De igual forma, el agua rica en nutrientes procedente de la acuaponía puede emplearse para fertilizar pastizales o campos agrícolas, cerrando el ciclo de los nutrientes y reduciendo insumos externos.

La diversificación productiva, combinando producción vegetal con ganadería y pastoreo gestionado, no sólo aumenta la resiliencia del sistema frente a cambios climáticos o del mercado, sino que mejora la seguridad alimentaria y la sostenibilidad económica de las explotaciones. El manejo sostenible del pastoreo (por ejemplo, mediante técnicas rotativas) puede regenerar los suelos y estimular la biodiversidad, alineándose con los principios de la agricultura regenerativa y sostenible.

La integración de estos sistemas genera sinergias que potencian la reducción de la huella ecológica y el aumento de la resiliencia frente a desafíos ambientales, constituyendo un modelo más eficiente y estable que la agricultura y/o la ganadería tradicional.

2.1. El desarrollo sostenible y su vinculación con la producción sostenible de plantas y peces.

La producción de alimentos en el mundo se enfrenta a unas presiones sin precedentes. Algunos de los problemas y retos a los que se enfrentan los sistemas agroganaderos encargados de proveer a las cadenas alimentarias son: la escasez de los recursos naturales; la necesidad de alimentar a una población creciente; las tensiones políticas y socioeconómicas que suceden en claves locales, nacionales e internacionales; o el estrés que reciben los ecosistemas naturales, como consecuencia del impacto ambiental de las actividades humanas y los efectos del cambio climático.

En cuestiones medioambientales, desde la segunda mitad del siglo XX, la preocupación ambiental llevó a acuerdos internacionales claves. La **Conferencia de la ONU en Estocolmo de 1972** marcó el inicio de la acción ambiental global, reconociendo la degradación del entorno como asunto internacional. Informes como “**Los límites del crecimiento**” del Club de Roma (también del año 1972) alertaron sobre los riesgos de un crecimiento económico y demográfico ilimitado, subrayando la necesidad de replantear el desarrollo sostenible.

En 1987, el **Informe Brundtland** introdujo el concepto de **desarrollo sostenible**, equilibrando las necesidades presentes y futuras en los ámbitos ambiental, social y

económico. Posteriormente, le siguieron la **Cumbre de la Tierra de Río 1992 (Agenda 21)** y, más recientemente, la **Agenda 2030 de la ONU con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**.

En esta línea de producir de manera más sostenible se desarrollan buenas prácticas en los sectores agroganaderos, tales como la **producción ecológica**, y se extienden y perfeccionan otros medios de producción como la hidroponía, la acuicultura y la acuaponía, que han sido utilizadas desde la antigüedad.

La **hidroponía** es el método de cultivo de plantas en agua enriquecida con nutrientes, sin tierra. La **acuicultura** es la cría y engorde de peces y, por último, la **acuaponía** se erige como un sistema que integra a ambas.

En este sentido, la acuaponía surge como respuesta a los retos globales de sostenibilidad en la producción de alimentos. Combina la acuicultura tradicional (cría de peces) con la hidroponía (cultivo de plantas en agua) en un circuito cerrado donde los desechos de unos sirven de nutriente a otros. Antes de adentrarnos en la práctica y detallar cómo llevarla a cabo, es importante comprender su contexto sostenible y sus fundamentos biológicos.

En este marco, la acuaponía y la agricultura sostenible se presentan como soluciones prácticas innovadoras para transformar los sistemas agroalimentarios hacia una mayor eficiencia, resiliencia y respeto a los ecosistemas naturales. Estas iniciativas permiten *“vivir y producir dentro de los límites del planeta”* –tal como propuso el Club de Roma anteriormente citado– compatibilizando la producción de alimentos con la protección del medio ambiente y la justicia social. Por ejemplo, la acuaponía contribuye directamente a varios ODS de la Agenda 2030:

- **ODS 2:** Hambre cero. Facilita producción continua de alimentos frescos (incluso en zonas urbanas o con poca tierra fértil) y que proporcionan aportes de proteína animal.
- **ODS 6:** Agua limpia y saneamiento. Sus sistemas recirculantes minimizan el consumo y desperdicio de agua.
- **ODS 12:** Producción y consumo responsables. Es un modelo circular eficiente que reduce residuos y optimiza el uso de recursos.
- **ODS 13:** Acción por el clima. Disminuye emisiones de gases de efecto invernadero frente a la agricultura tradicional.
- **ODS 15:** Vida de ecosistemas terrestres. Protege suelos y biodiversidad al evitar pesticidas y fertilizantes químicos en exceso.

Además, la integración de acuaponía con otras prácticas agropecuarias (como la reutilización del agua nutritiva de acuaponía para riego en pastos) genera sinergias que reducen la huella ecológica y aumentan la resiliencia del sistema productivo. La diversificación combinando producción vegetal, cría de peces y pastoreo manejado

mejora la seguridad alimentaria y la sostenibilidad económica, regenerando suelos y biodiversidad según principios de agricultura regenerativa.

Y, por último y no menos importante, la adaptabilidad y la escalabilidad de los sistemas de producción son enormes, abarcando desde pequeños proyectos domésticos hasta grandes operaciones comerciales. Así, el tamaño de un sistema acuapónico se puede adaptar al tamaño de un balcón o un patio en un entorno urbano, o al de un huerto en un centro comunitario o en un centro educativo, empleándose en muchos casos para producir hortalizas y peces para autoconsumo. En estos casos, además de ofrecer alimentos frescos y saludables, es una herramienta para educar en sostenibilidad. A escala comercial, se han desarrollado instalaciones acuapónicas que incluso alcanzan certificaciones orgánicas y abastecen restaurantes o mercados locales.

2.2. Los principios de la agricultura sostenible, la hidroponía y la acuaponía.

2.2.1. Agroganadería sostenible: cultivos y ganado en equilibrio.

La agroganadería sostenible es la manera de producir alimentos combinando cultivos y animales para que el suelo mejore con el tiempo, el agua se use de manera racional y el bienestar animal sea real. Integra prácticas que cierran ciclos: los cultivos alimentan al ganado; el estiércol, bien manejado, vuelve al campo como abono; y los restos vegetales se compostan. Así, la zona de cultivo funciona como un ecosistema vivo *“que rinde hoy sin hipotecar el mañana”*.

Se puede desarrollar en pequeñas huertas que se complementan con animales como puedan ser gallinas, en programas de huertos y compostaje comunitario en contextos urbanos que incluyen **avicompos** –el situado en el Parque de Los Sentidos de Noáin (Navarra, España) es referente– y en fincas y explotaciones de un distinto tamaño, incluidas aquellas de numerosas hectáreas.

Se recomienda **producir bajo criterios ecológicos**, siguiendo normas reconocidas que prohíben fertilizantes y pesticidas de síntesis (usando principalmente abonos orgánicos), y que exigen bienestar animal, alimentación ecológica y sanidad preventiva. No hay que olvidar que si se quieren vender los productos como sello ecológico se requiere una certificación.

Otras opciones que son respetuosas son **la producción integrada y la producción extensiva**. En la integrada, se concibe la explotación como un conjunto coordinado: cultivos + ganado + árboles/huerta, dando lugar a una conexión de las actividades: paja → cama → compost → suelo (acolchados verdes, etc.); gallinas → control de insectos; leguminosas → nitrógeno natural. En ella, pueden usarse apoyos puntuales y racionales (trampas, feromonas, etc.), priorizándose la prevención y la eficiencia.

La producción extensiva se relaciona más a menudo con la ganadera, con rebaños que aprovechan pastos naturales y rastrojos con carga animal moderada y pastoreo rotacional (mover el ganado y dejar descansar la hierba es lo que permite rendimientos mayores y una sostenibilidad a largo plazo). Bien hecha, este tipo de producción regenera praderas, reduce incendios, mejora el paisaje, el bienestar animal y evita que los pueblos y los territorios se abandonen.

Adicional a esto, también es muy interesante introducir **los principios de la permacultura como método de diseño**, que busca sistemas eficientes, diversos y fáciles de mantener, *“pensados para durar”*. Aunque sus prácticas exceden el ámbito de este proyecto, es una herramienta útil que plantea acciones como la captación y almacenamiento de agua; la creación de pequeñas zanjas a nivel o caballones que frenen escorrentías; sistemas de captación de agua de lluvia; estanques para riego y fauna útil (los anfibios evitan posibles plagas); o la reutilización de aguas grises tratadas para regar setos, entre otras.

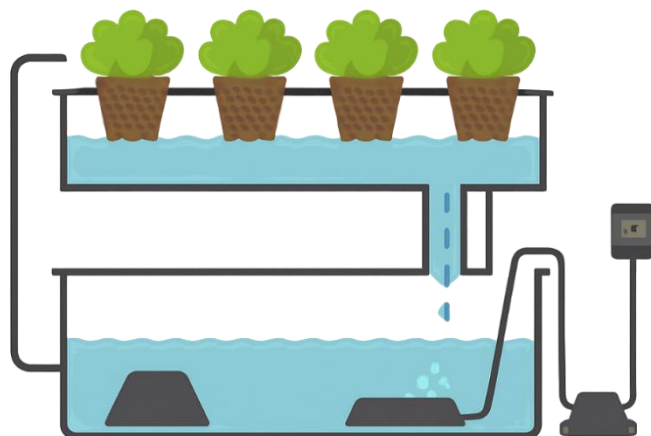
Entre las ventajas de la agroganadería sostenible destacan:

- ✓ **Suelos más fértiles y esponjosos.** El uso de compost, rotaciones y cubiertas vegetales aumenta la materia orgánica, mejora la estructura y reduce la erosión. Las raíces llegan más profundo y las plantas crecen más sanas.
- ✓ **Bienestar animal y sanidad preventiva.** Sombra, agua limpia, espacio para moverse y pastoreo planificado reducen el estrés y la necesidad de medicamentos. Se basa en la premisa de animales tranquilos, producción estable.
- ✓ **Ahorro de agua y menos contaminación.** Riegos ajustados (goteo, acolchados) y manejo correcto del estiércol y purines evitan pérdidas y escorrentías que contaminarían ríos o pozos.
- ✓ **Economía circular** en la finca. La paja es cama y luego abono, los rastrojos alimentan unas horas más, los residuos se transforman en compost. Esto se traduce en menos compras externas y más autosuficiencia.
- ✓ **Resiliencia frente al clima.** Los suelos con más vida retienen mejor la humedad en sequía y drenan más eficientemente en lluvias fuertes. Además, almacenan carbono, ayudando a mitigar el cambio climático.
- ✓ **Biodiversidad útil y menos plagas.** Los setos floridos, las asociaciones de cultivos y las rotaciones dan refugio a polinizadores y fauna auxiliar, disminuyendo la presión de plagas sin depender de químicos.
- ✓ **Calidad y confianza alimentaria.** Las prácticas limpias y trazables dan alimentos con mejor sabor y menos residuos, apreciados en venta directa y circuitos cortos.

Tal como se explica más adelante al tratar hidroponía y acuaponía, estas tecnologías pueden integrarse con un enfoque sostenible para reciclar nutrientes, ahorrar agua y complementar la producción, manteniendo siempre el objetivo principal: suelo vivo, animales sanos y alimentos de calidad.

2.2.2. Hidroponía: cultivo sin suelo.

La hidroponía es el método de cultivo de plantas en agua enriquecida con nutrientes, sin tierra. Dado que la acuaponía integra la hidroponía, es útil entender sus bases. En hidroponía, las raíces de las plantas crecen en medios inertes o sustratos que les dan soporte (como grava, arena, perlita y/o arcilla expandida) pero no aportan nutrición. Todos los nutrientes los reciben del agua en forma de solución nutritiva preparada con los elementos esenciales que la planta necesita.



Entre las **ventajas de la hidroponía** destacan:

- ✓ **Ahorro de agua:** El agua se recircula continuamente en el sistema, perdiéndose muy poco por drenaje o evaporación. Se estima que la hidroponía consume solo una fracción del agua que requeriría el riego en suelo, por lo que es ideal en regiones áridas.
- ✓ **Menos plagas y enfermedades:** Al no usar tierra, se evitan muchas plagas del suelo y patógenos asociados a éste. Los sustratos inertes vienen libres de semillas de malezas o bacterias dañinas, reduciendo la necesidad de pesticidas. Además, los sustratos pueden reutilizarse tras desinfectarlos, abaratando costos.
- ✓ **Cultivo en espacios no agrícolas:** La hidroponía permite instalar huertos en azoteas, interiores, contenedores o suelos infértiles donde la agricultura convencional no es posible. Esto abre la puerta a granjas urbanas, huertos verticales y producción local en sitios insospechados.
- ✓ **Control total sobre la nutrición:** El cultivador hidropónico controla exactamente la composición de nutrientes y el pH del agua que reciben las plantas, ajustándolos en tiempo real según las necesidades de cada etapa de cultivo. Este control fino suele traducirse en crecimientos más rápidos y rendimientos mayores comparado con tierra, donde las plantas dependen de las condiciones naturales del suelo.
- ✓ **Ausencia de malezas:** Sin tierra no hay semillas de malezas, lo que elimina el trabajo de deshierbe y la competencia por nutrientes con las plantas deseadas.

Tal como se explica más adelante, en el apartado de acuaponía, la hidroponía se convierte en hidroponía orgánica natural cuando los nutrientes provienen de los peces en lugar de disolver fertilizantes comerciales. Esto la hace aún más sostenible, pues no se añaden químicos sintéticos y se reciclan desechos biológicos.

2.2.3. La acuicultura sostenible.

La **acuicultura** es la cría controlada de organismos acuáticos (peces, crustáceos, moluscos, plantas acuáticas –como berros, o lentejas de agua para piensos–, algas –tipo wakame o nori– o cianobacterias como la espirulina) en ambientes confinados. Es una fuente fundamental de proteína animal a nivel mundial (aproximadamente la mitad del pescado consumido globalmente proviene de acuicultura), aliviando la presión sobre la pesca silvestre. Sin embargo, la acuicultura intensiva tradicional enfrenta dos grandes desafíos para ser sostenible:

- **El tratamiento del agua residual:** Los tanques de peces generan agua rica en nutrientes (efluente) que, si se descarga sin tratar, puede causar **eutrofización** (proliferación excesiva de algas) e **hipoxia** (déficit de oxígeno) en ríos y costas. Este impacto ambiental obliga a buscar métodos para depurar o reutilizar esa agua.
- **La dependencia de alimentos balanceados comerciales:** Los piensos para peces suelen estar hechos a base de harina y aceite de pescado u otros ingredientes cuyo suministro conlleva impactos ambientales (por ejemplo, sobrepesca para obtener harina, o deforestación para cultivos de soja). Esto puede convertir a la acuicultura en un sistema que resuelve un problema creando otro si no se manejan fuentes alternativas de alimento.

La acuaponía aborda creativamente el primer desafío: en lugar de ver el agua cargada de desechos como un residuo a eliminar, la **reutiliza como fertilizante para plantas**. De este modo, se evita la contaminación del medio acuático y se obtienen dos producciones con la misma agua. Es decir, la acuaponía convierte un *pasivo ambiental* (efluente de acuicultura) en un *recurso* para otra actividad (hidroponía). Esto cierra el ciclo de nutrientes: nada se desperdicia, todo se transforma.

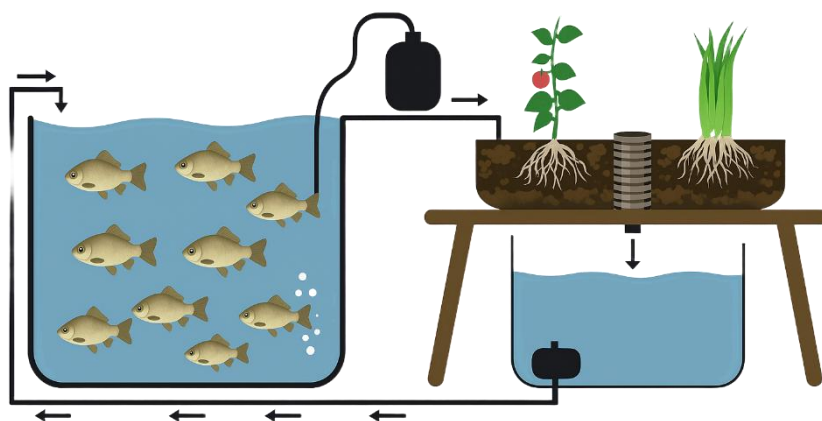
Respecto al segundo desafío, la acuaponía no lo resuelve directamente (los peces acuapónicos también necesitan alimento), pero su enfoque holístico impulsa la investigación en piensos más sostenibles e incluso la integración de sistemas como **cultivo de insectos o lombrices** que reciclan restos orgánicos en alimento para peces. Además, al ser generalmente de menor escala que las granjas acuícolas industriales, es más viable en acuaponía experimentar con alimentos caseros o locales (como vegetales, restos de cosecha, etc., dependiendo de la especie de pez).

En conjunto, la acuaponía representa una visión de acuicultura más **ecológica e integrada**, alineada con los principios de la *Economía Circular*. Al controlar la recirculación del agua y aprovechar todos los subproductos, la acuaponía minimiza la huella hídrica y química de producir pescado. **Económicamente**, tras una inversión inicial en equipos, los costos operativos son bajos y se obtienen dos cosechas (peces y plantas) en paralelo. **Socialmente**, permite la producción local de proteína y vegetales de alta calidad, incluso en comunidades rurales aisladas o en zonas urbanas marginales, mejorando la seguridad alimentaria y ofreciendo oportunidades educativas y de empleo verde. En países en desarrollo, los pequeños sistemas acuapónicos familiares pueden empoderar a mujeres y poblaciones vulnerables al proveer alimento e ingresos adicionales, reduciendo la dependencia de tierras cultivables.

2.2.4. La acuaponía.

La acuaponía es una técnica innovadora y natural que integra la cría de peces (principalmente) con el cultivo de plantas en un mismo sistema biológico. En esencia, aprovecha el ciclo natural del nitrógeno: los desechos que generan los peces (principalmente amoníaco) son transformados por bacterias en nutrientes asimilables para las plantas; a su vez, las plantas absorben esos nutrientes limpiando el agua, que retorna purificada al tanque de peces. Se crea así una relación simbiótica donde cada componente beneficia a los otros:

- Los **peces** aportan los desechos orgánicos ricos en compuestos nitrogenados.
- Las **bacterias nitrificantes** convierten los desechos tóxicos de los peces (amoníaco) en formas no tóxicas (nitratos) que nutren a las plantas.
- Las **plantas** toman esos nutrientes del agua para su crecimiento, filtrando y mejorando la calidad del agua.



En un sistema acuapónico tipo conviven, por tanto, tres protagonistas: peces, plantas y bacterias, formando un ecosistema interdependiente. En la práctica, un sistema acuapónico básico consta de:

1. **Tanque de peces** (acuicultura): recipiente donde se crían los peces, alimentados regularmente.
2. **Biofiltro** (colonia de bacterias): normalmente asociado al área de raíces o a un filtro específico con materiales porosos (como puedan ser arlitas), donde se asientan las bacterias nitrificantes encargadas de depurar el agua.
3. **Sistema hidropónico de plantas**: puede ser un lecho de cultivo con sustrato inerte, tubos con flujo de nutrientes (sistema NFT), balsas flotantes, etc., donde crecen las plantas sin suelo.
4. **Bomba de recirculación**: que envía el agua desde el tanque de peces hacia las plantas y de regreso, manteniendo el flujo constante.

Este sistema es circular y sostenible, de manera que el agua actúa como vehículo de nutrientes y se reutiliza constantemente, reduciendo drásticamente su consumo frente a la agricultura tradicional (con pérdidas sólo por evaporación, transpiración de las plantas y por la parte de agua que se incorpora en la masa de la planta en su desarrollo y crecimiento). Al eliminar el suelo, se evitan muchas plagas terrestres y se pueden cultivar alimentos en espacios reducidos (por ejemplo, en patios, terrazas o entornos urbanos) que antes se consideraban inútiles para la agricultura. Asimismo, al reciclar los desechos de los peces como fertilizante para las plantas, se minimiza el uso de fertilizantes químicos externos y la generación de residuos, haciendo de la acuaponía un método limpio y ecológico.

2.3. Ejemplo de buenas prácticas en Europa.

2.3.1. Acción COST FA1305.

COST es la abreviatura del Proyecto “*Centro de Acuaponía de la UE: Realización de una integración sostenible de peces y hortalizas*”, que se llevó a cabo entre 2014 y 2018 y cuyo objetivo principal fue fomentar el desarrollo de la acuaponía en Europa. Este proyecto hizo que se estableciera una red de colaboración científica y técnica para impulsar la acuaponía como sistema de producción sostenible.

En el proyecto COST FA1305, se investigó cómo la acuaponía puede mejorar la producción sostenible de alimentos al optimizar el uso de recursos y reducir desperdicios, destacando el papel de los microorganismos en la optimización de estos sistemas.

COST FA1305 tenía como objetivo principal fomentar el desarrollo de la acuaponía en Europa, explorando la viabilidad de estos sistemas como una alternativa sostenible a la agricultura convencional.

Entre sus objetivos específicos estaban:

- ✓ Consolidar el conocimiento existente sobre acuaponía, ampliando la red de expertos en la materia.
- ✓ Facilitar el intercambio de conocimientos entre investigadores, la industria y los responsables de políticas
- ✓ Analizar el papel de los microorganismos en la interacción entre peces y plantas.
- ✓ Optimizar la producción utilizando microorganismos beneficiosos que favorezcan el crecimiento vegetal y la salud de los peces.

Para llevarlo a cabo, se estableció una plataforma llamada **EU Aquaponics Hub** que reunió a distintos investigadores empresas y responsables políticas. Gracias a esta plataforma, la UE pasó a convertirse en un líder mundial en acuaponía.

Dentro de su labor divulgativa, se llegaron a publicar 24 artículos científicos revisados por pares (contrastado por expertos en la materia). Se generaron 17 hojas informativas con información técnica en acuaponía. Por último, se realizaron numerosos eventos de divulgación y siete conferencias internacionales.

Respecto a la formación, se crearon 7 escuelas de formación donde había alumnos de 21 países diferentes. Se realizaron numerosos vídeos educativos a las que se podía acceder en línea y se desarrollaron, en colaboración con las universidades, diversos materiales y recursos.

Para fomentar la innovación tecnológica en acuaponía, se exploraron diferentes técnicas para mejorar la eficiencia, se estudiaron soluciones para optimizar la nutrición de las plantas mediante los residuos de los peces y se analizaron los diseños de sistemas de acuaponía más eficientes.

