



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

PROPUESTA DE UN MODELO DE SOSTENIBILIDAD EN
PRODUCCIÓN HORTÍCOLA PARA DIFERENTES
COMUNIDADES EN LA SELVA PERUANA

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

AUTOR/A: Martos Rubio, Jesús

Tutor/a: Castell Zeising, Vicente

Cotutor/a: Adán Roca, Vicente

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL**

PROPUESTA DE UN MODELO DE SOSTENIBILIDAD EN PRODUCCIÓN HORTÍCOLA PARA DIFERENTES COMUNIDADES EN LA SELVA PERUANA

**TRABAJO DE FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA
AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL**

**ALUMNO: JESÚS MARTOS RUBIO
COTUTOR: VICENTE CASTELL ZEISING
COTUTOR: VICENTE ADÁN ROCA**

**CURSO ACADÉMICO: 2022-2023
VALENCIA, MAYO 2022**



AGRADECIMIENTOS:

En primer lugar, me gustaría agradecer a la UPV por darme la oportunidad de participar en el programa MERIDIES, ha sido una experiencia que ha cambiado mi vida, ya que he podido observar la realidad desde otro punto de vista y aprender a darle valor a las cosas que realmente importan. En segundo lugar y no menos importante, quiero darles las gracias a mis dos magníficos tutores; Vicente Adán Roca y Vicente Castell Zeising, que han sabido guiarme pacientemente durante este proceso. Finalmente, agradezco a mi familia y amigos por haberme motivado y apoyado durante este largo camino, que, aunque ha sido una gran aventura muy divertida ha habido momentos difíciles que no hubiera sido posible superar sin ellos



ÍNDICE

ÍNDICE ILUSTRACIONES	II
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. OBJETIVOS Y ALCANCE	4
1.3. ESTUDIOS PREVIOS DE LA ZONA	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Climatología	6
1.3.3. Edafología	6
1.3.4. Disponibilidad hídrica	6
2. MATERIALES Y MÉTODOS	8
2.1. BIODCOMPOST	8
2.1.1. Concepto	8
2.1.2. Sistema	8
2.1.3. Objetivo	8
2.1.4. Componentes	8
2.1.5. Proceso	10
2.1.6. Producto final	13
2.1.7. Beneficios	13
2.2. BIOHUERTO	15
2.2.1. Concepto	15
2.2.2. Objetivo	15
2.2.3. Partes del biohuerto	15
2.2.4. Orientación	16
2.2.5. Materiales	16
2.2.6. Cultivos	17
2.2.7. Diseño del sistema de cultivo	22
2.2.8. Manejo y control físico del cultivo	25
2.3. Sistema fotovoltaico	28
2.3.1. Contexto y justificación	28
2.3.2. Objetivo	28
2.3.3. Componentes del sistema fotovoltaico	29
2.3.4. Consumo diario de energía eléctrica	30
2.3.5. Diseño de la instalación	30
2.3.6. Dimensionado del sistema	32
2.3.7. Rendimiento del sistema fotovoltaico	32
3. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	34
3.1. BIODCOMPOSTAJE	34
3.2. BIOHUERTO	34
3.3. SISTEMA FOTOVOLTAICO	35
3.4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD	35
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37



ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Características principales de los cultivares	17
Tabla 2: Diseño de rotación de cultivos con asociaciones para un periodo de 2 a	23
Tabla 3: Suelo ideal para el cultivo de hortalizas	26
Tabla 4: Consumo diario de energía eléctrica, Wh/día	30
Tabla 5: Datos generales de la rama fotovoltaica	31
Tabla 6: Datos generales del conexionado de las baterías	31
Tabla 7: Dimensionado final del sistema	32
Tabla 8: Resumen del presupuesto	34

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1: Fases del proceso de compostaje & factores temperatura y pH (CSR Laboratorio, n.d.)	12
Figura 2: Esquema unifilar	29
Figura 3: Ángulo de inclinación β (IDAE, 2009)	30
Figura 4: Ángulo de azimut α (IDAE, 2009)	31
Figura 5: Producción energética estimada del sistema (PVGIS, 2023)	32
Figura 6: Rendimiento de las baterías del sistema (PVGIS, 2023)	33