Todo ello produjo un impacto positivo en la sociedad e industria de la UE, constatable en:

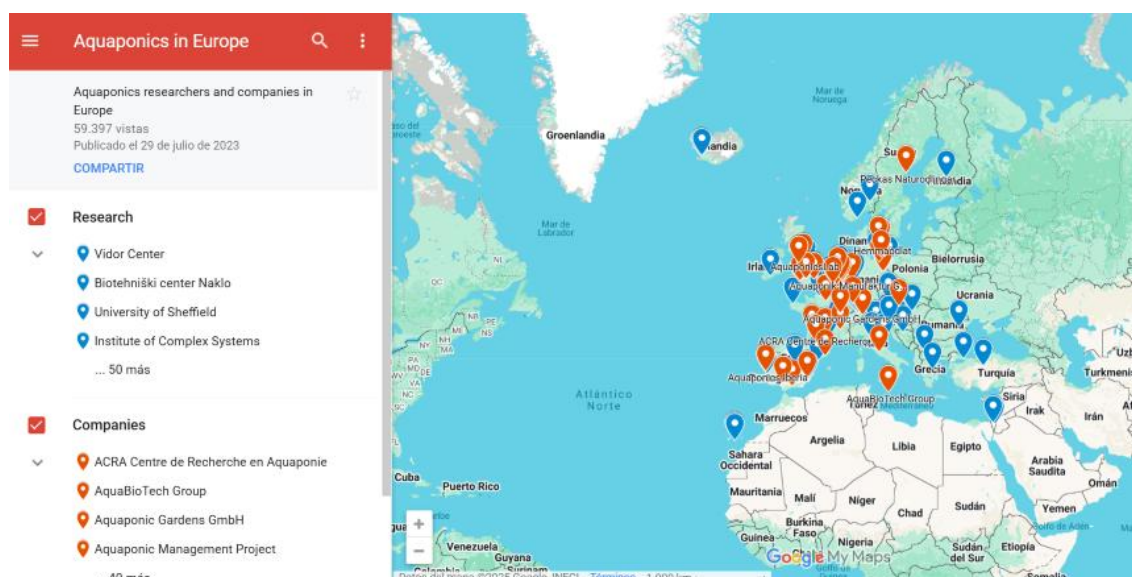
- ✓ **Desarrollo económico y nuevas oportunidades de negocio.** Se exploraron diferentes modelos de negocios para la acuaponía urbana y producción a gran escala, lo que supuso la creación de nuevas empresas acuapónicas por toda Europa. Más allá de las fronteras europeas, se promovió la acuaponía en países en desarrollo, con estudios en Asia y África.
- ✓ **Avances en regulaciones políticas.** Para regular estas nuevas políticas en acuaponía, se elaboraron recomendaciones para las normativas de la UE. Además, para poder impulsar estándares comunes, se planteó la creación de una Asociación Europea de Acuaponía. Por último, se presentaron iniciativas para apoyar la acuaponía dentro de la Política Agrícola Común.
- ✓ **Sostenibilidad y medio ambiente.** Gracias a los proyectos acuapónicos que se realizaron se ha conseguido reducir el consumo de agua y fertilizantes mediante diferentes estrategias para reducir el impacto ambiental de la producción

agrícola. También se utilizó este modelo de producción en zonas de escasez de recursos hídricos y en la agricultura urbana.

A raíz de estos resultados, se puede considerar que la Acción COST FA1305 fue todo un éxito, ya que se consiguió una expansión sin precedentes en la investigación, formación y colaboración mundial en materia de acuaponía, consolidándola como sector emergente en Europa. Este proyecto ha asentado las bases para que la UE siga desarrollando la acuaponía como una alternativa sostenible para la producción de alimentos en el futuro cumpliendo diversos puntos de los ODS.

Sin embargo, aún quedan acciones por desarrollar. Principalmente, habría que fomentar la colaboración internacional con las diferentes regiones del mundo en el uso de la acuaponía. Es imprescindible continuar con la investigación poniendo el foco en la sostenibilidad y la eficiencia. También es necesario que la UE impulse una normativa clara sobre la acuaponía. Hay que intentar reducir los costos iniciales y desarrollar incentivos financieros para facilitar la adopción de la acuaponía en la industria.

En [este mapa](#) se puede ver todos los actuales proyectos de acuaponía que se están llevando a cabo en Europa.



2.3.2. Proyecto “Oasis en el que envejecer bien”.

Financiado por la Región Piamonte en Italia, se entrelaza naturalmente con los objetivos y las prácticas del proyecto FISH, ya que ambos cuentan con el nexo común de We Do FabLab, que los promueve dentro de un proceso más amplio de innovación social y sostenibilidad ambiental. Si con FISH se exploran tecnologías accesibles para cultivos hidropónicos, acuapónicos y modelos educativos relacionados con la sostenibilidad, “Oasis en el que envejecer bien” adapta y declina esos principios en un contexto de

envejecimiento activo, promoviendo el cuidado del territorio a través de la participación de las personas mayores. En ambos proyectos, el uso consciente de los recursos naturales, el diseño compartido de los espacios y el enfoque intergeneracional representan herramientas clave para construir nuevas formas de bienestar y participación.

El proyecto se centra en el compromiso cívico y en el protagonismo de las personas mayores, que se materializa en la realización de actividades colectivas y en el desarrollo concreto de las relaciones entre generaciones. Así, se apoya en la colaboración de Pro Senectute, que gestiona 70 huertos sociales, activos desde hace décadas en la Oasi della Vita de Omegna Bagnella, administrados por sus voluntarios. Es en estos huertos donde el proyecto se propone promover prácticas agrícolas sostenibles, a través de la información y la formación en técnicas avanzadas de cultivo como la hidroponía, la acuaponía y el wicking bed.

El objetivo principal es mejorar la calidad de vida de los hortelanos, facilitando la participación activa en la comunidad a través del aprendizaje y la compartición de competencias. A los jóvenes estudiantes del itinerario agrícola de la entidad formativa VCO Formazione, se les ofrece la oportunidad de interactuar en modalidad “aprender haciendo” durante las actividades formativas y de aprender de las experiencias más ricas de sus mayores.

A través de estas acciones, el proyecto pretende:

- ✓ Informar y formar, ofreciendo sesiones formativas y talleres interactivos sobre técnicas de cultivo sostenible a personas mayores, con el foco en la hidroponía, acuaponía y wicking bed, e involucrar a los estudiantes de los itinerarios agrícolas de las escuelas locales como asistentes durante los laboratorios.
- ✓ Promover el envejecimiento activo, evidenciando cómo la participación activa en el cultivo puede mejorar el bienestar físico y mental de los mayores.
- ✓ Fomentar la experimentación práctica y el intercambio de conocimientos, mediante la organización de talleres de instalación de kits hidropónicos y wicking bed, donde los mayores están acompañados por los estudiantes para compartir competencias y experiencias, creando un ambiente de aprendizaje colaborativo.
- ✓ Favorecer el intercambio intergeneracional de conocimientos, animando a los mayores a compartir sus prácticas agrícolas tradicionales, mientras los estudiantes aportan nuevas perspectivas y competencias.
- ✓ Realizar estudios para monitorear y evaluar el impacto de las nuevas técnicas en la producción agrícola, la calidad del producto y la sostenibilidad ambiental.

En el terreno destinado a los huertos sociales, Pro Senectute tenía dos invernaderos en desuso que WeDo FabLab, junto con los estudiantes del itinerario agrícola de VCO

Formazione, han reacondicionado introduciendo 3 tipos diferentes de torres hidropónicas.

Además de las torres, los estudiantes han iniciado la implementación de **Smart Gardens**: pequeños invernaderos domésticos diseñados para cultivar plantas sin tierra, de forma automatizada. Las raíces de las plantas están siempre sumergidas en una solución de agua enriquecida con nutrientes, mientras que una pequeña bomba permite la recirculación del agua y un sistema de LED integrados simula los rayos solares.

2.3.3. Los invernaderos de los Jardines Margherita.

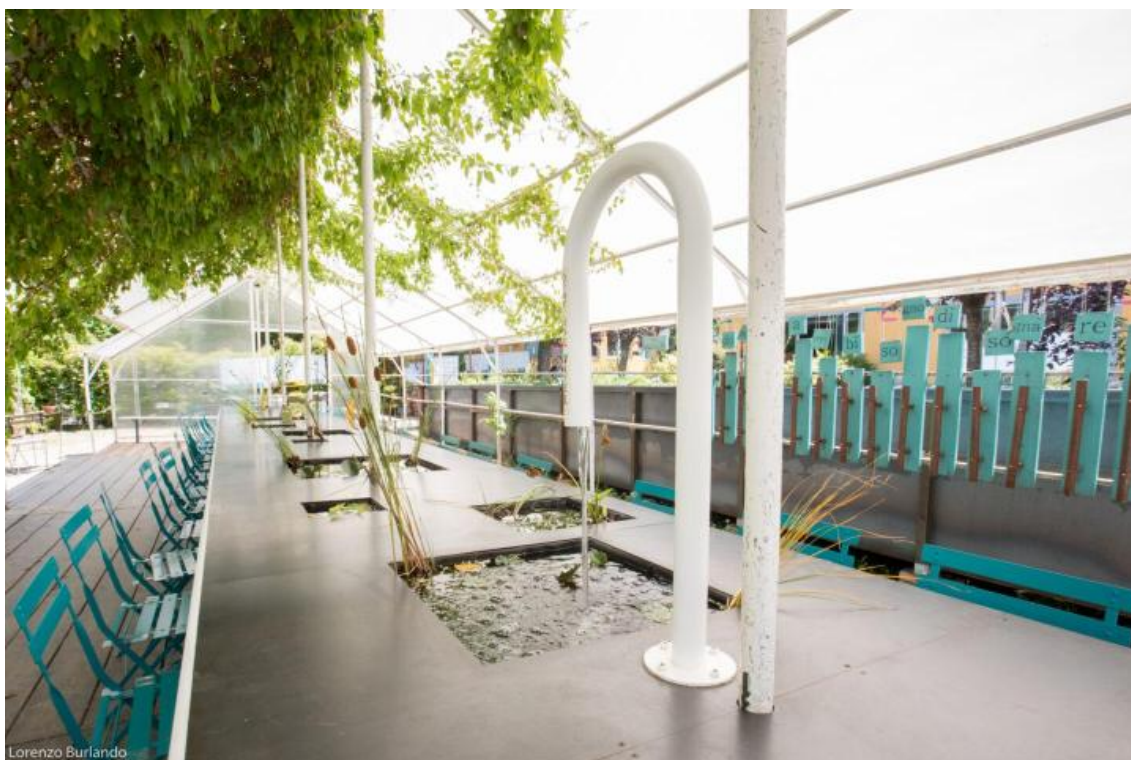
En la ciudad italiana de Bolonia, dentro del parque urbano Giardini Margherita, se encuentra “*Le Serre dei Giardini*”, o los invernaderos de los jardines, un espacio público rehabilitado y convertido en centro cultural híbrido que integra arte, emprendimiento social y agricultura urbana. Ocupa un total de 650 m² de los antiguos invernaderos municipales, restaurados gracias a la inversión de la cooperativa social Kilowatt (con apoyo de la región Emilia-Romagna).

En este entorno vibrante que combina creatividad y naturaleza, destaca Serra Madre: un invernadero y café donde las estaciones de coworking están literalmente inmersas en un sistema de acuaponía llamado Serra Orto. Es decir, emprendedores y visitantes trabajan o descansan rodeados de camas de cultivo hidropónico con peces y plantas, ejemplificando una armoniosa convivencia entre tecnología, trabajo colaborativo y ecología.



El proyecto consta de tres elementos principales:

- El estanque: Contiene 10 m³ de agua y aloja más de 200 peces entre carpas koi, gambusias, medakas, etc.
- La “mesa acuapónica”: Es el elemento que caracteriza todo el sistema y lo hace único en Italia. Está compuesto por 12 mini-estanques de diferentes dimensiones unidos entre sí por el principio de vasos comunicantes.
- Las «torres verticales»: 21 torres de 3 m de altura cada una, con 11 ranuras por torre, para un total de 231 plantas cultivables en vertical ocupando menos de 4 m² de suelo.



Las motivaciones del proyecto son:

- Reducir el impacto humano en el medio ambiente y preservar los recursos para las generaciones futuras.
- Iniciar un proceso de sensibilización hacia los nuevos sistemas de cultivo fuera de suelo.
- Experimentar una producción a “metro cero” para utilizarla en el bistró VETRO de Le Serre.
- Sensibilizar e involucrar a quienes frecuentan Le Serre, haciendo que las personas entren en contacto con el sistema, comprendan su funcionamiento y participen en su cuidado.

Este espacio abrió en 2015 y ha sido reconocido por impulsar la innovación social verde, demostrando que incluso en el centro de una ciudad histórica es posible crear un oasis donde la agricultura sostenible y la comunidad se encuentran.

2.3.4. Jardín de Nemo.

Se trata de una iniciativa innovadora ubicada en la costa de Noli, en la región de Liguria (Italia), que implica el cultivo de plantas terrestres en entornos submarinos, formando un verdadero jardín acuático. Este sistema emplea esferas llenas de aire, fijadas al lecho marino, para crecer vegetales en condiciones reguladas bajo el océano. Su impulsor es Sergio Gamberini, un buceador experimentado y apasionado por la botánica, quien concibió la idea mientras estaba de vacaciones, probando inicialmente con albahaca, un cultivo emblemático de la zona y clave en la preparación del pesto. Al envolver la planta con una barrera protectora sumergida, esta se beneficiaba de la evaporación para su riego, resultando en ejemplares con niveles elevados de antioxidantes, algo importante no sólo a nivel nutritivo sino también desde un punto de vista farmacéutico.

Tras el éxito de esta prueba inicial, el huerto alberga actualmente alrededor de 40 variedades de plantas terrestres, como tomillo, fresas, orégano y tomates cherry, todas ellas de tipo aromático y hortícola, cultivadas mediante técnicas hidropónicas.

El propósito de este proyecto va más allá de ampliar los límites del cultivo alimentario; busca hacerlo de forma sostenible, integrándose armónicamente con el medio ambiente marino. Las biosferas, denominadas domos o esferas, son construcciones transparentes infladas con aire en áreas de baja profundidad, actuando como invernaderos subacuáticos que aprovechan la temperatura constante y la humedad elevada del agua para favorecer el desarrollo vegetal.

Estas instalaciones crean un ecosistema artificial que favorece a la vida marina local, funcionando como arrecifes artificiales que proporcionan cobijo y áreas de forrajeo para moluscos, crustáceos y peces pequeños, contribuyendo así a la preservación del balance ecológico y al impulso de la biodiversidad en la zona. De hecho, su despliegue ha probado tener efectos positivos en la diversidad marina.

Cada una de estas esferas puede contener hasta 120 plantas por ciclo productivo. El enfoque de cultivo se centra en la hidroponía, ofreciendo un ambiente controlado donde el suelo tradicional se sustituye por un medio inerte, irrigado con una solución rica en nutrientes esenciales. Las plantas se desarrollan bajo una presión de 1,8 bares, que aparentemente acelera su expansión. Además, las cúpulas las resguardan de factores externos nocivos. El sistema se alimenta de energía solar para los monitores y procesos de desalinización, generando un microclima autosuficiente óptimo para el crecimiento, sin necesidad de recursos energéticos extras.

En comparación con la agricultura convencional, el “Jardín de Nemo” destaca por su superior protección contra enfermedades y parásitos, gracias al aislamiento en un espacio regulado y aislado de riesgos terrestres. Asimismo, se ha detectado que las plantas producidas allí exhiben mayores concentraciones de antioxidantes y aceites esenciales, indicando una calidad nutricional superior a la de los cultivos en tierra firme.



Ver en Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=OaQpXSYsgr4>

2.3.5. Proyecto "El milagro de los peces".

"El Milagro de los Peces" es un proyecto de acuaponía en el Polígono Sur de Sevilla, una de las zonas más empobrecidas de España, que busca capacitar a familias de esta zona para instalar en sus hogares un sistema de producción de alimentos a pequeña escala que combina la cría de peces y el cultivo de plantas. La iniciativa ha sido posible gracias a la colaboración de las asociaciones Plantío Chinampa y Verdes del Sur, además de la Universidad de Sevilla y el IES (Instituto de Educación Secundaria) Joaquín Romero Murube, ubicado en el barrio. Con él se busca la autosuficiencia alimentaria, la integración social y la capacitación de los vecinos, utilizando un prototipo que integra un tanque de peces con una bandeja superior de plantas, dando alimentos con poco consumo de agua.

El proyecto se inició en 2012 con una experiencia piloto en uno de los hogares del barrio. La instalación acuapónica que se colocó allí ha contribuido a la alimentación de toda una familia, ya que produjo 20 kilos de pescado y 60 kilos de hortalizas variadas en apenas 4 m² y con sólo 2.800 litros de agua. En 2014 fue el año de mayor participación con un total de 180 familias implicadas, todas ellas compuestas por personas con menos oportunidades y en un contexto urbano, en un barrio considerado como el más pobre de Europa.



Ver en Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=2QJCEobU2ac>

Junto a esa instalación, se colocó otra en el IES Joaquín Romero Murube para poder enseñar a los estudiantes de este centro y sus familias este sistema de producción sostenible de alimentos, de cara a que pudieran replicarlo en sus hogares.

El proyecto tiene cuatro objetivos:

- ✓ **Autosuficiencia alimentaria:** permitir a los vecinos/as de esta barriada cultivar sus propios alimentos, tanto pescado como hortalizas.
- ✓ **Integración social:** revitalizar el barrio a través de la colaboración vecinal y la creación de una comunidad de productores
- ✓ **Generar autoempleo:** demostrar la viabilidad de estos sistemas de producción de alimentos que son más económicos y sostenibles, además de ahorrar agua y energía, convirtiéndose en una salida laboral en una zona castigada por el paro.
- ✓ **Herramienta educativa:** utilizar el método como recurso educativo en la zona, tanto por su funcionalidad en los hogares como por su vertiente ambiental y sostenible.

Actualmente, en este proyecto, Plantío Chinampa sigue como asociación activa y desarrollando la acuaponía como medio educativo en el IES Joaquín Romero Murube, al tiempo que asesora a entidades y personas de todo tipo en temas acuapónicos. Fruto de su conocimiento, son gran parte de los contenidos del presente manual.

2.3.6. Sistema acuapónico de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica (ETSIA) de la Universidad de Sevilla.

Liderado por el profesor Víctor Fernández Cabanás, la ETSIA de la Universidad de Sevilla cuenta desde hace años con un sistema acuapónico en sus instalaciones. Ubicados en los invernaderos que la Escuela posee, hay hasta tres tipos diferentes de sistemas innovadores: un jardín ornamental vertical acuapónico, una wicking bed y un huerto, todo ellos NFT y basados en los modelos de la FAO.



Ver en Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=1CW9VmLW6IY>

2.3.7. Planta Acuapónica del Restaurante Sollo, en Fuengirola, Málaga (España).

En 2016, el Restaurante Sollo, del chef Diego Gallegos, ganador de 1 Estrella Michelin, se convirtió en pionero al ser el primero en autoabastecerse no sólo con verduras ecológicas sino también con el pescado que lleva a sus platos gracias a una instalación acuapónica en el propio local.

Para llevar a cabo este proyecto, contó con la colaboración de la Fundación La Caixa y de Aula del Mar, que se encargó del montaje y mantenimiento de los tanques. En total, la planta acuapónica se compone de 3 tanques de agua dulce de 5.000 litros de capacidad que producen cada uno, aproximadamente, 150 kilos anuales de pescado,

siguiendo los indicadores de la acuicultura ecológica en cuanto a densidad de animales (20 kilos/metro cúbico).

Durante la temporada de verano, en los tanques se crían especies como tilapia, bagre, varios tipos de carpas, camarones y gambas. En la temporada invernal, con la bajada de temperatura de las aguas, se introducen también esturiones, truchas y tencas.



Ver en Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=DxenQPL7WE0>

Este proyecto no es el único que está intentando fomentar la vertiente comercial de la acuaponía en la provincia de Málaga, ya que la propia Fundación La Caixa, junto Aula del Mar y el Club Gastronómico Kilómetro Cero lleva a cabo unos cursos de "Acuaponía y Cocina de Pescado Sostenible", iniciando a más de 150 estudiantes y profesionales de la cocina de la provincia de Málaga, además de a jóvenes desempleados y en riesgo de exclusión social, en las ventajas de la acuaponía y en la cocina de las verduras y pescados obtenidos con este sistema.

3. Creación de un sistema acuapónico.

La acuaponía o producción acuapónica es el cultivo conjunto de peces, o más en general de organismos acuáticos (**ACU**icultura), y de plantas sin suelo (hidro**PONÍA**), en un sistema de recirculación de agua.

ACUICULTURA



+

HIDROPONÍA

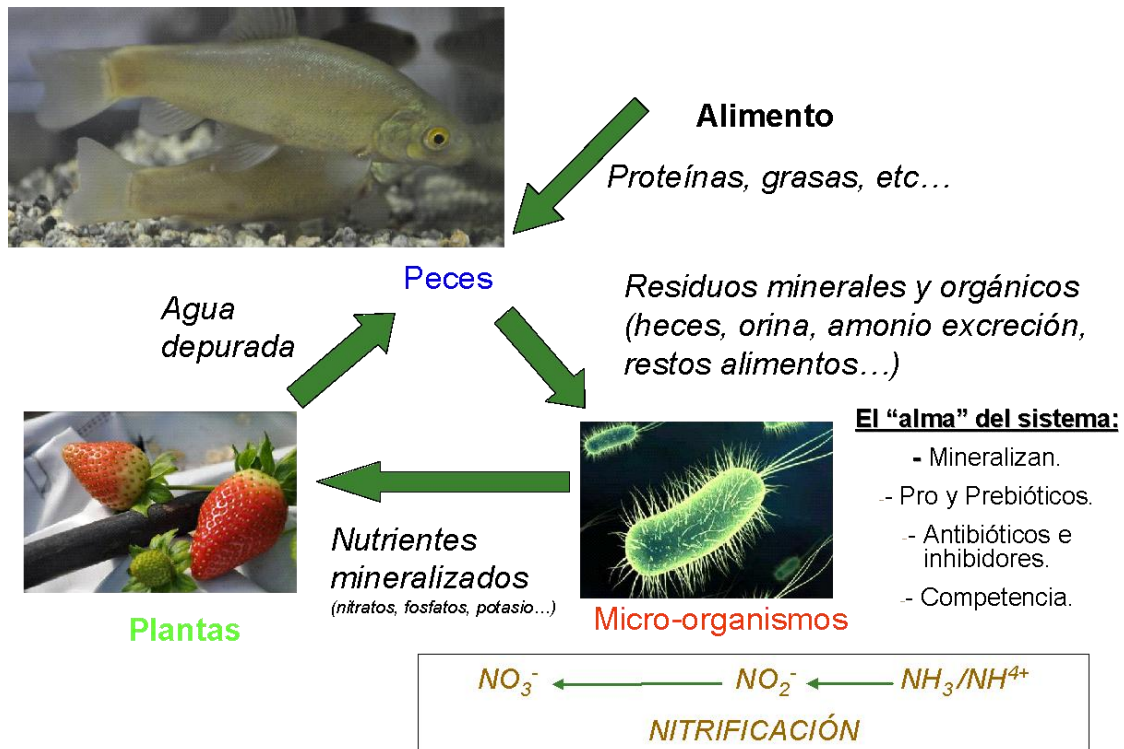


Para saber montar y manejar bien una instalación acuapónica antes hay que recordar el funcionamiento de un sistema acuapónico.

Tras alimentarse, los peces liberan al agua sus desechos y materia orgánica (orina, heces y amoníaco por las branquias los peces de agua dulce) que son transformados en sales minerales por millones de bacterias y otros microorganismos beneficiosos. Estas sales minerales son nutrientes, “comida” para las plantas, que son absorbidos por sus raíces, eliminándolas por lo tanto del agua, que vuelve limpia a los peces para volver a iniciar este ciclo. La acuaponía reproduce **el ciclo de nitrógeno** de la naturaleza, o más en general, de la mineralización de la materia orgánica, lo que permite depurar y mantener en equilibrio el agua de los ríos, arroyos y mares, y en general de los cuerpos de agua de todo el Planeta. La acuaponía reproduce este ciclo natural en condiciones controladas, produciendo además alimentos en forma de peces y plantas.

SABÍAS QUE...

Las bacterias realizan muchas reacciones químicas para descomponer los desechos procedentes de los peces y de los restos de su alimento, pero una de las más importantes es la nitrificación. Esta reacción es tan importante porque el amoníaco ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) que liberan los peces en su orina o por las branquias, es muy tóxico para los propios peces y hay que eliminarlo cuanto antes. Esto lo consiguen un tipo de bacterias, que lo transforman rápidamente a nitrito (NO_2^-). Pero el nitrito también es muy tóxico, así que otro tipo de bacterias lo transforman a nitrato (NO_3^-), que ya no es tóxico a las dosis que normalmente encontramos en el agua.



La acuaponía no es un invento nuevo, ya lo hacían los asiáticos en sus arrozales hace miles de años y los aztecas lo perfeccionaron en sus "chinampas" del valle central de México hace siglos. Hace 30-40 años se modernizó este "invento" para hacerlo más productivo, sin alterar el mecanismo básico y natural que emplea la naturaleza para depurar el agua.

La **acuaponía tiene beneficios** frente a la acuicultura y a la agricultura con suelo o sin suelo (hidroponía), como son:

- Ahorro de agua (sólo para el llenado inicial de la instalación y para reponer las pérdidas por evaporación). Menor cantidad de agua para producir 1 kg de peces y de plantas.
- No se usan fertilizantes químicos (los nutrientes disueltos en el agua proceden de la mineralización que hacen las bacterias de los desechos de los peces).
- Plantas y peces para consumo humano de alta calidad y saludables, sin residuos químicos potencialmente peligrosos (debido a que no se usan ni fertilizantes químicos, ni plaguicidas, ni antibióticos o desinfectantes).
- Bajo o nulo impacto medioambiental (el agua residual de la instalación acuapónica tiene pocos nitratos y fosfatos; y ningún residuo contaminante).
- La obtención de dos fuentes de ingresos, plantas y peces, que comparten infraestructuras y costes.
- Niveles productivos similares o superiores a la agricultura, hidroponía y acuicultura por separado.

- Menos enfermedades de peces y de las raíces de las plantas (por bacterias beneficiosas que compiten contra bacterias y hongos que causan enfermedades).

Por otra parte, **la acuaponía tiene debilidades** y aspectos a los que hay que poner especial atención, como son:

- Estudio previo para reducir al máximo los costes energéticos de la bomba de recirculación, compresores de aire y posible climatización.
- Cortes accidentales del suministro eléctrico pueden poner en riesgo todo el sistema acuapónico al detenerse la recirculación del agua que transporta los nutrientes y el oxígeno.
- Disponibilidad de especies de peces adaptadas al clima de cada país.
- Disponibilidad del alimento comercial para los peces.

Finalmente, **la acuaponía necesita formación y entrenamiento previo** en los siguientes aspectos:

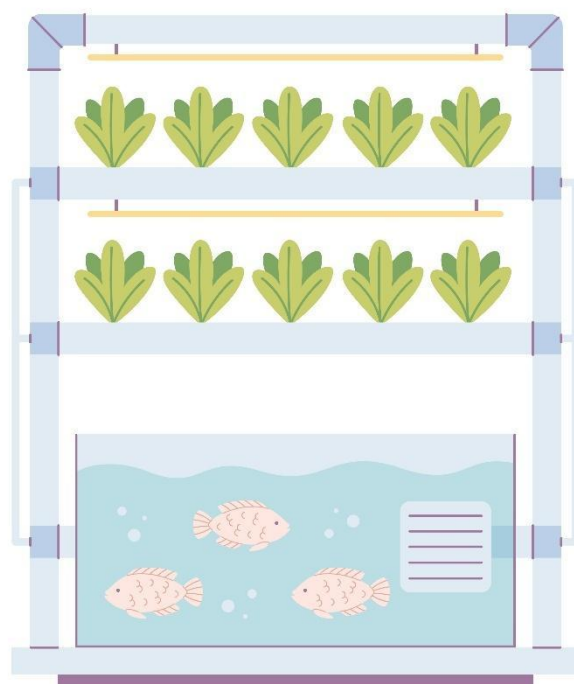
- Manejo simultáneo de los 3 grupos de seres vivos (peces, plantas y bacterias) que conviven en la instalación acuapónica, hasta conseguir un equilibrio que permita el bienestar de los tres y al mismo tiempo producciones óptimas de peces y plantas para consumo.
- Control y regulación de algunos parámetros del agua como el oxígeno, el pH, los nitratos o la temperatura.
- Control biológico y ecológico de plagas de plantas y enfermedades de los peces.
- Control de sólidos o lodos en la instalación acuapónica.

La acuaponía permite la obtención de hortalizas y peces muy saludables y de alta calidad, que en muchos países son certificados como producción sostenible y ecológica. Dada también la contaminación de muchas zonas de nuestro Planeta y lo difícil que sigue resultando en la mayoría de los casos conocer el origen de los alimentos que compramos y nos comemos, los sistemas acuapónicos así como la agricultura ecológica y otros sistemas sostenibles para el autoabastecimiento de alimentos a nivel familiar, se están convirtiendo en un medio para contribuir a la soberanía alimentaria.



3.1. ¿Cómo es una instalación acuapónica básica?

En el dibujo de la derecha se puede observar un diseño básico de una instalación acuapónica, denominado sistema de raíz flotante. Este es un ejemplo de una instalación acuapónica donde las plantas crecen en condiciones hidropónicas (sin suelo). Más adelante, en esta guía, se explican otros dos sistemas hidropónicos: el de sustrato o cama de siembra y el NFT.



En una instalación acuapónica los peces se mantienen en un depósito donde son alimentados. El agua de este depósito, cargada de sus desechos y de materia orgánica, se lleva mediante una bomba y un tubo hasta unas bandejas donde hay plantas que están creciendo con sus raíces metidas directamente dentro de diferentes sustratos (arcilla expandida, grava, ladrillos partidos, grava volcánica, etc.) por donde se va filtrando el agua. En estos sustratos anidan millones de bacterias beneficiosas que transforman la materia orgánica y desechos que lleva el agua en sales minerales (NUTRIENTES), que absorben directamente las plantas para crecer. Las raíces de las plantas absorben las sales minerales y el agua vuelve limpia por un desagüe al tanque donde están los peces, iniciando de nuevo su recirculación.

Para diseñar correctamente el sistema hay que tener en cuenta dos claves:

- La primera es buscar dentro de la instalación un lugar para los peces, un lugar para las plantas y un lugar para las bacterias, y colocar una bomba de agua recirculando el agua entre los 3 lugares conectándolos.
- La segunda clave es encontrar las proporciones (denominadas “ratio”) óptimas entre el número de peces, de plantas y de bacterias, de modo que estén en un equilibrio sano y productivo para los tres. Hablaremos de la ratio en el apartado 3.2.4 de este manual.

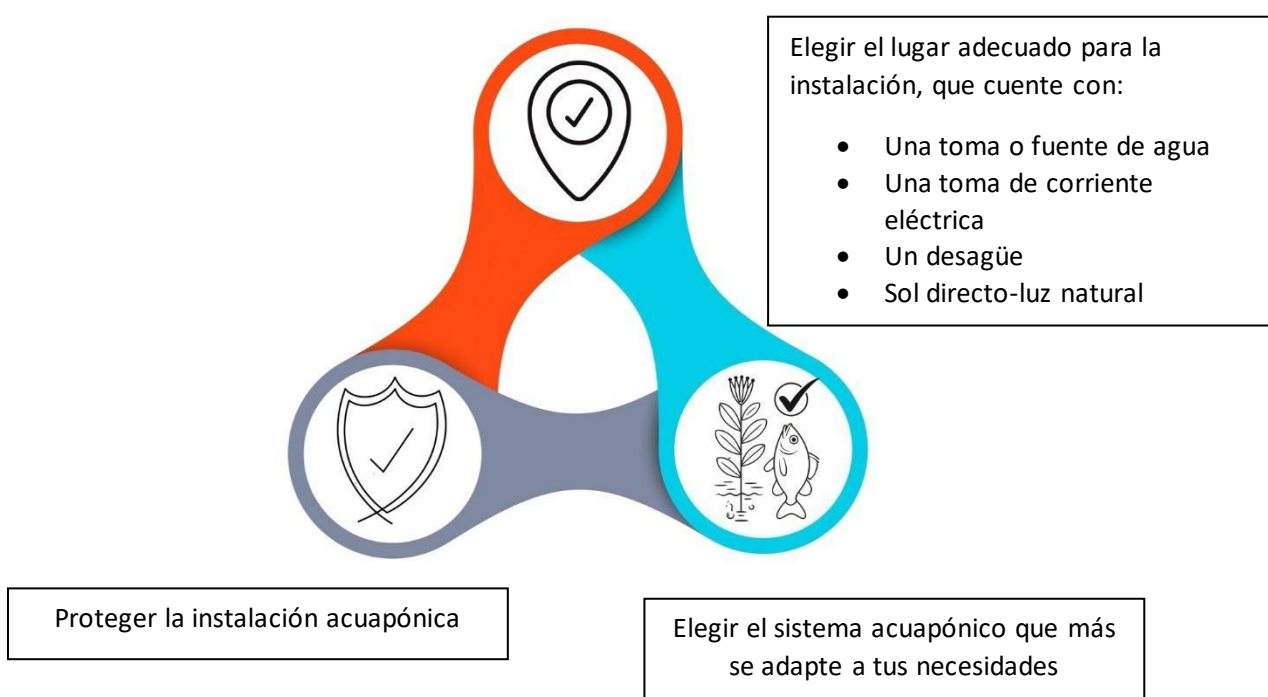
3.2. Antes del montaje de una instalación acuapónica.

Montar un sistema acuapónico a nivel familiar es sencillo, aunque se recomienda siempre empezar por una instalación pequeña con pocos peces, para aprender el manejo básico. Posteriormente, se puede ampliar la instalación y empezar a producir más peces y más plantas.

3.2.1. Condiciones previas.

Antes de diseñar, montar y poner en marcha una instalación acuapónica, hay que pensar en unas condiciones previas. Es indispensable cumplir todas estas condiciones, de lo contrario no será posible que funcione el sistema acuapónico.

Por ello, es importante tener en cuenta las siguientes condiciones:



El lugar adecuado

Toma o fuente de agua. El agua para tu instalación acuapónica debe tener una mínima calidad y, a veces, es necesario hacer un análisis de agua. Se puede utilizar desde agua de lluvia o agua de pozo hasta agua osmotizada o destilada, o incluso una mezcla de todas estas. También puede usarse agua potable de la red, aunque esto puede estar prohibido o restringido a nivel municipal. En cualquier caso, no es una solución sostenible medioambientalmente para su uso en acuaponía.

Se pueden hacer pequeñas correcciones para tener un agua con mayor calidad, por ejemplo, cambiando su pH con ácidos o bases, mezclándola con otras aguas para bajar el nivel de sales, o -si se está utilizando agua potable de la red- eliminando los restos de cloro (ya sea agitándola durante unas horas o dejándola reposar hasta que se disipe el cloro).

Desagües. Periódicamente, hay que hacer lavados o cambios de agua en las instalaciones acuapónicas y, por ello, es necesario tener disponible un desagüe. No obstante, se recomienda recogerlas en recipientes y utilizarla para el riego, al ser un fertilizante natural para tu huerto.



A la izquierda, se puede ver una instalación acuapónica familiar hecha con depósitos tipo IBC o GRG, con los peces abajo y las plantas arriba. Dentro de los substratos donde meten sus raíces las plantas, se encuentran las bacterias protegidas de la luz.

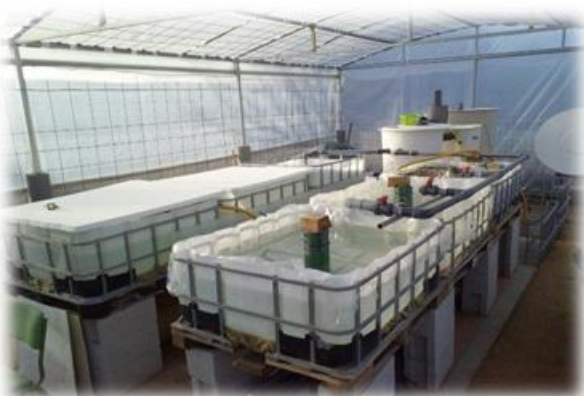
Zona con luz solar directa y zona con sombra. Las plantas en acuaponía deben recibir la luz solar, mientras que los peces y bacterias deben permanecer en oscuridad o a la sombra (puede usarse malla de sombreo, materiales aislantes o reflectantes, o cualquier otro material que impida el paso de la luz).

Fuente de energía. Es necesario que los aparatos eléctricos de tu instalación (bomba de agua y compresores de aire) estén conectados a un cuadro eléctrico con protección frente a eventuales derivaciones o sobretensiones eléctricas.

Proteger la instalación acuapónica.

Es necesario proteger la instalación de lluvias y vientos fuertes, así como de cambios bruscos de temperatura. También hay que proteger las conexiones eléctricas.

Por ello, es necesario colocar la instalación bajo **techo** o dentro de una **caseta**, **cobertizo**, o un **pequeño invernadero**.



Elegir el tipo de instalación acuapónica (diseño de la instalación).

Elegir los tres lugares para los peces, las bacterias y las plantas.

En cualquier tipo de instalación acuapónicas tienen que existir tres lugares o espacios para los tres tipos de seres vivos que van a convivir en ella:

Estos lugares o espacios pueden estar los tres juntos, o bien separados de manera independiente cada uno, o agrupados dos de ellos y el otro de manera independiente.

RECUERDA...

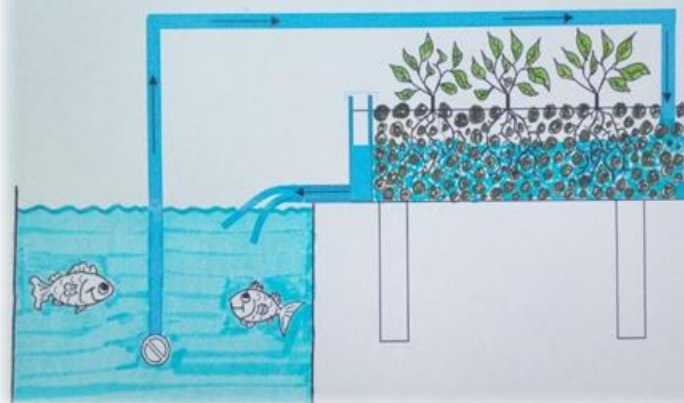
Siempre es mejor empezar por una instalación pequeña, sencilla y con pocos peces, para aprender a manejarla y saber cómo funciona correctamente para que puedan convivir de manera satisfactoria peces, plantas y bacterias. Y una vez aprendido el manejo básico y cómo corregir los errores que vayan apareciendo, entonces, y sólo entonces, ampliar la instalación metiendo más peces y más plantas, o haciendo otra nueva y de mayor tamaño.

3.2.2. Los 3 tipos de sistemas hidropónicos que puede haber en una instalación acuapónica.

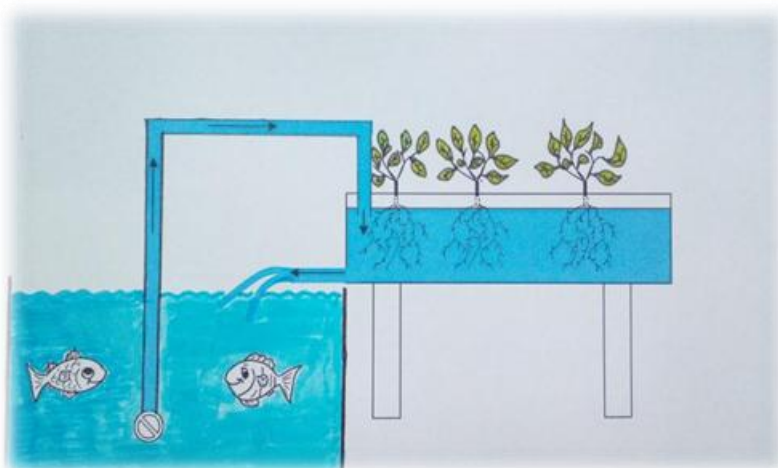
En una instalación acuapónica las plantas crecen con sus raíces metidas directamente en el agua de donde absorben los nutrientes.

Hay 3 tipos de sistemas hidropónicos y según el que usemos en la instalación acuapónica, tendremos diferentes tipos de instalaciones como se muestran a continuación:

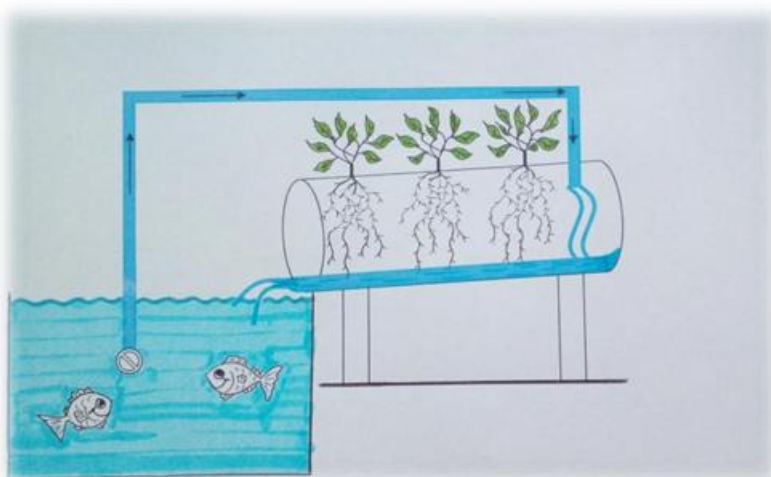
Hidroponía en sustratos o camas de siembra (*"grow bed"*). Las plantas crecen en bandejas donde hay materiales muy porosos (sustratos) como la arlita, piedra volcánica, chinós de río, bio-bolas, etc., donde crecen a trillones las bacterias



Hidroponía en cama flotante o raíz flotante (*"Raft system"* o *"Deep water culture"*). Aquí las plantas flotan sobre corchos blancos y crecen con sus raíces sumergidas directamente en el agua.



Hidroponía en película de nutrientes (**"NFT"**: *Nutrient Film Technique*). Las plantas se ponen sobre agujeros hechos en tubos de PVC y sus raíces se estiran hacia abajo buscando los nutrientes que pasan mezclados con el agua en una fina película o lámina.

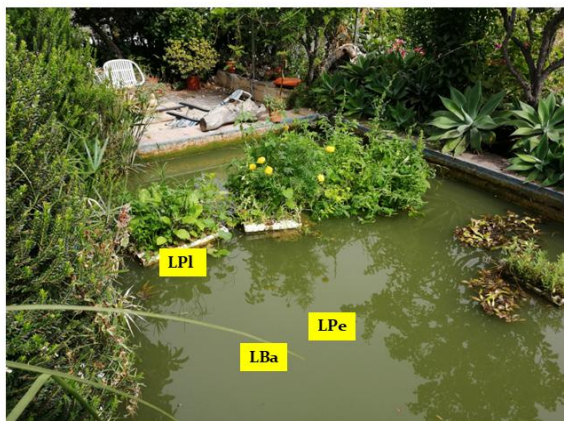


3.2.3. Ejemplos de instalaciones acuapónicas sencillas.

A continuación, se enumeran algunas instalaciones acuapónicas sencillas con fines educativo y de autoconsumo familiar que son adecuadas para empezar.

- **Albercas/balsas o depósitos de riego:** Reutiliza la balsa como tanque, con camas de cultivo cercanas. De gran volumen y simple, salvo que se quiera aumentar el rendimiento y se utilice aireación para promover la circulación del agua. En la imagen se muestra un depósito para riego de aguacates y mangos y finca familiar en Algarrobo, Málaga.

Un lugar para los PECES (LPe)... Un lugar para las PLANTAS (LPI)... Un lugar para las BACTERIAS (LBa).



Las hortalizas y plantas para corte de flores, crecen sobre planchas de corcho flotante (porexpan) con agujeros o "alveolos" (son planchas agrícolas para semilleros).

Sistema acuapónico en una piscina o alberca para riego. En este caso coinciden los tres lugares en el mismo espacio (la alberca). Puede requerir aireación o circulación de agua desde el fondo de la alberca, así como eliminación periódica de los sólidos o lodos.

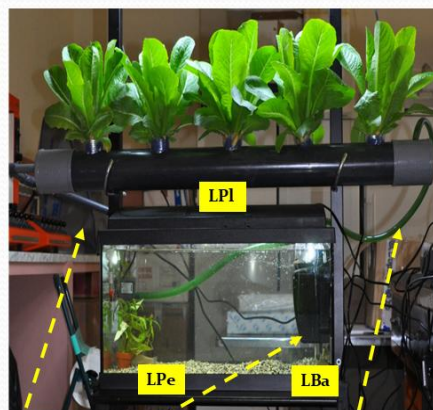


- **Acuarios + mini depósitos y tubos:** Acuario doméstico conectado a pequeños depósitos/tuberías. Ideal para una casa o un aula educativa. En la imagen, la instalación ubicada en el edificio de la Escuela Técnica Superior de Agronomía (ETSIA) de la Universidad de Sevilla. Combina hortalizas, plantas medicinales (*Bacopa monierii*) y peces ornamentales.

Un lugar para los PECES (LPe)... Un lugar para las PLANTAS (LPI)... Un lugar para las BACTERIAS (LBa).



El lugar para las plantas (LPI) y para las bacterias (LBa) coincide en el mismo depósito, que está lleno de bolitas de arlita (arcilla expandida). El agua sube mediante una bomba sumergible desde el acuario (LPe) hasta el depósito con las plantas; y baja por gravedad por un desagüe (d) que hay en el centro del depósito.



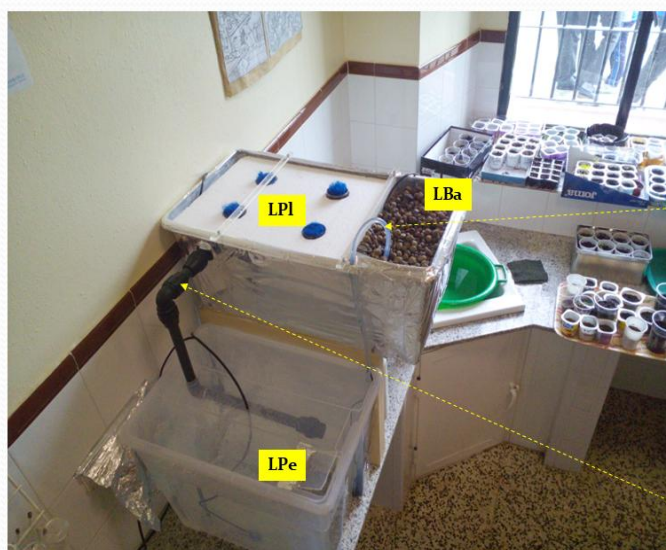
Tubería por donde baja el agua por gravedad. Biofiltro (LBa) con bomba para mover el agua dentro del acuario.

Tubería de subida del agua, empleando otra bomba sumergible dentro del acuario (LPe). El agua llega hasta el tubo de PVC donde están las plantas (LPI). Este tubo tiene una ligera inclinación de derecha a izquierda para que el agua fluya por gravedad hasta la tubería por donde baja el agua.

- **Pequeños depósitos:** Un bidón como tanque y una cama de cultivo. Bajo coste y fácil mantenimiento. En la imagen, una instalación acuapónica en el colegio de

La Milagrosa, en Dos Hermanas, Sevilla. Combina hortalizas y peces ornamentales.

Un lugar para los PECES (LPe)... Un lugar para las PLANTAS (LPI)... Un lugar para las BACTERIAS (LBa).



Instalación en un colegio para trabajar con los niños de manera práctica contenidos de matemáticas, biología, química, etc., y desarrollar competencias educativas.

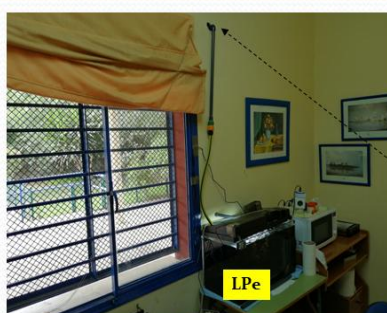
Los peces están en el depósito inferior (LPe), donde una bomba sumergible eleva el agua por una manguera hasta un pequeño depósito lleno de bolitas de arlita (LBa). Este depósito con arlita está a su vez metido dentro de otro depósito mayor que tiene una plancha de corcho flotante de color blanco, con huecos para 4 plantas (LPI).

El depósito lleno de arlita está agujereado por abajo, de modo que el agua que llega del depósito de los peces se va filtrando hasta abajo y termina llenando el depósito mayor donde están las plantas.

El agua regresa por gravedad al depósito de los peces por un desagüe (d).

- **Ornamental en vertical:** Jardín vertical sobre acuario. Necesita plantas ligeras. Tiene un enfoque estético y educativo. En la imagen, la instalación en el IES Joaquín Romero Murube, Sevilla, combinando plantas ornamentales y carpín dorado (*Carassius auratus*).

Un lugar para los PECES (LPe)... Un lugar para las PLANTAS (LPI)... Un lugar para las BACTERIAS (LBa).



Instalación como la anterior pero el paño de tela y el acuario (LPe) se sitúan a ambos lados de un tabique o pared de una habitación.

El agua impulsada por la bomba que está dentro del acuario, sube por un tubo hasta cerca del techo de la habitación, lugar por donde atraviesa la pared y sale al exterior vertiéndose por la parte de arriba del paño de tela LPI y LBa), y se va filtrando hacia la parte inferior, donde es recogida por una canaleta que la conduce de nuevo al acuario, atravesando de nuevo la pared, por un tubo de desagüe (d).

Se observan los bolsillos (bo) del paño de tela.

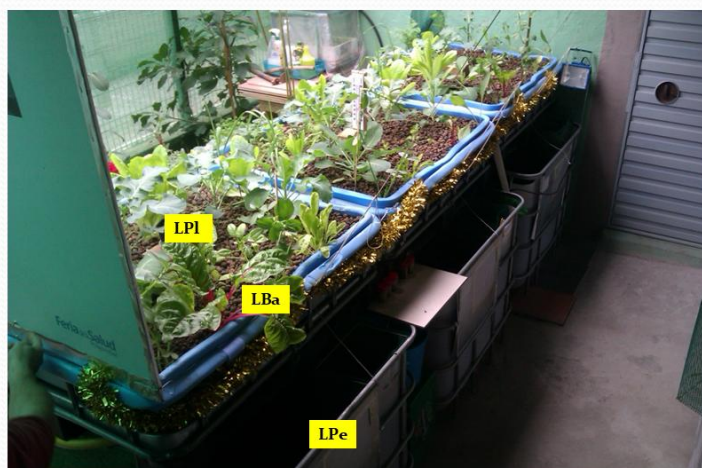
Las bacterias proliferan en todas las zonas húmedas y porosas del paño.



- **Depósitos tipo IBC:** IBC cortado: tanque abajo, lecho arriba. Robusto, barato y modular. Este sistema es uno de los más populares y usados a nivel mundial por

su sencillez y por ser muy práctico. En la imagen, el sistema acuapónico instalado en el patio de una vivienda en Sevilla.

Un lugar para los PECES (LPe)... Un lugar para las PLANTAS (LPI)... Un lugar para las BACTERIAS (LBa).



Tres instalaciones acuapónicas familiares en el patio de la vivienda de Soledad Nieto, vecina del Polígono Sur de Sevilla (entre 2013 y 2015). Están fabricadas con 3 depósitos tipo IBC de 1.000 litros cada uno. Cada depósito se corta en dos partes: la de mayor volumen se coloca abajo con los peces dentro (LPe); y la de menor volumen se coloca arriba llena de arlita para las plantas (LPI) y las bacterias (PBa).

MÁS INFORMACIÓN

Este sistema con IBCs fue ideado en Australia y se ha extendido por medio mundo gracias al foro de *"Backyard aquaponics"*. Puedes consultar más información en <http://www.backyardaquaponics.com/forum/>

También, en 2011 *"BackYards aquaponics"* publicó el libro digital e interactivo *The IBC of aquaponics*.

- **IBC con plantas en vertical:** IBC como tanque + torre vertical de macetas. Alta densidad y poco espacio. En la siguiente imagen, a la izquierda, instalación acuapónica sobre estructura piramidal en la Escuela Técnica Superior de Agronomía (ETSIA) de la Universidad de Sevilla; a la derecha, instalación con tubos de PVC en vertical, de la asociación Huerto Lazo, en Cajiz, Málaga.

Un lugar para los PECES (LPe)... Un lugar para las PLANTAS (LPI)... Un lugar para las BACTERIAS (LBa).



Dos tipos de instalaciones acuapónicas familiares en VERTICAL. En la instalación de la izquierda, los peces están dentro de un IBC (LPe) y desde aquí el agua va hacia un bidón blanco de 200 litros que funciona como biofiltro (LBa) y que contiene bolitas de arlita. Las plantas crecen en la vertical sobre tubos horizontales (LPI).

En la instalación del centro las bolitas de arlita llenan todo el interior de los tubos (LBa) donde están las plantas (LPI), que crecen también en la vertical sobre tubos también en vertical. A la derecha detalle de un tubo vacío de esta instalación antes de llenarlo.



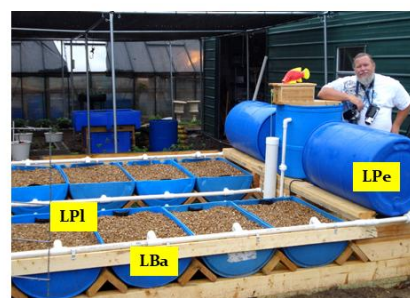
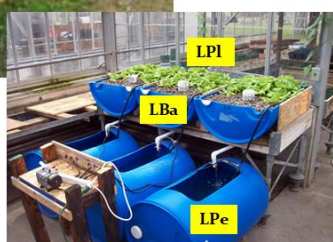
- **Acuaponía usando barriles o depósitos cilíndricos (“Barrel ponics”)**: Similar a la anterior pero aprovechando la forma cilíndrica de este tipo de depósitos. La imagen de ejemplo está extraída del foro de *Backyard aquaponics*.

Un lugar para los PECES (LPe)... Un lugar para las PLANTAS (LPI)... Un lugar para las BACTERIAS (LBa).



“Barrel ponics”

Popular forma de hacer acuaponía usando bidones o barriles de diferentes capacidades.



- **IBC combinados (diseños FAO)**: Varios IBCs conectados con sedimentación, biofiltro y camas. Diseño probado y escalable. En el dibujo, extraído de la publicación de la FAO *“Small-Scale aquaponics food production”*, se muestra una instalación acuapónica con plantas en hidropónía de cama de siembra (“Grow bed”). En este caso los peces ocupan un lugar independiente y las plantas y bacterias comparten el mismo lugar en las bandejas con el sustrato de arlita.

Illustration of a small media bed unit



- **Familiar con depósitos y tubos:** Tanque pequeño con canales/balsas. Producción básica y continua para autoconsumo. En la imagen se muestra una instalación de acuaponía en sistemas NFT, con monocultivos de tomates, lechugas y fresas, combinado con tencas (*Tinca tinca*). Ubicado en el invernadero de la Escuela de Agronomía (ETSIA) de la Universidad de Sevilla.



- **Acuaponía familiar con depósitos y piscinas.** Acuaponía en sistemas de raíz o cama flotante (*"Raft System"* o *"Deep Water Culture"*). En la imagen los monocultivos de albahaca combinado con tencas (*Tinca tinca*) del invernadero de la Escuela de Agronomía (ETSIA) de la Universidad de Sevilla.



CONSEJO

Es muy útil hacer un dibujo o un pequeño plano de la instalación acuapónica, con una lista que incluya todos los materiales que se necesitarán para el montaje.

Es importante también dedicar tiempo a buscar y localizar por internet, por teléfono, o en la ciudad o pueblo donde se ubique la instalación, a las empresas y proveedores de los materiales y equipos que se necesitarán.

IMPORTANTE

Para una instalación acuapónica pequeña que no requiera hacer una obra de construcción no se necesitan permisos. Si se hace una ampliación grande de la instalación que requiera hacer una obra o poner una instalación eléctrica nueva, entonces habrá que consultar a la administración pública correspondiente si se necesitan o no permisos.

Del mismo modo, si la instalación es grande, es probable que se necesite una valoración de impacto ambiental por el municipio, así como el permiso de la administración pública de Agricultura para asegurar que cumple los requisitos de bienestar animal. Por último, si las plantas y peces se van a comercializar para consumo humano, también se necesitarán los permisos correspondientes de la administración pública de Sanidad.

En cualquier caso, para instalaciones pequeñas o familiares de autoconsumo, no suelen ser necesarios permisos de la administración pública.

3.2.4. La RATIO

La “RATIO” es un indicador que relaciona la **cantidad de comida diaria** (en gramos) que hay que dar a los peces, con la **superficie de plantas** (en m²) que puede cultivarse en la instalación acuapónica.

Por ejemplo, si la Ratio tiene un valor de 20 g/m², significa que con 20 gramos de comida diaria que usemos para alimentar a nuestros peces, podemos cultivar 1 m² de plantas en la instalación acuapónica.

El número de peces con su peso total (o biomasa) determina la cantidad diaria de comida que necesitan. Parte de esta comida se transformará después en desechos que los peces liberan al agua (heces, orina y amoníaco). Las bacterias, posteriormente, transforman estos desechos en minerales que absorben las raíces de las plantas. Por lo tanto, la cantidad de comida para los peces determina la superficie de cultivo de plantas que se puede mantener en la instalación.

Hay varias referencias para los valores de la RATIO, ya que depende de la especie de pez que tengamos en la instalación y del tipo de alimento que coma. También depende de la temperatura y del tipo de plantas que cultivemos (si son para producción de hoja verde o para frutos).

Para empezar y tener una buena referencia se puede usar el siguiente valor general de la FAO:

CONSEJO

Aproximadamente 50 gramos de alimento para peces pueden mantener 1 m² de cultivo de plantas.

La Ratio es un indicador muy importante para mantener la instalación acuapónica en un nivel óptimo de producción de peces y de plantas.

3.2.5. Elegir la especie de pez

La elección de la especie de pez depende del objetivo de la instalación acuapónica, si tiene un objetivo educativo, para hobby, para autoconsumo o comercial.

Para principiantes en acuaponía es mejor elegir una especie que sea resistente, fácil de mantener, que pueda soportar temperaturas bajas y altas del agua y que se pueda comprar fácilmente, tanto los peces como su alimento. Uno de los peces que cumple esta característica y que se consigue fácilmente en tiendas de acuario, es el carpín dorado o “goldfish” (*Carassius auratus*). Es una especie ornamental que no se destina al consumo humano, pero es una buena elección para aprender, entrenarse en el manejo de una instalación acuapónica y adquirir experiencia.



Carpín dorado (*Carassius auratus*)

Otra especie resistente y que soporta temperaturas altas y bajas es la carpa común (*Ciprinus carpio*), que crece además rápido a temperaturas templadas de 25-27°C. La tenca (*Tinca tinca*) también es muy resistente, con el inconveniente de su lento crecimiento.



Carpa común (*Ciprinus carpio*)



Tenca (*Tinca tinca*)

Para personas que ya tienen más experiencia en acuaponía se pueden usar especies de peces de agua templada-cálida que crecen muy rápido, como la tilapia (*Oerochromis spp.*). Su margen de temperaturas del agua es entre 18-20 y 30-32°C, con medias óptimas en torno a los 25-27°C.

En climas fríos será necesario mantener la temperatura del agua en invierno por encima de 13-15°C, de lo contrario las tilapias mueren. Para climas fríos puede usarse la trucha (*Trutta fario*) con temperaturas óptimas del agua en torno a 15°C (por encima de 20°C durante varios días las truchas enferman o mueren).



Tilapia (*Oerochromis niloticus*)



Trucha (*Trutta fario*)

3.2.6. Elegir las especies de plantas

En una instalación acuapónica se pueden cultivar muchos tipos de plantas, tanto las que se consumen en verde (lechuga, acelga, etc.) como las que se consumen sus frutos (tomates, pimientos, berenjenas, calabazas, pepinos, etc.). También pueden cultivarse tubérculos como patatas o zanahorias, o plantas aromáticas, ornamentales, flores, incluso algunos árboles.

Al igual que con la elección de la especie de peces, la elección de las plantas dependerá del objetivo de la instalación acuapónica, si es para autoconsumo o comercial. También es posible cultivar un solo tipo de plantas (en monocultivo) o mezclas de ellas (policultivo).

3.2.7. Densidad de peces y tamaño de los biofiltros de bacterias

La **densidad de peces** es el peso total de los peces en la instalación (en gramos o kilos) por cada 1.000 litros de agua (1 m^3) del tanque o depósito donde viven. Por ejemplo, si tengo 20 peces que pesan todos 1.000 gramos y viven en un depósito que tiene 1.000 litros de agua, la densidad será 1 kg/m^3 .

La densidad es importante porque por cada 1.000 gramos o 1 kg de peces se producen 250 gramos de desechos sólidos (heces, restos de alimento no consumido, restos de bacterias y algas, etc.). Luego a mayor densidad de peces se producen más desechos,

que si se acumulan pueden ser peligrosos porque reducen el oxígeno del agua y por su toxicidad. Por esta razón a densidades grandes (normalmente por encima de 1 a 5 kg de peces/m³) hay que colocar depósitos a la salida de peces, llamados sedimentadores, que lo que hacen es capturar parte del exceso de sólidos, que después habrá que retirar de la instalación.

CONSEJO

Para los principiantes en acuaponía es aconsejable no sobrepasar la densidad de 1 a 5 kg de peces/m³. Una vez que se haya aprendido a manejar peces a estas densidades bajas, entonces puede subirse la densidad. Normalmente las instalaciones acuapónicas familiares pueden llegar a trabajar con densidades de 20-25 kg de peces/m³, siendo necesario el empleo de los mencionados sedimentadores.

El **tamaño del biofiltro** es la última cuestión importante a la hora de diseñar la instalación acuapónica. El biofiltro es el lugar de la instalación donde las bacterias depuradoras del agua se acumulan a una altísima concentración. También tiene que existir un equilibrio entre la cantidad de peces, plantas y la cantidad de bacterias que transforman sus desechos (orina, heces y amoníaco) en sales minerales para las plantas.

Normalmente, el biofiltro es otro depósito donde introducimos un sustrato hecho de un material poroso para que las bacterias puedan colonizarlo y multiplicarse en grandes cantidades. El sustrato más popular y barato en acuaponía es la arlita, también llamada arcilla expandida, usada en construcción en el aislamiento de techos y cubiertas.



El tamaño del biofiltro es un indicador de la cantidad máxima de bacterias que puede tener la instalación.

CONSEJO

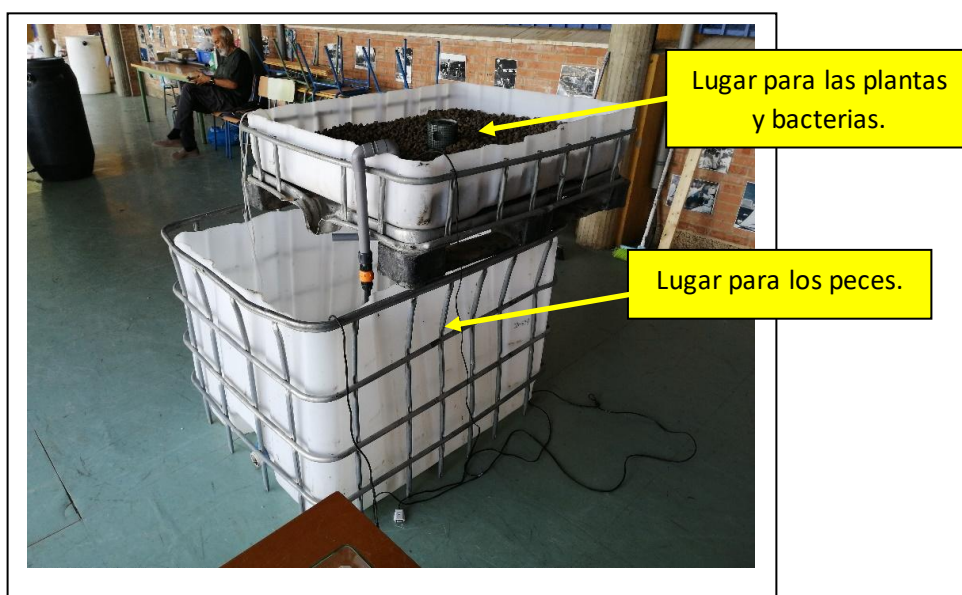
Hay un método muy sencillo que emplea 4 fórmulas matemáticas simples para calcular con precisión el tamaño de un biofiltro en función del peso de los peces y de lo que comen. Sin embargo, también se puede usar una regla práctica y aproximada, ya que el tamaño del biofiltro (expresado en litros del sustrato, en nuestro caso de arlita) suele ser como mínimo un 10% del volumen total de agua de la instalación acuapónica. Por ejemplo, si el volumen total de agua que recircula por la instalación es de 1.000 litros, se necesitarán 100 litros (el 10%) de bolitas de arlita para llenar el depósito que funcionará como biofiltro.

3.3. Montaje de la instalación acuapónica.

Este capítulo del manual se presenta en formato de vídeo enseñando paso a paso el montaje de 2 tipos de instalaciones familiares para autoconsumo de peces y plantas:

Instalación con un depósito tipo IBC.

Es la instalación acuapónica familiar más sencilla, que se hace con un solo depósito tipo IBC (como se ve en la siguiente imagen). Estos depósitos son cúbicos, de aproximadamente 1 metro de ancho, 1,20 metros de longitud y 1 metro de altura. Se pueden conseguir en cualquier parte del planeta, ya sea nuevos, seminuevos o usados. Una vez lavados, se cortan con su armazón de metal, dejando una parte más alta (donde irán los peces) y otra más baja (mínimo 23 cm, máximo 35 cm) que se utilizará como bandeja para las plantas. Esta bandeja se coloca encima del depósito para los peces y en una zona de su base se le hace un agujero y se le coloca un pasamuros con su tubo de desagüe. Algunos desagües utilizan el famoso “autosifón” o sifón de campana.



MÁS INFORMACIÓN

El uso de depósitos IBCs para construir instalaciones acuapónicas se ha extendido rápidamente por todo el planeta desde la década del 2000 y en esta difusión mundial intervino un foro internacional de acuaponía llamado “*BackYards aquaponics*”, con sede en Australia. Muchos productores acuapónicos de muchos países intercambiaron una gran cantidad de información sobre acuaponía en este foro, y en 2011 “*BackYards aquaponics*” publicó el libro digital e interactivo *The IBC of aquaponics*

En el vídeo se explica el montaje paso a paso de una instalación acuapónica a partir de un depósito IBC, con las modificaciones que introdujo la Asociación Plantío Chinampa, principalmente en el desagüe (sifón de campana) y en la conexión de subida de agua desde la bomba al lugar para las plantas y bacterias.

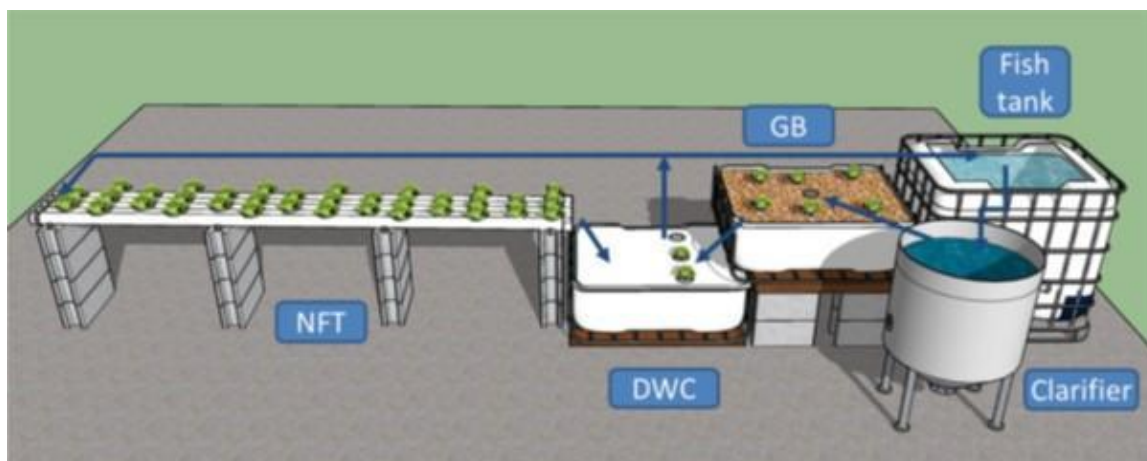


Ver en Youtube: <https://youtu.be/1D2voKFtJo>

3.3.1. Instalación tipo FAO con 2 depósitos IBCs y los 3 sistemas hidropónicos.

Es una instalación a pequeña escala descrita por la FAO en su manual “*Small scale aquaponics food production*”. La Asociación Plantío Chinampa introdujo modificaciones en esta instalación para hacerla más productiva, adaptarla al clima en la ciudad de Sevilla (España) y conseguir integrar en la misma instalación los 3 sistemas hidropónicos para producir plantas: NFT (“Nutrient Film Technique”) o sistema de la película de nutrientes;

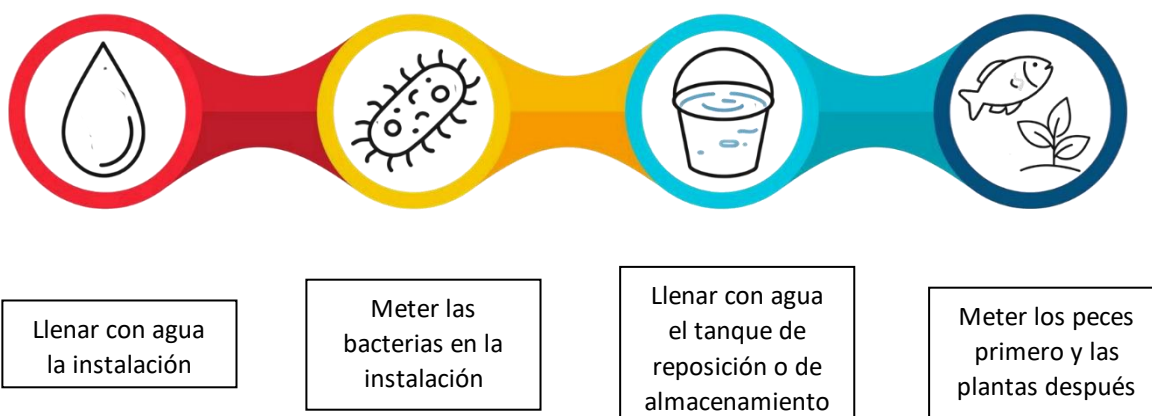
DWC (“Deep Water Culture”) o sistema de cultivo en cama o raíz flotante; y GW (“Grow Bed”) o sistema de cama de crecimiento en arlita.



En la imagen se muestra una instalación acuapónica familiar con sedimentador (“Clarifier”), 5 tubos de PVC y 2 depósitos IBCs, uno para tanque de peces y el otro cortado en dos mitades: una para colector con sistema DWC y otro para cama de siembra con arlita (“GB”). Las flechas indican la dirección del agua desde la bomba sumergible que se encuentra dentro del colector en el punto más bajo de la instalación.

3.4. Después del montaje de la instalación.

Una vez terminado el montaje de nuestra instalación, tenemos que llevar a cabo cuatro operaciones o acciones para poner en marcha la instalación.



1. Llenar con agua la instalación.

El primer paso es llenar la instalación y conectar la bomba que empieza a recircular el agua entre todos los elementos de la misma. Este ha de ser lo primero de todo porque nos sirve para observar que no haya fugas o pérdidas de agua. En caso de detectarse fugas hay que repararlas antes de continuar con el resto de pasos.

2. Meter las bacterias en la instalación: activación del biofiltro.

A continuación, hay que añadir bacterias nitrificantes en el agua de la instalación. Estas bacterias se consiguen fácilmente en tiendas de acuariofilia. Una vez hecho esto, hay que dejar la instalación en marcha **durante 4-6 semanas, SIN PECES NI PLANTAS**, para que las bacterias se multipliquen por millones (principalmente en el biofiltro). Cada 2-3 días se añade al agua un poco de alimento de peces finamente molido, que al descomponerse en el agua servirá de alimento para las bacterias.

3. Llenar con agua el tanque de reposición o de almacenamiento.

Es necesario llenar con agua un depósito que no esté unido a la instalación acuapónica. Esto servirá para almacenar de agua y reponer las pérdidas de agua por la evaporación y evapotranspiración; y también para limpiezas y cambios periódicos de agua que hay que hacer en la instalación.

IMPORTANTE

Si el agua de este tanque procede de la red de agua potable, no debe usarse para la instalación acuapónica hasta después de 24-48 horas, para que el cloro se evapore (de lo contrario matará a las bacterias).

4. Meter los peces primero y las plantas después.

Pasadas las 4-6 semanas, meter los peces en el tanque correspondiente de la instalación. Los peces no pueden meterse directamente en el tanque, antes hay que adaptarlos al tipo de agua donde van a vivir.



El proceso de adaptación es sencillo: introducir la bolsa donde vengán los peces dentro del tanque o depósito, pero cerrada y sin que se mezcle el agua de la bolsa con la del tanque. Dejar así la bolsa flotando durante 30-45 minutos hasta que se igualen las temperaturas del agua del tanque y del interior de la bolsa. Entonces abrir la bolsa y meter un poco de agua del tanque en el interior de la bolsa y esperar 15 minutos. Repetir esta operación 2 veces más. Finalmente libera los peces dentro del tanque.

Alimentar los peces diariamente y, pasados 10 días o 2 semanas, medir el nivel de nitratos en el agua. Cuando alcancen los 30-40 ppm (partes por millón o miligramos por litro), ya se pueden meter las primeras plantas.

RECUERDA...

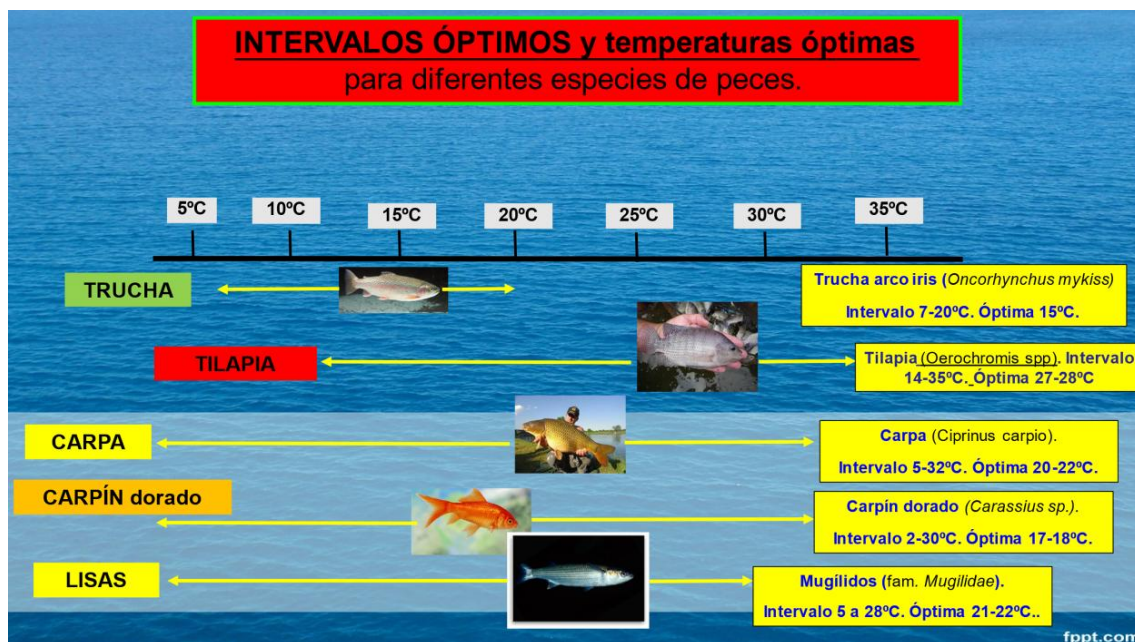
La cantidad de plantas que puede meterse es proporcional al número de peces y a la cantidad de comida que consumen diariamente, según lo que explicamos en el apartado 3.2.4. correspondiente a la RATIO.

3.4.1. Las 20 operaciones o rutinas para que una instalación acuapónica

Las rutinas son las tareas o el trabajo diario, semanal, quincenal o mensual, que hay que dedicar a la instalación acuapónica para que produzca y funcione bien, y para que peces, plantas y bacterias tengan salud y bienestar. En una instalación acuapónica familiar que ya se conozca bien sus rutinas y funcionamiento, no llevarán más de 5 o 10 minutos de trabajo diario. Sólo rutinas como la limpieza de los sustratos o el sifonado (aspiración) de los sólidos que se irán depositando en zonas de los depósitos, te llevarán algo de más tiempo cuando toque hacerlo.

RUTINAS DIARIAS

Rutina 1. Medir y anotar la temperatura del agua y del aire.



A mayor temperatura los peces comerán más, por lo que habrá que aumentar un poco la ración diaria de comida que toman. Y a menor temperatura, comerán menos, por lo tanto, hay que reducir la ración. Si la temperatura del agua baja o sube mucho, saliéndose del intervalo óptimo de temperatura para la especie de pez que tengamos en la instalación, entonces los peces comerán mucho menos y habrá que reducir drásticamente la ración.

IMPORTANTE

Es fundamental controlar las raciones diarias de comida porque si sobra alimento se descompone rápidamente en el agua y el oxígeno disuelto puede caer muy rápido, lo que es peligroso para peces, plantas y bacterias.

Por ello, es necesario medir la temperatura del agua y del aire cada 24 horas aproximadamente, a la misma hora y por las mañanas, registrando los valores máximo y mínimo (hay termómetros que hacen estas mediciones).

Rutina 2. Medir y regular el pH del agua.

El pH mide el grado de acidez del agua de la instalación acuapónica. Es necesario medirlo al menos 1 vez por semana con un peachímetro. El pH en el agua es diferente cuando empieza a funcionar la instalación que semanas o meses después. Y según el momento (si es al inicio o cuando la instalación ya tiene unos meses) habrá que hacer operaciones diferentes para controlarlo y mantenerlo en un intervalo óptimo para peces, plantas y bacterias.



Vamos a ver, entonces, cómo actuar en cada una de las dos situaciones:

- Primeras semanas o 3-4 meses: al empezar el funcionamiento de la instalación.

El pH del agua comenzará a bajar (se hará más ácida) por la actividad de las bacterias y por la respiración de los peces, hasta colocarse en un valor óptimo alrededor de 7. Según el pH del tipo de agua que se haya utilizado para el llenado inicial de la instalación, habrá que regular el pH de dos formas o con procedimientos diferentes.

- Caso A). Si el agua para el llenado inicial de la instalación acuapónica y para reponer las pérdidas por evaporación, es agua con pH neutro (sobre 7), o menor de 7,5 (agua de lluvia, osmotizada, o de pozo o agrícola con pH neutro), entonces no es necesario hacer nada, simplemente dejar que el pH vaya bajando poco a poco hasta 7 o menos.
- Caso B). Pero si el agua para el llenado o para reponer las pérdidas por evaporación, es agua “dura” con pH alto (mayor de 7,5 y con frecuencia mayor de 8), entonces hay que corregir su pH, porque

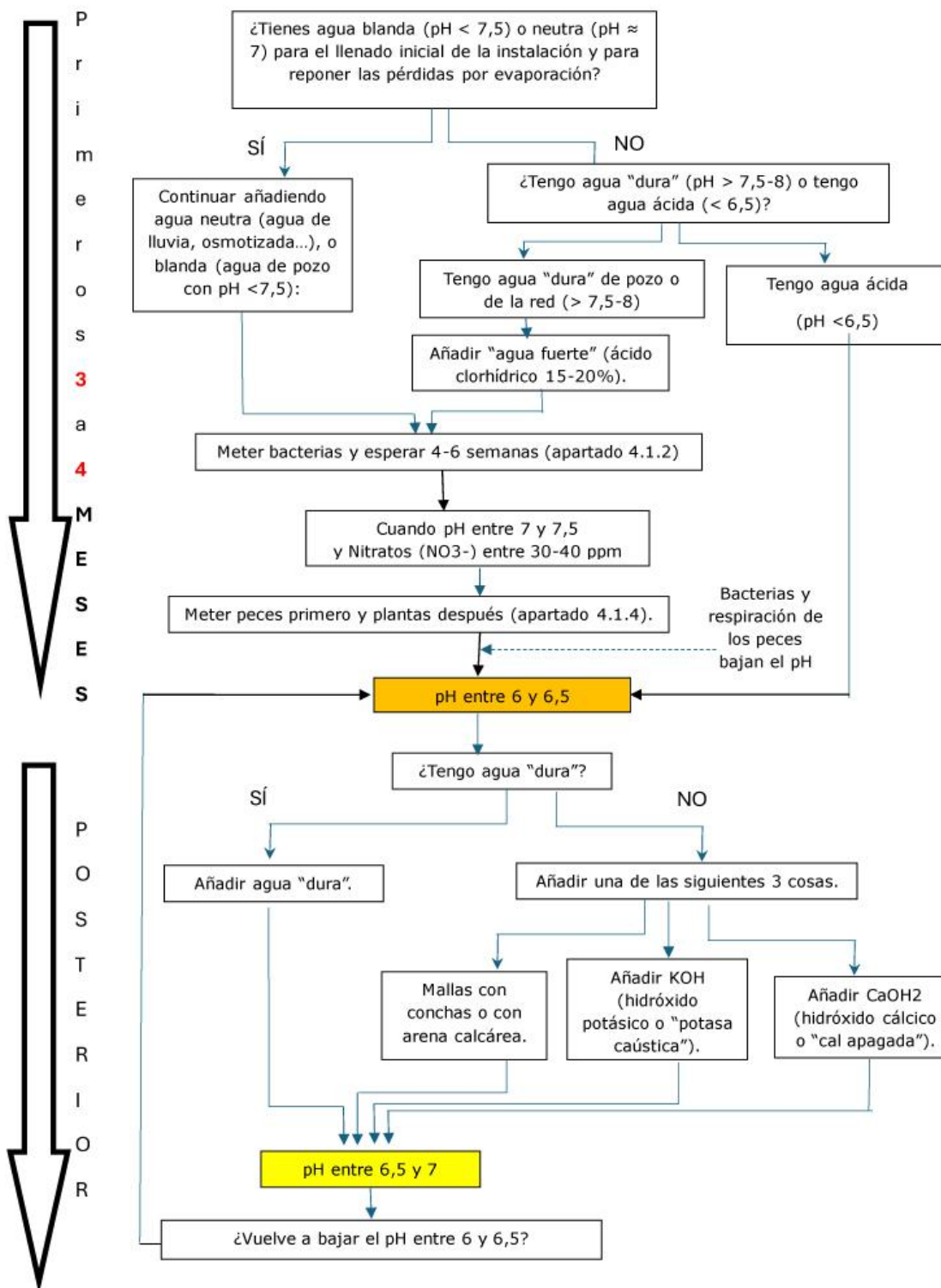
muchas plantas no pueden absorber por sus raíces los nutrientes disueltos en el agua a estos pH por encima de 7,5:

- Opción B.1: añadir “agua fuerte” (ácido clorhídrico comercial al 15-20%) al agua de la instalación acuapónica cuando aún no tenga peces ni plantas (como se ha explicado en el apartado anterior), a una dosis 180 ml de agua fuerte por cada 900 litros de agua de la instalación. Esto provoca que el pH baje aproximadamente desde 8 hasta 7,5 (medir a las 2-3 horas tras añadir el agua fuerte y comprobar que ha bajado el pH. Si no ha bajado lo suficiente, añadir otros 50 ml y volver a medir el pH a las 3 horas hasta comprobar que ha bajado a 7,5).
 - Opción B.2: añade agua de lluvia, agua osmotizada, o agua de pozo (si tiene un pH por debajo de 7,5), o una mezcla de ellas.
- Después de los primeros 3-4 meses.

El pH del agua bajará hasta 6,5 o menos y entonces hay que hacer lo contrario, subir el pH hasta 6,5-7 (por debajo de 6,5 las bacterias que depuran el agua frenan su actividad y tóxicos a bajas dosis como amoníaco y nitritos pueden acumularse peligrosamente en el agua). Esto se consigue de varias maneras:

- Opción A). Añadir agua “dura” directamente en la instalación acuapónica y SIN añadir “agua fuerte” (sólo se añade “agua fuerte” si queremos bajar el pH, nunca para subirlo).
- Opción B). Si no tienes agua “dura”, tienes varias alternativas:
 - Opción B.1: Introducir mallas de arena calcárea o con conchas partidas en zonas de corriente del circuito acuapónico para que el agua vaya disolviendo el carbonato que contienen las conchas o la arena.
 - Opción B.2: Añadir potasa caustica (hidróxido potásico: KOH) o hidróxido cálcico ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), a una dosis de 3,7 gramos por cada 800 litros de agua de la instalación, cada 3 días. Observar si de este modo se mantiene el pH entre 6 y 6,5 o algo más.

Cuando los peces aumenten su tamaño y, por lo tanto, consuman más comida, el pH bajará de 6,5 cada 2-4 días. Por esta razón, habrá que medir el pH como mínimo semanalmente o cada 3 días, de modo que cuando vuelva a bajar de 6,5 se repiten alguna de las operaciones mencionadas anteriormente.



IMPORTANTE

Tienes que ser MUY PRUDENTE al usar sustancias químicas con el pH muy bajo (muy ácidas) como el "agua fuerte"; o con el pH muy alto (muy básicas) como la potasa o el hidróxido cálcico. Hay que seguir las normas correspondientes de protección para manipularlas (gafas protectoras, guantes, etc.) y añadir SIEMPRE estas sustancias químicas en el agua, nunca al revés (NUNCA el agua sobre las sustancias).

Rutina 3. Observa los peces diariamente.

Hay que mirar los peces todos los días, por ejemplo, en el momento de una de las tomas de la comida (la ración diaria se divide en 2-4 tomas). Observar si están activos, sin heridas, sin manchas, etc. En caso de que haya alguno muerto, es importante sacarlo fuera del agua rápidamente.

Rutina 4. Observar las plantas diariamente.

Observar si las plantas están verdes y vigorosas, creciendo bien; o si por el contrario están débiles, creciendo poco, si las hojas están cambiando el color normal para cada especie, si están demasiado alargadas, o si están siendo atacadas por algún tipo de plaga (pulgones, mosca blanca, araña roja, hongos, etc....). Eliminar las hojas secas o las plantas que hayan muerto.



Rutina 5. Observar los caudales de agua y que no haya fugas.

El agua tiene que circular bien por la instalación para llevar oxígeno y nutrientes a peces, plantas y bacterias. Comprobar que no hay atascos ni fugas y ajustar los caudales si se observa una disminución en la cantidad de agua entre depósitos o en la entrada en alguno de ellos (especialmente en el depósito para los peces).

Rutina 6. Alimentar a los peces.

La cantidad de comida diaria que comen los peces se llama RACIÓN, que normalmente hay que repartirla en varias tomas al día para evitar que sobre comida en el agua y se descomponga. Hay comederos automáticos para acuarios y estanques de peces que pueden programarse para repartir la ración hasta en 4 veces. Básicamente hay 2 formas de alimentar a los peces:

Mediante la observación directa:

Tomar una pequeña cantidad de comida por la mañana, pesarla y echarla en el tanque. Si los peces se la comen en menos de 3-4 minutos, entonces echar la misma pequeña cantidad de comida. Seguir así echando pequeñas cantidades (con el mismo peso) hasta observar que los peces no comen más y no queda ningún alimento sobrante. Sumar las pequeñas cantidades de comida que se han echado y así determinar que esta es la cantidad máxima que los peces pueden

consumir en una toma. Por la tarde, repetir el mismo procedimiento hasta que los peces dejen de comer y no sobre alimento. La suma de la cantidad de comida suministrada por la mañana y por la tarde será la ración diaria. Cuando los peces crezcan habrá que ir aumentando progresivamente esta ración.



Mediante las tablas de alimentación.

La mayoría de los peces mantienen la temperatura de sus cuerpos igual a la del agua donde viven. Para cada especie de pez, hay un intervalo óptimo de temperatura en el que crecen, se alimentan y reproducen en las mejores condiciones. Por ejemplo, las tilapias tienen estos óptimos entre 27-28°C, o las truchas sobre 13-15°C.

A mayor temperatura los peces están más activos y comen más, pero sólo hasta límites por encima de los cuales cada pez deja de comer. Por ejemplo, una tilapia comerá más alimento diario a 28°C que a 23°C. Sin embargo, por encima de 33°C, o por debajo de 18°C empiezan a dejar de comer.

Por esta razón existen tablas de alimentación para muchos tipos de peces y cada una viene a una temperatura concreta. En función de cada temperatura, cada tipo de pez come diferente cantidad comida diaria (diferentes RACIONES). A continuación, ponemos un ejemplo de una tabla de alimentación para tilapias a 27 grados de temperatura del agua.

Peso aproximado de las tilapias (en gramos)	Ración diaria de comida para las tilapias (es el porcentaje del peso total que suman todas las tilapias que haya en la instalación).	Número de veces en que se reparte la ración diaria de comida.
0,1 a 1 gramo	10 %	
1 a 10 gramos	6 %	6

10 a 30	5 %	6
30 a 50	4 %	6
50 a 70	3 %	4-5
70 a 100	2,7	4-5
100 a 150	2,5	4
150 a 200	2,2	4
200 a 300	2,0	3
300 a 400	1,9	3
400 a 500	1,7	3
500 a 600	1,5	2

Por ejemplo, si tenemos en la instalación acuapónica 10 tilapias de 50 gramos cada una, tendré un peso total (biomasa total) de 500 gramos de tilapias, que según la tabla hay que darles el 3% diario de alimento, que serían 15 gramos de comida diaria, repartida a su vez en 4-5 tomas al día.

Estas tablas son para alimento seco y en gránulos (“pellets”), que es como normalmente viene el alimento comercial para peces. Otra opción para las instalaciones familiares de acuaponía, cuando se tienen pocos peces, es fabricar parte o el total del alimento para los peces, o complementar los pellets con alimentos frescos como hojas de hortalizas, harinas, etc., o alimentos vivos, como por ejemplo la lenteja de agua, lombrices o la mosca soldado. Cada especie de pez podrá o no consumir estos alimentos, por lo tanto, es necesario hacer pruebas.

Pesar los peces alguna vez puede servir para comprobar cómo van creciendo. No es necesario pesarlos todos, sólo se coge una muestra, se pesa y después mediante una regla de tres se extrapola al número total de peces en la instalación. Con el peso total de todos los peces (llamado biomasa), se reajusta la ración con la tabla de alimentación.

Rutina 7. Alimentar a tus plantas.

En acuaponía no es necesario añadir fertilizantes químicos al agua, ya que las plantas se alimentan de las sales minerales que contiene la “sopa” acuapónica de nutrientes, que a su vez proceden de las bacterias transformando los desechos que liberan en el agua los peces después de comer. A mayor peso (biomasa total) de todos los peces de la instalación, más desechos liberan al agua y más sales minerales alimentarán a tus plantas. Por lo tanto, podemos ampliar la superficie de cultivo de tus plantas conforme crezcan los peces.

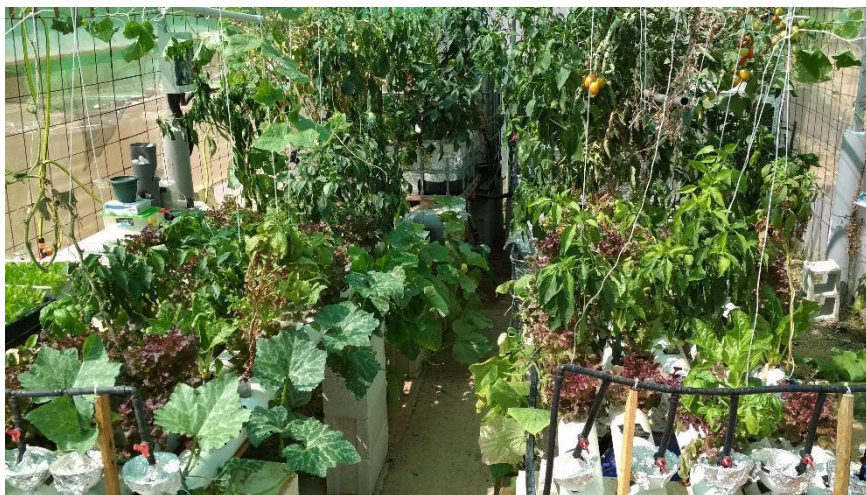
Sin embargo, ninguna “sopa acuapónica” es perfecta, y unos nutrientes estarán en mayor cantidad que otros. De los 16 nutrientes que necesitan las plantas para vivir y crecer bien (nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, calcio, etc.), la “sopas acuapónicas” normalmente los contienen todos, pero pueden tener poca cantidad de algunos y no ser suficientes para que la planta crezca fuerte y sana. En estos casos, aparecen deficiencias de nutrientes en las plantas, que se notan en las hojas (cambios de color, forma, etc.) y hay que añadir los nutrientes que faltan, ya sea en el agua, o bien pulverizándolos en las hojas.



2 instalaciones acuapónicas al introducir las primeras plantas



Las mismas instalaciones 2 meses después



Y esas instalaciones tras 5 meses

RUTINAS SEMANALES

Rutina 8. Medir nitratos en el agua.

El nivel de nitratos en el agua indica la cantidad de nutrientes que hay disponible para las plantas. Normalmente, cuando los nitratos superan los 30-40 ppm o mg/litro, el total de nutrientes en la “sopa acuapónica” está en niveles suficientes para las plantas.

Al crecer los peces, comen más cantidad de comida y los nitratos aumentarán también. Cuando los nitratos alcanzan los 80-90 ppm, o por encima de 120-140 ppm, pueden

meterse más cantidad de plantas en la instalación acuapónica. Normalmente, el nivel de nitratos en el agua no es tóxico ni para peces, ni para las plantas o bacterias, a no ser que alcancen concentraciones muy altas (mayores de 300 a 500 ppm).

Hay dos maneras de reducir el nivel de nitratos en el agua sin dejar de alimentar a los peces:

- Dando cambios de agua, normalmente cuando se superan los 200 ppm. Un cambio de agua es sacar un volumen conocido de agua de la instalación acuapónica y meter el mismo volumen de agua nueva y limpia (ver rutina 16).
- Aumentando la superficie de cultivo para las plantas dentro de la instalación.

El nivel de nitratos se mide muy fácilmente con tests disponibles en tiendas de acuario.

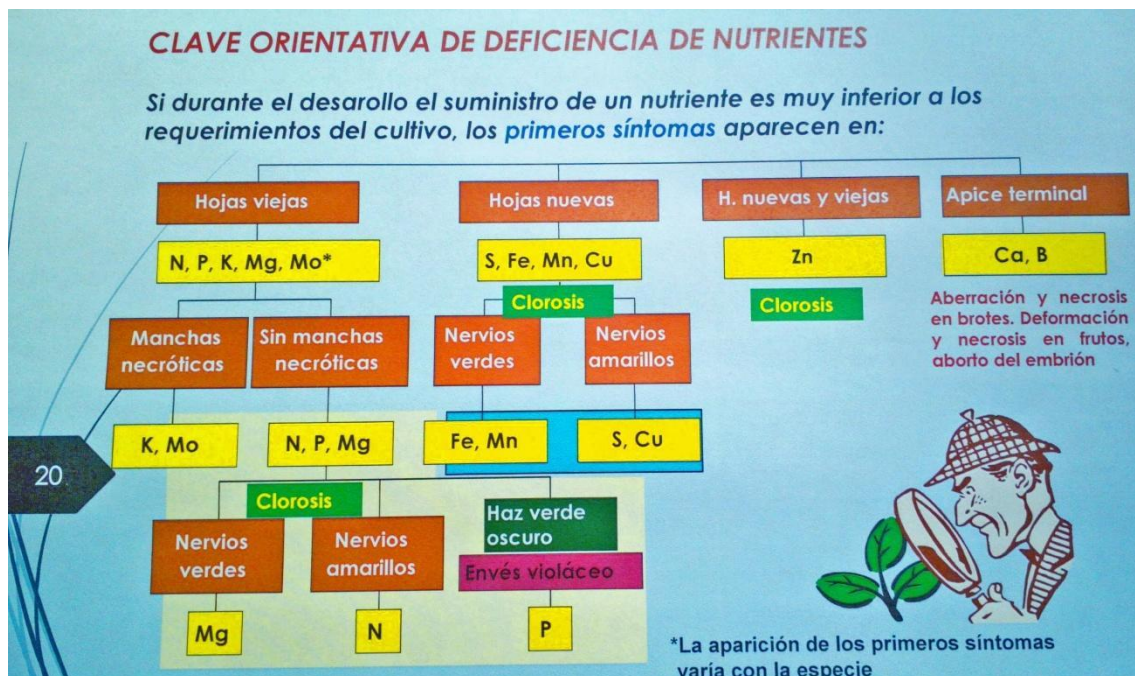
Rutina 9. Posible aplicación de tratamientos para corregir deficiencias de potasio y otros nutrientes en plantas.

Las deficiencias de potasio se corrigen pulverizando sobre las hojas una mezcla de sulfato potásico en agua. En verano o con temperaturas altas esta mezcla será de 7,5 gramos en 1 litro de agua, mientras que en invierno o con temperaturas bajas, será de 15 gramos en 1 litro. Esta mezcla se pulveriza por el haz y el envés de las hojas, bien por las mañanas temprano o en el atardecer. Se repite este tratamiento cada 3-4 días hasta que desaparezcan los síntomas. En la imagen de la derecha se muestran las típicas manchas secas que indican la falta de potasio, en este caso en una hoja de calabacín.



En la imagen de la derecha se muestra la clorosis en hojas de fresas por deficiencia de hierro (los nervios de las hojas se mantienen de color verde y entre los nervios aparece el color amarillento o verde pálido). La corrección de las deficiencias de hierro se explica en la rutina 14 al tener una frecuencia quincenal.





Rutina 10. Posible aplicación de tratamientos frente a plagas de plantas y peces.

En acuaponía no pueden usarse plaguicidas frente a plagas de las plantas, ni antibióticos para tratar enfermedades de los peces, ya que ambas cosas matan a las bacterias que depuran el agua. Y, sin bacterias, no funciona la acuaponía.

Para las plagas de las plantas se usan productos ecológicos que no dañan a las bacterias. Es muy importante empezar a aplicarlos cuando observemos que el ataque de la plaga está empezando, no cuando ya se haya extendido. Apuntamos a continuación algunos de los tratamientos más comunes que se usan en acuaponía:

- Tratamiento contra insectos como pulgones, mosca blanca y trips: preparar una mezcla de 20 mililitros (ml) de jabón potásico en 1 litro de agua y pulverizar por el haz y envés de las hojas. Esta mezcla puede ser más efectiva si se añaden 3 ml de alcohol de 70º y 1-2 ml de aceite de Neem. Aplicar cada 3-7 días.

En la imagen, pulgones en hoja de pepino de una instalación acuapónica.



IMPORTANTE

El aceite de Neem puede ser tóxico para los peces. Aunque en este caso está muy diluido en el litro de agua de la mezcla, para evitar que parte de la mezcla se filtre al agua de la instalación acuapónica se pueden colocar bolsas de plástico o trozos de papel absorbente bajo las plantas antes de pulverizar.

Otro tratamiento es el purín de ortigas (comercial o doméstico), hacer una mezcla de 50 a 150 ml de purín de ortiga en 1 litro de agua y pulverizar sobre las hojas. Repetir cada 3-7 días.

- Tratamiento contra la araña roja: hacer una mezcla de 3 gramos de polvo de azufre micronizado en 1 litro de agua y pulverizarla sobre las hojas. Repetir cada 7 días hasta el control de las arañas rojas. Usar también bolsas de plástico y/o papel absorbente para evitar que parte de la mezcla se filtre en el agua de la instalación.
- Tratamiento contra hongos (Oidium, la “negrilla”, etc.): usar la misma mezcla anterior con azufre en polvo micronizado en agua. Aplicar cada 7 días.
- Tratamiento contra babosas y caracoles: usar sulfato de hierro en “pellets” repartidos en la base de la planta.

Los peces no suelen enfermar en acuaponía, siempre y cuando se mantengan buenas condiciones del agua (pH, temperatura y nivel de oxígeno adecuados), se retiren los sólidos (sedimentos en el fondo de los depósitos) con frecuencia y se les alimente correctamente. En caso de aparecer alguna patología, habría que sacar los peces a pequeños depósitos con buena aireación en los que se ha disuelto el tratamiento químico para curar la enfermedad. Esta forma de tratar las enfermedades de los peces se denomina “baños”, y pueden contener sal común y otras sustancias como agua oxigenada, antibióticos, etc. En los “baños” los peces permanecen unos minutos y después se devuelven al tanque correspondiente de la instalación acuapónica.

Rutina 11. Cosechar plantas, introducir nuevos plantones y poner tutores.

Cuando las plantas (sus hojas o frutos) estén listas para consumir hay que cosecharlas y posteriormente sembrar en el hueco que han dejado otra plántula de la especie que queramos.

En acuaponía las plantas crecen a mayor densidad, más próximas unas a otras, por lo tanto, hay que pensar en qué parte de la instalación sembrarlas para que las más altas o de mayor porte, no den sombra excesiva a las que alcanzan menor tamaño. Debido a esta mayor densidad también es necesario tutorar algunas plantas de gran tamaño (berenjenas, tomates, pimientos, pepinos, melones, sandías, calabazas, etc.) e ir podando las hojas inferiores para darle forma a la planta para que crezca hacia arriba.

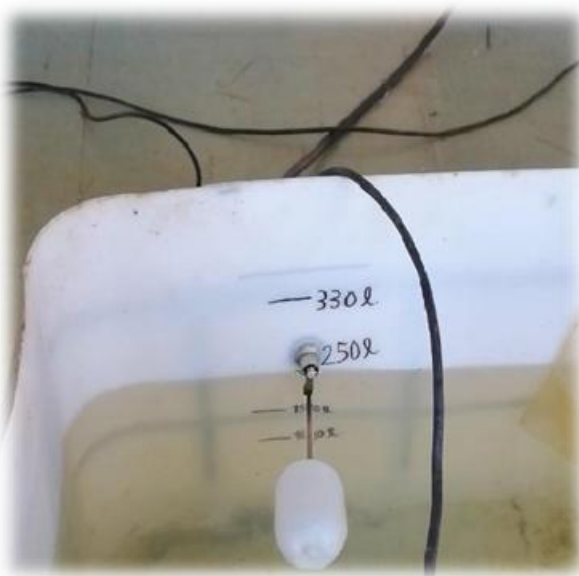
El tutorado, además de dar soporte a la planta, también sirve para dirigirla hacia donde más nos convenga para no sombrear a otras plantas.

Algunas variedades de lechugas, como la “Romana”, es necesario atar sus hojas (cuando tengan un mínimo de 20) en el tercio superior de la planta, para que el cogollo central crezca apretado y adquiera un color más claro.

RUTINAS QUINCENALES

Rutina 12. Reponer las pérdidas de agua por evaporación y evapotranspiración de las plantas.

Al aumentar la temperatura del aire se va evaporando el agua de la instalación acuapónica, por lo que hay que reponer la cantidad de agua evaporada. Para ello, es útil colocar una marca del nivel de agua en el colector o en cualquier otro depósito, y utilizarla de referencia para saber la cantidad de agua evaporada y la que hay que reponer. El nivel de agua también disminuye debido a la evapotranspiración de las plantas.



Para recuperar el nivel normal de agua en la instalación, se utiliza el agua del tanque de reposición o almacenamiento. También puede colocarse un aforador o bolla de nivel conectada por una manguera al tanque de almacenamiento, para que meta el agua de manera automática.

Rutina 13. Medir oxígeno en el agua (opcional).

Medir el nivel de oxígeno en el agua no es necesario si se observa todos los días los peces, ya que son los seres vivos de la instalación que antes sufren una disminución brusca del oxígeno en el agua. Si dejan de comer y aparecen en la superficie del tanque abriendo la boca, esto indica que falta oxígeno en el agua.

También es importante saber que los niveles de oxígeno comienzan a disminuir si aumenta mucho la densidad de peces o su tamaño, la acumulación de sólidos en el agua y la temperatura del agua. Hay que estar atentos a estos cambios. El oxígeno no sólo es importante para los peces o las raíces de las plantas, sino también para que las bacterias descompongan bien los desechos de los peces.

No obstante, se puede medir fácilmente el oxígeno disuelto con tests disponibles en tiendas de acuarios. Hay que medirlo en el tanque de los peces, con la bomba apagada unos minutos y sin coger burbujas en la muestra de agua. Si el oxígeno está por debajo de 4 ppm, habrá que añadir más aireación en el tanque de peces, con un pequeño compresor de aire, o con otros dispositivos (caídas de agua, sistema Venturi, etc.).

Rutina 14. Posible aplicación de tratamientos frente a deficiencias de hierro y otros nutrientes en plantas.

Si las plantas presentan deficiencia de hierro, el tratamiento para corregirla es muy sencillo, añadiendo cada 15 días quelato de hierro (Fe-EDHHA) directamente en el agua de la instalación acuapónica. Se disuelven 9 gramos de quelato de hierro en polvo en 1 litro de agua de la instalación que se ha recogido en una botella o recipiente. Se mezcla y se añaden entre 100-150 ml de esta mezcla. El agua se teñirá de un color rojizo similar al vino tinto. Esta sustancia se usa también en agricultura ecológica y no daña a las bacterias ni a los peces ni plantas.

Rutina 15. Cambios de agua.

Un cambio de agua consiste en sacar un volumen de agua de la instalación y meter el mismo volumen de agua nueva y limpia. Los cambios de agua se hacen en 2 casos:

- Caso 1. Si la concentración de nitratos en el agua supera los 200-250 ppm (mg/litro). Este caso no es frecuente, porque rara vez se supera esta concentración. Si se supera, se puede sacar poca cantidad de agua, por ejemplo, 50 litros de agua de la instalación, y meter después 50 litros de agua limpia. Volver a medir los nitratos tras 1 hora para ver cuánto han bajado los niveles de nitratos. En función de la reducción de nitratos se aumenta o disminuye el volumen de agua del cambio.
- Caso 2. Si se observa que se están acumulando muchos sólidos en el fondo de los depósitos (el tanque de peces, los sedimentadores o el colector si lo tuviera la instalación).

El caso 2 es el más frecuente. Los sólidos o lodos lo conforman:

- Restos de desechos de los peces (heces principalmente).
- Restos de comida no consumida.
- Restos muertos de algas, bacterias y raíces de las plantas.

Estos se van sedimentando y depositándose en el fondo de los depósitos de la instalación. Cuando se acumulan en exceso hay que eliminarlos cuanto antes, ya que pueden producir gases tóxicos disueltos en el agua y una bajada rápida del oxígeno disuelto.



Cuanto más grandes sean los peces (mayor densidad de peces), más comerán y, por lo tanto, mayor cantidad de sólidos se irán acumulando en el fondo de tus depósitos. Se estima que por cada 1 kg de comida (en pellets secos) se producen 250 gr de sólidos o lodos, así que cuanto mayor sea la densidad de peces, más veces habrá que eliminar los sólidos.

Los sólidos se eliminan mediante aspiración con una bomba sumergible unida a una manguera; o directamente por gravedad usando una manguera llena de agua o succionando con la boca (se recomienda lo primero). Al aspirar los sólidos se aspira también agua de la instalación, por lo que es necesario observar el volumen de agua con sólidos que se saca fuera de la instalación, para reponer el mismo volumen de agua limpia. Así, en esta operación se están haciendo dos cosas: dar un cambio de agua y eliminando sólidos.



IMPORTANTE

Si se usa como biofiltro para las bacterias las camas de arlita o camas de crecimiento (sistema "grow bed"), puede ser necesario limpiar la arlita 1 vez al año (nuevamente según la densidad de peces). En el caso del sistema de NFT tendrás que limpiar los tubos de PVC por dentro, mientras que en el de raíz flotante, la limpieza afectará a los fondos de las bandejas donde flotan los corchos.



En resumen, los cambios de agua se pueden usar para varios fines:

- Para mejorar la CALIDAD del AGUA.
- Para eliminar los sólidos o lodos del colector (Rutina 21), del tanque de peces o de los sedimentadores (Rutina 17).
- Para bajar el pH (si el agua nueva que se mete en la instalación es de lluvia u osmotizada).
- Ante situaciones de EMERGENCIA para bajar la concentración de tóxicos en el agua, como el amoníaco o los nitritos.

Rutina 16. Llenar con agua el tanque de reposición o almacenamiento.

El tanque de almacenamiento siempre debe estar lleno de agua, ya que se va a utilizar para reponer las pérdidas por la evaporación, para dar cambios de agua o incluso para hacer limpiezas (de la bomba, de filtros o esponjas filtrantes, etc.). En momentos de año con altas temperaturas, la evaporación será mayor y hay que tener siempre agua disponible en este tanque.

RUTINAS MENSUALES

Rutina 17. Aspirar los sólidos o lodos del sedimentador.

Eliminar los sólidos del fondo del sedimentador mediante aspiración, como se ha descrito en la rutina 15, y reponer con agua limpia del tanque de almacenamiento, descrito en la rutina 16.

Rutina 18. Limpiar la bomba de recirculación.

Los sólidos también van adhiriéndose al eje y a otras partes de la bomba, bajando su capacidad para impulsar el agua, el oxígeno y los nutrientes, por esta razón hay que parar la bomba, desmontar sus partes y limpiarla. Con mayor densidad de peces será conveniente limpiar la bomba con más frecuencia. En la imagen de la derecha se muestra la limpieza de la bomba sumergible.





Rutina 19. Cambiar las esponjas de filtración.

Si hay esponjas de filtración en alguna zona de la instalación, hay que limpiarlas para evitar la acumulación de sólidos. En la imagen de la izquierda, una esponja de material filtrante llena de sólidos.

Rutina 20. Aspirar los sólidos del colector y del tanque de peces.

Eliminar los sólidos del fondo del colector y del tanque de peces mediante aspiración como se ha descrito en la rutina 15; y reponer con agua limpia del tanque de almacenamiento.

3.5. Recomendaciones finales.

Para terminar, un resumen de las recomendaciones más importantes ya mencionadas en este manual para principiantes en acuaponía:

- Es mejor empezar por una instalación pequeña y sencilla.
- Tener una baja densidad de peces, entre 1 a 5 kilos de peces por metro cúbico de agua.
- Elegir una especie de pez que sea resistente, que soporte bajas y altas temperaturas del agua y que pueda comprarse con facilidad (tanto los peces como su comida). Uno de los peces en España que cumple estas características y que se consigue fácilmente es el carpín dorado, también llamado “cometa rojo” o “gold fish”.
- No olvidar los elementos de protección y seguridad eléctrica en la instalación; y las medidas básicas de seguridad en caso de uso o manipulación de sustancias químicas.
- No sobrealimentar a los peces, observar si comen bien y no dejan restos de comida. Si hay restos, reducir la ración.
- Controlar los niveles de agua, pH, nitratos, temperatura y oxígeno.
- Controlar que los sólidos o lodos no se acumulen en la instalación.

4. Agricultura Agroecológica y Pastoreo Extensivo.

La agricultura agroecológica es un modelo de producción de alimentos que combina la ecología, el conocimiento científico y las prácticas tradicionales para crear sistemas agrícolas sostenibles, socialmente justos y ambientalmente amigables. Su objetivo es promover sostenibilidad y resiliencia mediante la reducción de insumos externos, el uso eficiente del agua, la minimización de emisiones contaminantes, la valorización de residuos (convertidos en subproductos) y la preservación de recursos naturales (suelo fértil y saludable, agua, biodiversidad, etc.).

A diferencia de la agricultura convencional, evita el uso excesivo de agroquímicos sintéticos y se basa en técnicas como el reciclaje de materia orgánica, la rotación de cultivos y la asociación de especies

Por su lado, el pastoreo extensivo es un sistema de ganadería circular que utiliza amplias extensiones de terreno para que los animales se alimenten, aprovechando los recursos naturales disponibles. Este método, que requiere bajas inversiones y es compatible con razas autóctonas, ofrece importantes beneficios ambientales, como la reducción del riesgo de incendios, la mejora de la biodiversidad del suelo y la conservación del paisaje, al mismo tiempo que promueve el desarrollo rural y el bienestar animal.

Se basa en:

- Pastos permanentes y subproductos agrícolas
- Baja dependencia de factores externos.
- Promoción de servicios ecosistémicos.
- Lucha contra la desertificación.
- Generación de ingresos y fijación de poblaciones rurales.



4.1. Principales desafíos.

Los principales desafíos que enfrenta actualmente el uso de la agricultura agroecológica y el pastoreo extensivo son:

- **Falta de conocimiento técnico.**

Existe un acceso limitado tanto a la tecnología apropiada como a las herramientas que hacen posible este tipo de sistemas. A eso se le suma la escasa investigación en este campo, ya que la I+D está normalmente enfocada en la agricultura industrial más que a estos modelos agroecológicos o extensivos. Esto conlleva una gran dificultad para adoptar prácticas sostenibles e integrarlas con otras actividades agrícolas.

- **Déficit de comercialización.**

Los sistemas agroecológicos y extensivos suelen necesitar más tiempo para alcanzar una productividad estable, provocando baja rentabilidad a corto plazo. Esto puede provocar desmotivación en los agricultores que se plantean este tipo de modelo. Además, no existen incentivos ni ayudas adecuadas, ya que las políticas agrarias aún favorecen en muchos casos a las explotaciones intensivas, y tampoco se apuesta por un sistema de certificación propio. A ello se suma la ausencia de canales de venta especializados, provocando una escasa visibilidad en mercados locales y una competencia directa con productos industriales, más baratos y accesibles. Todo ello provoca un bajo reconocimiento al valor del pastoreo extensivo y la ganadería agroecológica.

- **Necesidad de inversión.**

Cambiar del modelo convencional a uno agroecológico implica inversiones y un período de aprendizaje que puede afectar los ingresos del productor. Infraestructuras como biodigestores, sistemas eficientes de agua, energías renovables y tecnologías de monitoreo suponen un alto coste inicial que tarda un tiempo en ser rentable, por lo que sin las ayudas adecuadas o una alta inversión inicial estos sistemas medioambientales son muy difíciles de adoptar.

- **Regulación insuficiente.**

Aún no existen políticas públicas con una estrategia integral ni normas específicas para agricultura agroecológica. Además, las pequeñas explotaciones se enfrentan a muchas dificultades burocráticas y administrativas para acceder a las pocas ayudas o certificaciones ecológicas que actualmente existen.

- **Falta de relevo generacional.**

El envejecimiento de la población rural y la escasa incorporación de jóvenes al campo limitan la continuidad de prácticas sostenibles. Técnicas como la

agroecología y el pastoreo extensivo suelen percibirse como actividades anticuadas o menos productivas, provocando rechazo entre los jóvenes.

4.2. Estrategias de implementación.

Los desafíos anteriormente descritos demuestran que es esencial abordar un enfoque integral, que abarque educación, inversión en I+D, regulación y financiación, para poder implementar sistemas de agricultura y ganadería sostenibles. Además, es esencial también la colaboración entre sectores para poder superar los obstáculos y garantizar un futuro sostenible.

A partir de estas ideas, se plantea una serie de medidas o estrategias para poder implementar sistemas de agricultura agroecológica y pastoreo extensivo.

- **Capacitación de Productores.**
 - Realización de cursos, talleres y asistencia técnica para enseñar técnicas, como la gestión integrada de recursos, la sanidad animal ecológica, el uso de subproductos, compostaje y biodigestión, y la planificación de pastos.
 - Crear redes de intercambio y plataformas digitales para poner en contacto a ganaderos, técnicos y centros de investigación para el intercambio de conocimientos.
 - Promover asesoramiento técnico personalizado para acompañar la transición desde modelos convencionales.



Participantes del Proyecto LIFE+ Maronesa.

- **Concienciación del Consumidor.**
 - Realizar campañas que destaquen los beneficios ambientales y sociales de los productos agroecológicos.
 - Creación de una marca certificada que reconozca las buenas prácticas locales para garantizar confianza.

- Potenciar canales cortos de comercialización (venta directa, mercados locales, comercio electrónico) expandiendo los que existen actualmente.
- Impulsar alianzas entre productores, consumidores y administraciones locales.
- Integrar la ganadería extensiva en programas educativos y de interpretación ambiental.
- **Investigación e Innovación.**
 - Valorización de subproductos (lana, cuernos, residuos de queserías y mataderos) para biocombustibles, cosméticos, materiales de construcción, etc.
 - Sustitución de plásticos por alternativas biodegradables.
 - Implantar planes de manejo adaptativo ante sequías y variabilidad climática.
 - Fomentar el uso eficiente del agua (balsas, captación de lluvia, riego por goteo en zonas agrícolas asociadas).
 - Diseñar planes de pastoreo rotacional o dirigido que favorezcan la regeneración del pasto y la fertilidad del suelo.
 - Promover el uso de razas autóctonas adaptadas al medio, más resistentes a las condiciones locales y con menor impacto ambiental.
 - Fomentar la integración ganadero-forestal (silvopastoreo) para aprovechar recursos naturales, prevenir incendios y conservar biodiversidad.
 - Recuperar y mantener infraestructuras tradicionales (abrevaderos, majadas, cercas vivas, cañadas y vías pecuarias).
 - Reducir la dependencia de insumos externos (piensos, fertilizantes, herbicidas) mediante autonomía alimentaria y compostaje de estiércol.
- **Financiación y Apoyo.**
 - Establecer líneas de crédito accesibles para pequeños productores.
 - Promover incentivos para infraestructuras sostenibles (energías renovables, biodigestores comunitarios, etc.).
- **Regulación y Políticas Públicas.**
 - Desarrollo de un marco legal claro para la agricultura circular.
 - Potenciar alianzas entre gobierno, sector privado y sociedad civil.

- Incluir la ganadería extensiva como herramienta clave en la gestión de espacios naturales y prevención de incendios, facilitando su inclusión en ayudas de políticas agrarias y programas de desarrollo rural con objetivos de conservación y sostenibilidad.
- Favorecer contratos territoriales de explotación sostenible.
- Simplificar trámites burocráticos y administrativos para el acceso a ayudas y certificaciones ecológicas.

4.3. La ganadería extensiva como parte de la solución climática.

Al contrario de la percepción generalizada de que la ganadería es uno de los principales causantes del cambio climático, los sistemas ganaderos extensivos y agroecológicos, cuando se gestionan de forma adecuada, pueden desempeñar un papel clave en la mitigación y adaptación al cambio climático.

A diferencia de los modelos industriales o intensivos, que dependen de piensos importados, fertilizantes sintéticos y grandes consumos energéticos, la ganadería extensiva se basa en el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales locales, manteniendo el equilibrio entre producción, ecosistema y clima.

Para ser parte de la solución, la ganadería ha de basarse en:

- Manejo adaptativo y rotacional de pastos.
- Uso de razas autóctonas y recursos locales.
- Integración de árboles y vegetación natural.
- Reducción del uso de insumos externos y energías fósiles.

Según estimaciones de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), los pastizales gestionados de manera sostenible podrían compensar hasta un 8 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero del sector agropecuario. Esta cifra evidencia el enorme potencial de estos ecosistemas como sumideros naturales de carbono y su papel estratégico en la lucha contra el cambio climático.



4.3.1. Secuestro de carbono mediante pastoreo bien gestionado.

El pastoreo rotacional o racional consiste en dividir los pastos en parcelas y permitir un tiempo de descanso suficiente entre pastoreos.

Esto favorece que las plantas:

- Aumenten la fotosíntesis al regenerarse, capturando más CO₂ de la atmósfera.
- Desarrollen raíces más profundas, que almacenan carbono en el suelo a largo plazo.
- Mejoren la estructura y fertilidad del suelo, aumentando su capacidad de retener agua y resistir la erosión.

Diversos estudios muestran que un pastoreo bien planificado puede secuestrar entre 0,5 y 3 toneladas de CO₂ por hectárea y año, dependiendo del tipo de vegetación y clima. Así, un [análisis de la FAO](#) sobre pastizales gestionados señala que, si se incrementa el carbono orgánico del suelo (SOC) en el horizonte 0-30 cm en pastizales mediante buenas prácticas de manejo, se podría secuestrar unas 0,3 toneladas de carbono/ha al año. Esto equivaldría aproximadamente a 1,1 t CO₂/ha al año (usando el factor 3,67 para pasar de C a CO₂).

No es el único estudio en este sentido, ya que un informe australiano sobre pastoreo gestionado (“[managed grazing](#)”) describe ganancias medias de carbono de aproximadamente 0,77 t C/ha al año (unos 2,8 t CO₂/ha al año) bajo ciertas condiciones óptimas, mientras que un [estudio de la Universidad de Cambridge](#) señala que en pastizales europeos se observaron incrementos de SOC equivalentes a unos 5 ± 30 g C/m² al año, lo que equivale a 0,05 ± 0,30 t C/ha al año para el promedio de datos recopilados.

4.3.2. Sistemas agrosilvopastoriles: integración de árboles, cultivos y ganado.

Los sistemas agrosilvopastoriles combinan vegetación leñosa (árboles, arbustos), pastos y animales en un mismo espacio.

Estos sistemas ofrecen múltiples beneficios climáticos:

- Capturan carbono tanto en la biomasa aérea (árboles) como en el suelo.
- Reducen la erosión y aumentan la infiltración de agua, haciendo los ecosistemas más resilientes frente a sequías.
- Modulan la temperatura local y crean microclimas que protegen la biodiversidad y el bienestar animal.

- Permiten reducir el uso de insumos externos, ya que los árboles aportan sombra, forraje natural y materia orgánica.

Ejemplos típicos de estos sistemas son las dehesas mediterráneas, que almacenan grandes cantidades de carbono y sustentan una ganadería de bajo impacto ambiental, además de proveer hábitats valiosos para la fauna silvestre.



4.3.3. Reducción de emisiones netas y mejora de la eficiencia ecológica.

Una ganadería extensiva y agroecológica reduce sus emisiones netas por varias vías:

- Disminuye el uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos, principales emisores de óxidos de nitrógeno (N_2O).
- Favorece la autonomía alimentaria, evitando las emisiones asociadas al transporte y producción de piensos.
- Mejora el balance de metano: los rumiantes en pastoreo producen metano biogénico que forma parte de un ciclo natural corto, a diferencia del CO_2 fósil liberado por la agricultura industrial.
- Genera servicios ecosistémicos que compensan emisiones: regulación hídrica, biodiversidad, prevención de incendios y mantenimiento de paisajes abiertos.

Así, en términos netos, una ganadería extensiva bien gestionada puede alcanzar emisiones cercanas a cero o incluso ser climáticamente positiva, al capturar más carbono del que emite.

4.3.4. Beneficios adicionales para la adaptación climática.

Además de mitigar el cambio climático, este tipo de manejo ayuda a adaptarse a sus efectos, ya que tiene los siguientes beneficios:

- Mejora la resiliencia de los suelos frente a la sequía y las lluvias torrenciales.
- Diversifica la producción (carne, leche, lana, leña, frutos, servicios turísticos).
- Mantiene paisajes en mosaico, menos vulnerables a incendios y pérdida de biodiversidad.
- Favorece la soberanía alimentaria local, reduciendo la dependencia de mercados globales vulnerables a crisis climáticas.

4.4. Casos prácticos destacados.

4.4.1. Proyecto LIFE Maronesa.

El proyecto se enmarca bajo el programa Programa LIFE de la Unión Europea, en la categoría de “Gobernanza, Información y Acción Climática” (Adaptación al cambio climático), con título completo *“Market Awareness Raising for Opportunities in Needed Extensification and Soil-friendly Agriculture”*. La raza búfila autóctona Vaca Maronesa, en el norte de Portugal, es el centro de este proyecto. Esta raza tradicional –y los pastos de montaña que la sustentan– se han visto afectados por el abandono, la reducción de efectivos y la degradación del paisaje ganadero y agrario asociado. Esta degradación ha provocado un incremento del matorral, la reducción de pastos de calidad, una menor captura de carbono en el suelo y un mayor riesgo de incendios forestales.

El objetivo principal del proyecto, por tanto, es la conservación de la raza autóctona Maronesa y sus ecosistemas de montaña promoviendo un modelo sostenible de producción ganadera extensiva. Además de difundir, capacitar y valorizar la cadena de producción de la raza Maronesa, haciéndola económicamente viable y ambientalmente relevante. Así, busca mejorar la fertilidad del suelo y el aumento del carbono orgánico mediante un pastoreo rotacional, que ayude también a prevenir incendios y mantener biodiversidad. El uso de razas adaptadas al territorio provoca también que haya menor dependencia de insumos externos.

El proyecto se inició en 2020, con fecha de finalización prevista en 2025. Durante este tiempo, se ha apreciado una recuperación de fertilidad de suelos y un aumento de la producción de pastos y heno a través de la aplicación de calcáreo magnesiano y cambio de flora. Además, se ha mejorado la gestión del monte y se ha reducido el riesgo de incendios mediante pastoreo dirigido, intervenciones de matorral y restauración de

mosaicos vegetales. Se está llevando a cabo también un monitoreo de carbono del suelo, apreciándose mejoras en el tiempo que lleva en práctica.

Ampliar estas buenas prácticas a más ganaderos es clave para que el impacto no quede sólo en estas áreas de demostración. Eso sí, el cambio de mentalidad y cultura ganadera hacia el pastoreo dirigido, rotación, manejo del matorral, etc., requiere formación, incentivos y apoyo técnico.



Ver en Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=-mCM3LmdwuU>

4.4.2. Casal da Bouça.



Se trata de una explotación ganadera usada como modelo en el proyecto LIFE Maronesa. Ubicada en la aldea de Souto, en el municipio de Vila Pouca de Aguiar, la norte de Portugal, tiene unas 120-130 vacas Maronesa en régimen extensivo, además de otras especies de ovinos y caprinos.

Esta explotación se caracteriza por aplicar un pastoreo extensivo, en el que las vacas Maronesa están la mayor parte del tiempo al aire libre, entre montañas y praderas. El ganado se encuentra rodeado de árboles nativos que, además de darle sombra, le proporcionan alimento. Se realiza una gestión holística del mismo, ajustando la carga ganadera a la capacidad del suelo. Así, se están cuantificando datos

como la biomasa consumida por vaca al día y la productividad de los pastos, viendo cómo varía la flora bajo diferentes regímenes de pastoreo.

Dentro de las actividades de mejora de la biodiversidad, se ha aplicado calcáreo magnesiano y fósforo para mejorar la fertilidad de los “lameiros” (prados húmedos) y aumentar la producción de pasto y heno. Además, se han creado o mejorado charcas para retener el agua en épocas de lluvia y así mejorar la capacidad de retención hídrica del terreno. También se aplican medidas de economía circular, usando el estiércol producido por el ganado para fertilizar huertos adyacentes.

Para difundir estas prácticas y concienciar sobre sus ventajas, se llevan a cabo visitas guiadas a la explotación y se realizan intercambios técnicos con otros proyectos.

Entre los resultados obtenidos, se ha comprobado un mayor secuestro de carbono al aumentar la materia orgánica del suelo y mejorar la vegetación. También se ha aumentado la capacidad de adaptación a las sequías o variabilidad hídrica del ganado y se ha reducido el riesgo de incendios gracias al pastoreo y un mejor manejo del suelo. Por otro lado, la certificación ecológica de la carne supone un valor añadido al producto, facilitando su venta.



Ver en Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=pxnB0ir92Nc>

4.4.3. Producción de Castañas Sostenibles en las Tierras de Montaña de Bragança.

En las zonas montañosas del norte de Portugal, los soutos (castiñares) son sistemas agroforestales tradicionales con importancia social, económica y ambiental. Sin embargo, estos ecosistemas se encuentran en peligro por la pérdida de materia orgánica y una mayor erosión en los suelos de las laderas, la contaminación de las aguas, la pérdida de fertilidad por laboreo, la presión de enfermedades (como la *Phytophthora cinnamomi*), el abandono pastoral y los cambios climáticos que alternan sequías con intensas lluvias.

Se ha comprobado que un manejo agroecológico del suelo ayuda a mitigar estos problemas. El objetivo es restaurar y mantener la fertilidad edáfica y su capacidad de retención hídrica, e incrementar la biodiversidad del suelo y la resiliencia frente a plagas, enfermedades y extremos climáticos. Esto mejora la productividad y calidad de castaña de forma sostenible y favorece servicios ecosistémicos, como la captura de carbono, el control de la erosión o la regulación hídrica.

Aplicado a los castiñares, este manejo agroecológico implica:

- **Mantener las cubiertas vegetales naturales**, como gramíneas y herbáceas autóctonas. Los cortes mecánicos tempranos (en marzo-abril) permiten también reducir la competencia hídrica. Con esto, se protege el suelo sin aumentar el riesgo de infección de *Phytophthora*, y se mejora la infiltración de agua en pendientes. Se ha comprobado que los castiñares con cubierta natural redujeron la erosión un 30 % en comparación con suelo labrado.
- **Pastoreo controlado con ovinos**. Se recomienda en primavera, antes de la floración del castaño, con una carga animal de 8–10 ovejas por hectárea, en rotación. Esto permite un control natural de las malas hierbas y abonado orgánico a través del estiércol. También ayuda a reducir el riesgo de incendios.
- **Acolchado con residuos de poda**. Al extender una copa de 5-10 cm alrededor del árbol con las hojas de castaño y restos de poda (evitando apilarlo contra el tronco para evitar humedades e infecciones) protegemos contra la erosión, además de permitir una regulación térmica y un suministro gradual de nutrientes.
- **Minimizar la perturbación**. Evitar labranza del suelo, que dispersa la enfermedad y degrada el suelo. Si se labora, debe hacerse de manera superficial (5–10 cm) y sólo cuando sea estrictamente necesario.
- **Manejo del agua**. Captación y almacenamiento de agua de lluvia en pequeñas balsas o zanjas de infiltración en terrazas para recargar el perfil de suelo. El acolchado y las cubiertas vegetales naturales también ayudan a reducir la evaporación. El riego sólo ha de ser en plantas jóvenes o en años críticos, con fuentes locales o agua recuperada.

- **Control natural de plagas**, evitando herbicidas industriales, que dejan el suelo desprotegido en invierno. Así, se realiza una sanidad preventiva manteniendo el suelo sano gracias a la materia orgánica y a una buena estructura que reduzca la incidencia de raíces debilitadas y enfermedades como la *Phytophthora* en suelos mal drenados.



Estas medidas se han demostrado que funcionan en la producción de castañas sostenibles Tierras de Montaña, en Bragança (Portugal). Allí se han sustituido los herbicidas por desbroces programados y se ha introducido el pastoreo ovino en colaboración con pastores locales. La capacitación en el manejo agroecológico del suelo ha reducido en un 90 % el uso de herbicidas y ha aumentado un 15 % la productividad. Así, se ha demostrado que es posible producir castañas sin herbicidas combinando cubiertas naturales, pastoreo y acolchado local. Además, este sistema tiene beneficios adicionales, ya que se ha reducido el coste de maquinaria y productos químicos y se ha revalorizado el producto mediante sellos ecológicos.

MÁS INFORMACIÓN

Si quieres más información puedes consultar el [Manual de Buenas Prácticas del Castaño](#).

4.5. Lecciones aprendidas.

La experiencia de estos proyectos permite elaborar una serie de conclusiones de cara a futuras iniciativas agroecológicas:

- **La adaptación local es clave.** Razas como la Maronesa o los casos de sistemas como Casal da Bouça o los castañares sostenibles muestran que las soluciones específicas al territorio son más efectivas que modelos genéricos.
- **Sinergias clima-biodiversidad.** Todas estas explotaciones demuestran que la mitigación climática y la conservación de especies (por ejemplo, el lobo ibérico en zonas de pastoreo) pueden coexistir.
- **Rentabilidad.** La venta de productos con certificación ecológica o "carbono neutro" mejora la viabilidad económica, por lo que es preciso crear sellos de calidad apoyados por las administraciones públicas.

- **Formación e intercambio de conocimiento.** La formación es clave para que agricultores y ganaderos conozcan las ventajas de este tipo de sistemas y sepan cómo adaptarlos a sus cultivos. Igualmente, participar en redes de conocimiento, como los Grupos Operativos de la PAC, ampliarán las herramientas y saberes que pueden aplicar.
- **Apoyo político.** Es fundamental que las administraciones públicas se impliquen y financien proyectos piloto basados en estos modelos.



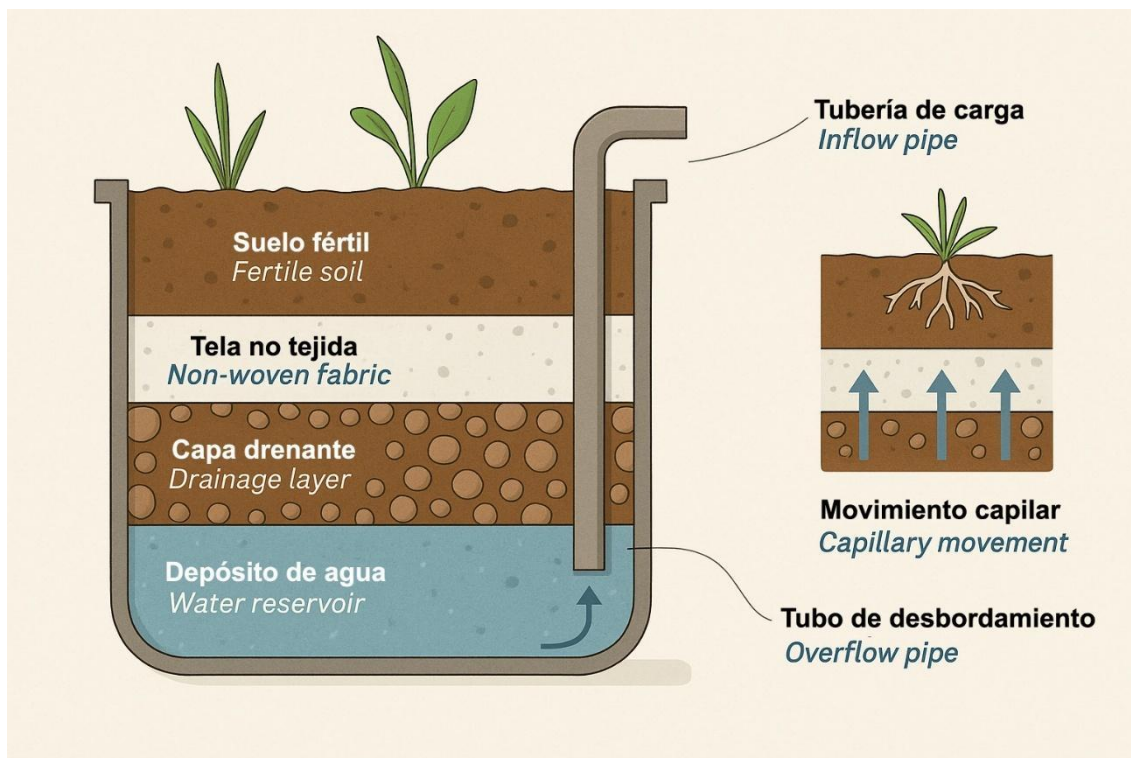
5. Creación de sistemas de cultivo innovadores y monitoreo ambiental con tecnologías de código abierto.

Esta parte del Manual tiene como objetivo proponer soluciones sencillas y efectivas que permitan tanto a individuos como a comunidades implementar sistemas de cultivo sostenibles de bajo costo y de fácil construcción. Por ello, a continuación, se ilustran instrucciones operativas paso a paso para la construcción de algunos sistemas de cultivo y monitoreo que ayudan a enfrentar problemas actuales como la sequía y el cambio climático, fomentando al mismo tiempo la colaboración y el intercambio de conocimientos. Concretamente, se presentan tres prototipos de “háztelo-tú-mismo” - *Do It Yourself (DIY)*: un germinador de semillas, un huerto elevado *wicking bed* y un sistema electrónico de monitoreo ambiental (estación meteorológica casera con sensores).

5.1. Construcción de un Wicking Bed.

En un mundo donde el agua es un recurso cada vez máspreciado y muchas personas viven en entornos urbanos sin acceso directo a un jardín, el *wicking bed* se presenta como una solución de cultivo simple, económica y sostenible para hortalizas, hierbas aromáticas e incluso flores. Se trata de un sistema de huerto elevado con autoriego por capilaridad, que reduce drásticamente el consumo de agua, facilita la agricultura urbana (incluso para quien tiene movilidad reducida o poca experiencia) y genera oportunidades de aprendizaje e inclusión en escuelas, comunidades y asociaciones.

Un *wicking bed* es un cajón de cultivo elevado que incorpora un depósito de agua en la base, el cual mantiene húmedo el sustrato por acción capilar. Las raíces de las plantas “beben” el agua que necesitan directamente desde abajo, eliminando la necesidad de riegos frecuentes. En la práctica, consiste en un cajón de madera impermeabilizado por dentro, cuyo fondo contiene una capa de material poroso (por ejemplo, arcilla expandida o grava) que actúa como reservorio de agua. Encima de esa capa drenante se coloca una tela geotextil (también llamada tela no tejida), y sobre ella el sustrato o tierra de cultivo. Gracias a este diseño, el suelo se mantiene constantemente húmedo por la ascensión capilar del agua desde el depósito en el fondo, aprovechando al máximo el recurso hídrico sin pérdidas por percolación. Otro beneficio es que el nivel de agua almacenada se puede controlar mediante un sistema de tubos: uno de llenado desde arriba y un tubo lateral de rebose o desbordamiento que evita encharcamientos, permitiendo drenar el exceso.



Entre las ventajas de este sistema están:

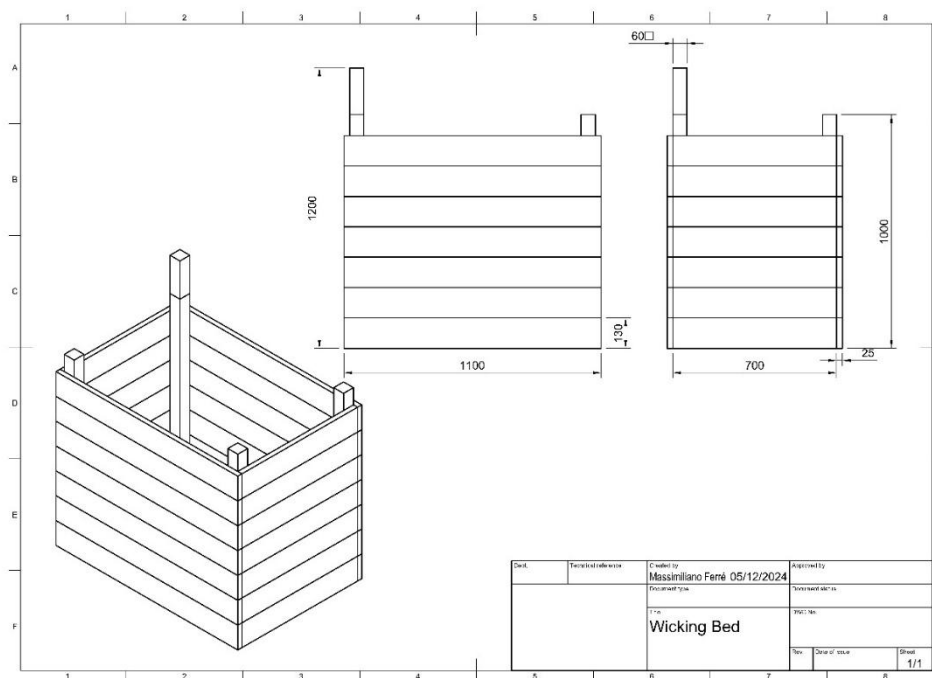
- ✓ Ahorro de agua: hasta un 80% menos de consumo que un huerto tradicional.
- ✓ Riego poco frecuente: ideal para climas cálidos o situaciones donde no es posible regar a diario. El depósito proporciona varios días (incluso semanas) de autonomía.
- ✓ Mayor autonomía para las plantas: siempre disponen de la humedad necesaria sin estrés hídrico.
- ✓ Accesibilidad: al estar elevado, es fácil de manejar por niños, personas mayores o con discapacidad (no hay que agacharse y se puede adaptar la altura).
- ✓ Reciclaje de materiales: se puede construir con materiales reutilizados o económicos.
- ✓ Adaptabilidad: las técnicas de construcción se pueden ajustar según las necesidades (espacio disponible, tamaño deseado, tipo de cultivos, etc.).

5.1.1. Materiales y herramientas necesarios

Aquí están los materiales necesarios para hacer una *wicking bed* de aproximadamente 155 x 100 cm, junto con su función, tal como se indica en el documento:

Materiales	Indicaciones prácticas
<i>Tablas de madera de alerce¹ (espesor 25 mm)</i>	<i>Altura máxima del cajón 90 cm</i>
<i>Tornillos para madera Ø6×55 mm</i>	<i>Para ensamblar la estructura del cajón</i>
<i>Lámina impermeable de PVC (aprox. 3 × 4 m)</i>	<i>Para forrar el interior y hacer estanque el depósito de agua</i>
<i>Grava o arcilla expandida (unos 300 L)</i>	<i>Material para la capa drenante (25–30 cm)</i>
<i>Tela geotextil (o tela no tejida)</i>	<i>Para separar la grava del sustrato y evitar que la tierra colmate el drenaje</i>
<i>Sustrato fértil de calidad (aprox. 1000 L)</i>	<i>Tierra para llenar el cajón. Se recomienda mezclar con compost para mejorar los nutrientes</i>
<i>Tubo de carga de agua (diámetro aprox. de 20 mm)</i>	<i>Tubo vertical para llenar el depósito desde la superficie. Puede ser de PVC u otro material rígido.</i>
<i>Codo de fontanería 3/4" (pieza acodada)</i>	<i>Funcionará como salida de rebose del agua excedente (irá en el lateral del cajón, a cierta altura).</i>
<i>Tee de latón de 3/4"</i>	<i>Conector en "T" de 3 vías, se usa para unir el tubo vertical de carga con el codo de rebose y el drenaje interno</i>
<i>Niples (tubos roscados) 3/4" × 25 mm, 2 uds.</i>	<i>Tramos roscados para conectar entre sí el tubo de carga, la tee y el codo, atravesando la pared del cajón.</i>
<i>Accesorio pasamuros 3/4" (válvula o unión para estanque)</i>	<i>Pieza de desagüe que permite sellar herméticamente la salida de agua del rebose a través de la madera.</i>
<i>Junta de goma 3/4"</i>	<i>Arandela o sello de caucho para asegurar la estanqueidad del sistema hidráulico en las uniones (se coloca en el pasamuros/codo para que no filtre agua por la pared).</i>

¹ Sirve cualquier madera resistente a la intemperie, aconsejamos el alerce porque es duradero y naturalmente resistente al agua.



Herramientas necesarias:

- Taladro atornillador (preferible con broca de corona/copo para hacer agujeros anchos en madera).
- Sierra eléctrica (circular o ingletadora) o serrucho de mano para cortar las tablas.
- Tijeras robustas o cúter para recortar la lona impermeable y la tela geotextil.
- Nivel de burbuja (nivelador) para comprobar la horizontalidad del cajón.
- Cinta métrica (metro) para medir dimensiones.
- Cinta de teflón (sellador de roscas) para las conexiones de fontanería.
- Grapadora fuerte para fijar la lona (opcional).
- Guantes de trabajo y gafas de protección (seguridad al cortar y taladrar).

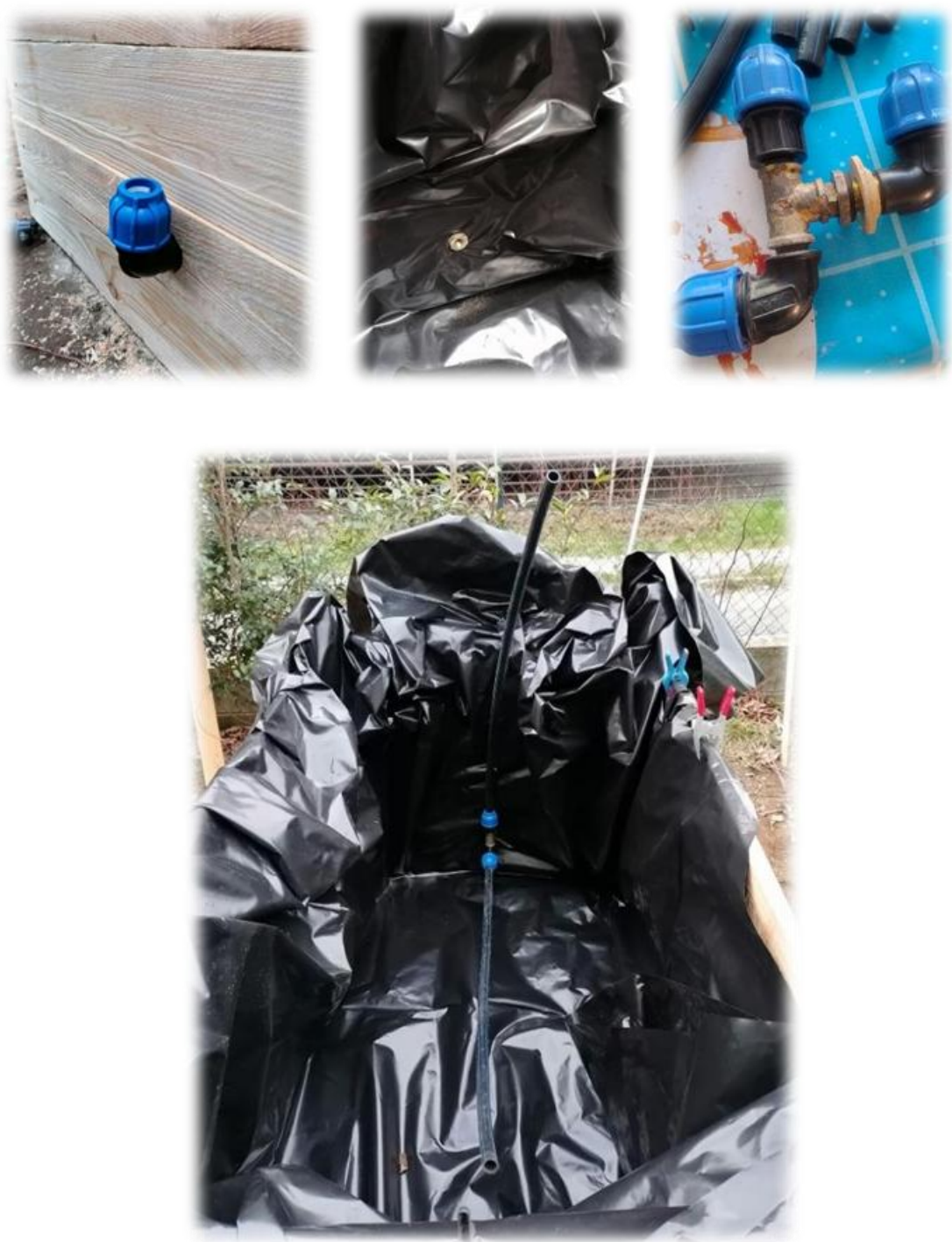
5.1.2. Procedimiento paso a paso

1. **Preparación del cajón:** Corta las tablas de madera a las dimensiones deseadas (por ejemplo, formando un marco de 155 × 100 cm y aprox. 90 cm de alto). Ensambla el cajón uniando las tablas con tornillos, usando refuerzos en las esquinas (pueden ser listones cuadrados interiores) para darle solidez. Sitúa el cajón ya montado en un suelo nivelado y firme.



2. **Instalación de los tubos:** Haz un orificio en uno de los lados cortos del cajón (aprox. a 20 cm del fondo) para instalar el tubo de desbordamiento. Inserta en ese orificio el codo de 3/4" conectado a la tee, de manera que el extremo del codo quede al ras del interior (ese será el nivel máximo de agua). Cubre por dentro todo el cajón con la lona impermeable, ajustándola bien a las esquinas (puedes sujetarla con grapas o listones para que no se mueva). Después, coloca verticalmente el tubo de carga dentro del cajón, que atravesará la base hasta la T (será el conducto para llenar el agua). Coloca también un tubo perforado de irrigación horizontalmente a lo largo del fondo (este tubo, con múltiples agujeros, distribuirá el agua del depósito de forma uniforme bajo la grava; puede ser por ejemplo un tubo PVC de 20 mm con perforaciones, conectado lateralmente a la T). Por último, ajusta y rosca todas las conexiones (utiliza teflón en las roscas para prevenir fugas). Al final de este paso deberías tener un tubo vertical hacia arriba (llenado), una tee que conecta con el tubo perforado en el fondo, y un codo que atraviesa la pared como rebosadero.





3. **Primera prueba de estanqueidad:** Llena parcialmente de agua el depósito a través del tubo de carga vertical y verifica que no haya fugas en las conexiones (especialmente alrededor del orificio del rebose y en uniones roscadas). Si gotea, ajusta las piezas o añade sellador hasta asegurar que todo quede estanco.

4. **Capa drenante:** Coloca la arcilla expandida o grava llenando el fondo del cajón hasta unos 25–30 cm de altura. Esta capa rodeará el tubo de irrigación perforado. Comprueba que la altura del tubo de desbordamiento sea ligeramente inferior a la altura de esta capa drenante (el rebosadero debe evacuar el agua cuando el nivel supere la grava, para que el sustrato por encima no quede sumergido). Si hace falta, ajusta la posición del codo.



5. **Colocación de la tela geotextil:** Extiende la tela no tejida sobre la capa de grava, cubriéndola por completo. Esta tela evitará que el sustrato se mezcle con la grava y obstruya los poros de drenaje, pero permitirá el paso del agua por capilaridad.
6. **Relleno con sustrato:** Llena el resto del cajón con el sustrato preparado (tierra fértil, preferiblemente mezclada con compost). Rellena hasta el borde, pero sin compactar en exceso, simplemente asienta ligeramente la tierra con la mano para eliminar bolsas de aire grandes.



7. **Puesta en marcha del sistema:** Vierte agua por el tubo de carga hasta llenar el depósito inferior. Sabrás que está lleno cuando empiece a salir agua por el tubo de rebose lateral (el exceso). Deja reposar unas horas y verifica nuevamente el nivel. La tierra absorberá algo de agua al inicio, por lo que

puede bajar el nivel. En ese caso, rellena otra vez si es necesario hasta que se estabilice.

8. **Plantación:** ¡El wicking bed está listo para plantar! Siembra o trasplanta tus cultivos (hortalizas, plantas aromáticas, flores, etc.) según la temporada. Coloca las plantas en la superficie del sustrato, dejando espacio suficiente entre ellas, y riégalas ligeramente por encima solo la primera vez para asentar la tierra alrededor de las raíces.



5.1.3. Mantenimiento y gestión

- Revisar el nivel de agua periódicamente mediante el tubo de carga (se puede usar una varilla o simplemente mirar si se ve agua en el fondo del tubo).
- Rellenar el depósito aproximadamente cada 1–2 semanas (la frecuencia dependerá del clima y del tipo de plantas). En climas muy cálidos o estaciones secas, revisar al menos semanalmente.
- Evitar encharcamientos prolongados: si se prevén lluvias abundantes, comprobar que el rebosadero funciona y drena el exceso; si el sistema permanece saturado de agua demasiado tiempo, puede faltar oxígeno en las raíces.
- En invierno (o en climas fríos): vaciar o bajar el nivel del depósito si existe riesgo de heladas prolongadas, para evitar daños por congelamiento del agua (el hielo puede expandirse y romper la lona o las conexiones).
- Renovar parcialmente el sustrato cada 1–2 años, añadiendo compost o tierra nueva para reponer nutrientes, ya que con el tiempo las plantas agotan parte de la fertilidad.

5.2. Prototipo de wicking bed en miniatura (germinador de plantas).

Después de presentar el wicking bed a escala real, también proponemos un modelo a escala reducida –básicamente un mini-wicking bed– pensado para quien se acerca por primera vez a este tipo de cultivo o dispone de poco espacio. Se trata de una estructura muy simple, portátil y de coste bajo, que permite familiarizarse con el sistema sin un gran compromiso de materiales. Además, este mini huerto puede usarse como germinador para iniciar plántulas a partir de semilla, que luego se trasplantarán al wicking bed grande o a otras macetas.

Materiales para el germinador:

- ✓ Caja de plástico de aproximadamente 55 L de capacidad, preferiblemente de calidad alimentaria (sin sustancias tóxicas) y con ruedas o asas para moverla fácilmente. Por ejemplo, un contenedor de almacenamiento de polipropileno.
- ✓ Arcilla expandida (20 L) para la capa drenante. Alternativamente, grava volcánica u otro sustrato inerte ligero.



- ✓ Kit de tuberías y conectores de fontanería de menor tamaño: básicamente una versión reducida del sistema anterior. Se pueden usar tubos de PVC de Ø16 mm en lugar de 20 mm, con sus codos, tees y pasamuros correspondientes con rosca de 1/2". Un pequeño tramo de manguera flexible perforada servirá como tubo de riego en el fondo.
- ✓ Tela geotextil para separar la arcilla de la tierra (un trozo suficiente para cubrir la superficie de la caja).
- ✓ Sustrato universal (unos 40–50 L) para el relleno de la caja (se puede mezclar con turba o perlita para aligerarlo si la caja es movable).

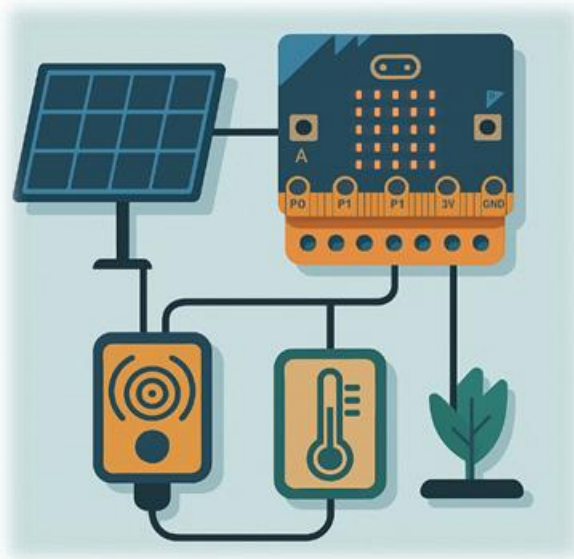
El montaje de este germinador se realiza de forma análoga al wicking bed grande, adaptando las dimensiones: se perfora la pared de la caja plástica para instalar un pequeño tubo de rebose lateral (aprox. a 10 cm del fondo, dependiendo de la altura de la caja) y se coloca un tubito vertical para el llenado de agua. En el fondo se vierte la arcilla expandida (unos 10–15 cm formando el depósito), luego se cubre con la tela geotextil y encima se agrega el sustrato hasta llenar. Un tubito perforado distribuido en el fondo (conectado al de llenado) asegurará la irrigación uniforme. Se llena el depósito de agua a través del tubo vertical hasta que salga por el rebosadero, y ya está listo para usarse.

Este germinador pequeño es ideal para colocar en una terraza o incluso en interior, cerca de una ventana. Permite iniciar semilleros aprovechando la autorregulación de humedad del wicking bed: las semillas germinan en un sustrato siempre húmedo, pero no encharcado. Una vez que las plántulas crecen lo suficiente, se pueden trasladar (con cepellón) al huerto mayor o a macetas individuales. Así, el mini-wicking bed sirve como “vivero” portátil y también como demostración educativa: estudiantes o novatos pueden construirlo rápidamente y observar en pocas semanas el ciclo de germinación, a la vez que comprenden el principio de riego por capilaridad.



5.3. Sistema de monitoreo ambiental con Micro:bit (estación meteorológica DIY).

Para complementar los sistemas de cultivo anteriores, se propone montar una pequeña estación de monitoreo ambiental para huertos, usando tecnología *open source* y de bajo costo. El corazón de este sistema es la placa BBC Micro:bit, un microcontrolador compacto diseñado para el aprendizaje de la programación, la electrónica y el pensamiento computacional en contexto educativo. El Micro:bit incluye sensores integrados (luz, temperatura, acelerómetro, magnetómetro), botones, una matriz de LED y conectividad inalámbrica, lo que permite realizar proyectos interactivos con una interfaz muy sencilla y accesible incluso para principiantes absolutos.



En nuestro caso, se eligió Micro:bit para la estación de monitoreo porque nos permite introducir conceptos básicos de programación y sensórica de forma práctica e intuitiva, incluso con estudiantes sin experiencia en electrónica. También, se estimula la curiosidad mediante la experimentación directa, ya que los participantes pueden montar y ver funcionar sus propios sensores ambientales en tiempo real. Por ello, Micro:bit ha demostrado ser útil con niños y jóvenes en riesgo de exclusión social, ya que sus proyectos son tangibles y divertidos. Además, gracias a su flexibilidad, Micro:bit se puede programar tanto con lenguajes visuales tipo Scratch (el entorno MakeCode) como en Python, adaptándose a distintos niveles de competencia y permitiendo progresar a código más avanzado cuando sea oportuno.

La estación meteorológica que proponemos estará alimentada mediante energía solar (paneles fotovoltaicos + batería) y será capaz de transmitir los datos recopilados en tiempo real a través de una conexión WiFi hacia una página web pública accesible en todo momento. De este modo, los datos ambientales locales pueden compartirse con la comunidad educativa o en proyectos de ciencia ciudadana.

5.3.1. Kit IoT (Internet de las Cosas) para Micro:bit

Para construir un prototipo funcional con fines didácticos, optamos por utilizar un kit IoT diseñado para Micro:bit (en nuestro caso, el *ElecFreaks IoT:bit kit*). Este kit incluye una serie de sensores, actuadores y módulos de comunicación que se conectan

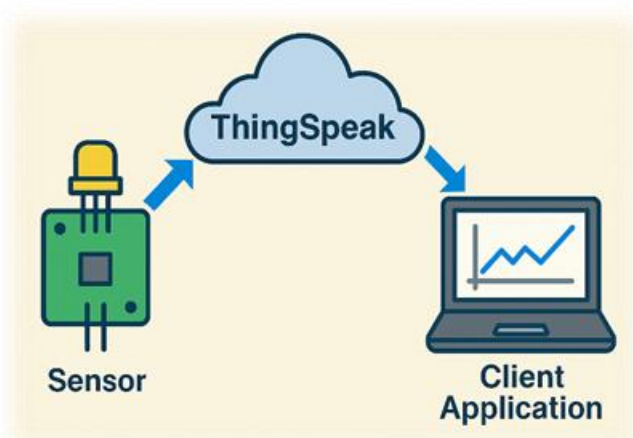
fácilmente a la placa Micro:bit, creando un dispositivo capaz de recopilar datos ambientales, procesarlos y comunicarlos en red.

Los componentes típicos de un kit IoT para Micro:bit son:

- ✓ Sensores ambientales: de temperatura, humedad relativa, luz, sonido (ruido), calidad de aire (gas/CO₂), humedad de suelo, presión atmosférica, entre otros.
- ✓ Actuadores: por ejemplo, un pequeño zumbador/buzzer para alertas sonoras, luces LED o un mini relé para controlar dispositivos externos.
- ✓ Módulo WiFi: generalmente basado en un chip ESP8266 o similar, para conectar el Micro:bit a Internet vía WiFi.
- ✓ Placa de expansión (shield) con soporte de batería: se inserta el Micro:bit en esta placa que provee puertos adicionales y alimentación autónoma. La expansión IoT:bit, por ejemplo, expone todos los pines del Micro:bit a 3V en conectores tipo plug y añade un reloj de tiempo real (RTC), un módulo WiFi integrado y ranura para baterías, permitiendo crear un sistema independiente de larga duración.
- ✓ Pantalla OLED (en algunos kits): pequeña pantalla, típicamente de 0.96" o 1.3", para mostrar datos locales (temperatura, etc.).
- ✓ Cables y accesorios de conexión rápida (cables con conectores tipo jumper, tornillería, etc.).

Este kit nos permitirá monitorizar parámetros ambientales en un huerto o aula (temperatura del aire, humedad, luz solar, nivel de ruido, humedad del suelo, presencia de gases, etc.) y enviar datos a plataformas en la nube (como ThingSpeak, Blynk, IFTTT) para almacenarlos, visualizarlos gráficamente en tiempo real o activar alertas. Además, puede

recibir comandos remotos, por ejemplo, que un usuario desde Internet pueda encender un actuador (como una bomba de riego) si la humedad baja demasiado, o que la estación notifique via IFTTT al móvil cuando ocurre algo (lluvia detectada, etc.). Así, podemos crear mini estaciones meteorológicas portátiles, sistemas de riego automatizado, alarmas inteligentes (p.ej. un zumbador que suena si hace demasiado calor en el invernadero), etc.



5.3.2. Montaje de Micro:bit



Cada sensor o actuador conectado al Micro:bit se comporta como un pequeño circuito que necesita siempre al menos dos conexiones: una de alimentación positiva (VCC, generalmente 3V en el caso de Micro:bit) y otra de tierra (GND, masa). Además, en sensores digitales se requiere un tercer cable de señal, que es el encargado de transportar el dato desde (o hacia) el Micro:bit.

Algunos módulos complejos (por ejemplo, sensores de comunicación serial I²C o SPI) pueden requerir incluso un cuarto cable para sincronizar señales de reloj o permitir comunicaciones bidireccionales, pero en términos generales tres cables son suficientes para la mayoría de sensores básicos. La placa de expansión IoT:bit mencionada anteriormente facilita estas conexiones al brindar puertos triples (VCC-GND-Signal) listos para enchufar sensores sin necesidad de soldar. Además, dado que Micro:bit opera a 3.3 V, todos los sensores elegidos funcionan a ese voltaje, estando dentro de la corriente máxima que el microcontrolador puede suministrar sin problemas.

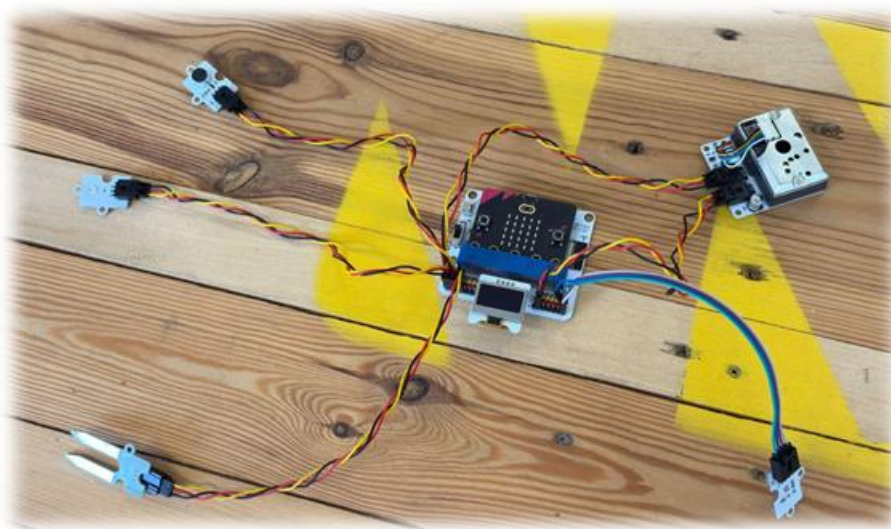
Para programar el Micro:bit utilizamos el entorno oficial Microsoft MakeCode, disponible en versión web (<https://makecode.microbit.org>) y que también se puede usar offline. MakeCode permite programar con bloques gráficos tipo puzzle (muy intuitivo para principiantes) o cambiar al modo de texto JavaScript/Python para mayor control. Alternativamente, se puede programar en Python usando editores como Mu o el propio MakeCode en modo Python, lo que abre posibilidades más avanzadas si se desea.

Nuestro programa para la estación se desarrolló en MakeCode mediante bloques. Al iniciar la placa Micro:bit, el código realiza los procesos de inicialización necesarios para el correcto funcionamiento de todo el sistema:

- Inicializa la pantalla OLED (borrando cualquier dato previo y preparando la interfaz para mostrar las lecturas).
- Establece la conexión WiFi usando el módulo ESP8266 integrado, conectándose a la red inalámbrica local con las credenciales configuradas (SSID y contraseña).
- Configura los pines del Micro:bit para comunicarse con cada sensor (por ejemplo, estableciendo comunicación I²C con el sensor de temperatura/presión, definiendo entradas analógicas para sensores si correspondiera, etc.).

Tras la inicialización, el programa principal entra en un bucle infinito que se encarga de:

- Leer periódicamente cada sensor (por ejemplo, cada minuto o el intervalo deseado).
- Actualizar la pantalla OLED con los valores medidos (por ejemplo: 25°C, 60% HR, 1012 hPa, luz 300 lx, ruido 40 dB).
- Enviar los datos a una plataforma web para registro. En nuestro caso se utilizó ThingSpeak, un servicio IoT gratuito donde se pueden crear canales de datos. Mediante la API de ThingSpeak, el Micro:bit envía una petición HTTP tras cada lectura con los nuevos datos, de modo que quedan almacenados en la nube. Luego, esos datos pueden verse en gráficos de tiempo real accediendo al canal público de ThingSpeak o incluso incrustarse en una web del proyecto. (Este proceso implica que el Micro:bit esté conectado a Internet vía WiF. La placa IoT:bit se ocupa de eso, y MakeCode tiene extensiones que simplifican el envío de datos a servicios web.)



MÁS INFORMACIÓN

Si quieres tener más información sobre cómo montar y programar un sistema Micro:bit puedes consultar en el [Anexo: Montaje y programación sistema Micro:bit](#)

5.3.3. Utilidad pedagógica de Micro:bit

Este tipo de sistemas es útil en educación al introducir de manera concreta los conceptos de sensores, redes y automatización, que suelen ser abstractos, convirtiéndolos en algo tangible que los alumnos pueden tocar y entender. Además, su facilidad de programación, a través de MakeCode (editor gráfico de Microsoft para Micro:bit) o en Python, permite empezar con bloques visuales y luego progresar a escribir código, con lo que se puede adaptar al nivel educativo (primaria, secundaria, formación profesional, etc.).

Instalar y conectar sensores ambientales –como sensores de partículas de polvo, luminosidad, temperatura y humedad del aire, humedad del suelo, presión atmosférica o ruido– en un contexto didáctico ofrece una oportunidad real para hacer tangible lo que normalmente es invisible. Los estudiantes pueden recopilar datos locales de su entorno escolar o comunitario, aprendiendo sobre la marcha acerca de la calidad del aire, los microclimas, el ciclo del agua, etc.

Desde el punto de vista pedagógico, los alumnos aprenden a leer datos en tiempo real, reflexionar sobre fenómenos como la contaminación del aire o los cambios climáticos locales, y vincular esas observaciones con acciones concretas de cuidado y gestión sostenible de un huerto. Mientras que desde un punto de vista más técnico o de investigación, el sistema posibilita comparar mediciones en distintos puntos, observar variaciones estacionales o microclimáticas, y verificar con datos la eficacia de intervenciones como los wicking beds en comparación con métodos tradicionales.

En definitiva, la monitorización multisensorial ambiental, asociada a un proyecto concreto y visible como el huerto, contribuye a "hacer visible lo invisible": muestra cómo la interacción entre entorno y tecnología puede generar nuevas consciencias y herramientas para afrontar los retos ambientales del presente.



FISH

Farmers
Innovation
Science
Hub

Este manual es una guía que pueda servir para mejorar la producción sostenible de plantas y peces y es fruto de la colaboración de las diferentes entidades que han participado en el Proyecto ERASMUS+ KA210 FISH.

En este manual puedes encontrar contenidos teóricos y prácticos para poder mejorar la producción agroganadera y complementarla con la producción de peces.



Erasmus+