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Situación de Villa Salvación en el mapa	1
Ilustración 2: Vistas desde el mirador del MLC desde donde se pueden apreciar los cerros y el río Madre de Dios	2
Ilustración 3: Vista aérea del MLC	5
Ilustración 4: Plano de actuación	6
Ilustración 5: Vista frontal del biocompostaje	8
Ilustración 6: Vista del biohuerto	15
Ilustración 7: Riachuelo donde se obtiene el agua para el riego	27
Ilustración 8: Vista suroeste de la instalación fotovoltaica	28

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Como estudiante del grado en ingeniería Agroalimentaria y del medio rural en la UPV, solicité la beca de cooperación MERIDIES para la realización del Trabajo Final de Grado (TFG) en el programa de cooperación al desarrollo en "Producción y monitoreo de hortalizas en biohuertos bajo condiciones tropicales en la Reserva de la Biosfera del Manu", a través de la organización no gubernamental de desarrollo "Crees Foundation" en un proyecto ya en funcionamiento.

El "Proyecto Manu Sostenible" (PMS) tiene inicio en el año 2015, con la construcción de los primeros biohuertos para las familias y comunidades que comprenden el área de amortiguamiento de la reserva de la biosfera del **Parque Nacional Manu (Perú)**. Dicho proyecto, se ejecutó con la iniciativa de la ONG **Crees Manu S.A.C.** y el apoyo de la UPV mediante las becas de cooperación **MERIDIES**.

El área de amortiguamiento de la reserva de la biosfera del **Parque Nacional Manu**, se ubica en el departamento de Madre de Dios y forma parte de la provincia del Manu; esta se sitúa en el extremo este del departamento y limita con la región selvática del norte de Cusco, cuenta con una superficie de 27 835 km² y una población de 20.000 habitantes aproximadamente, teniendo por capital de provincia Villa Salvación. Esta se encuentra a una altitud de 548 msnm. (*Caracterización Del Departamento de Madre de Dios, 2011*)

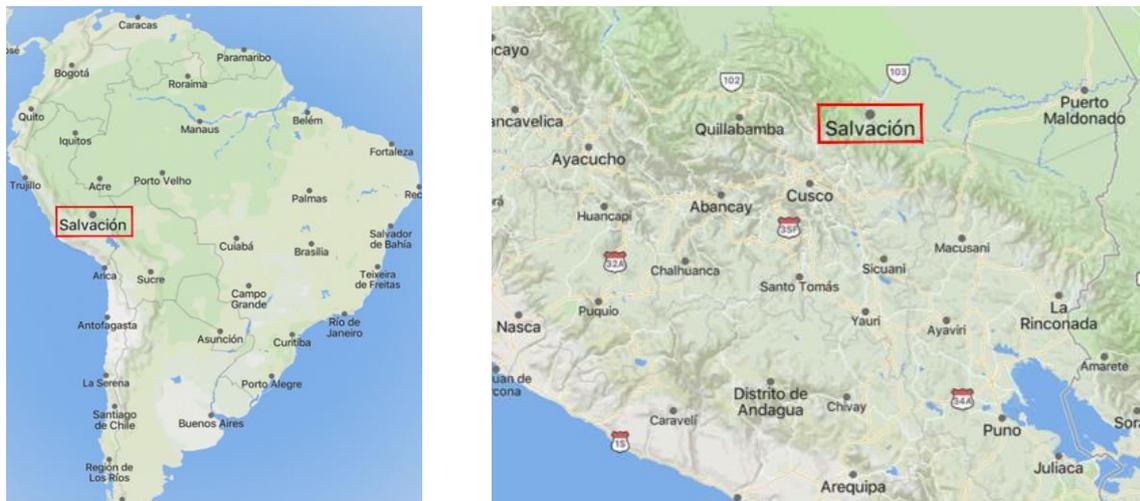


Ilustración 1: Situación de Villa Salvación en el mapa

Geográficamente, Salvación se encuentra en *ceja de selva*, es decir, entre la cordillera de los andes y la selva, por tanto, destacan ciertos relieves montañosos a los alrededores, llamados

cerros. Esta topografía se caracteriza por disponer de distintas altitudes en los planos, generando distintos climas donde la flora y fauna es muy heterogénea.



Ilustración 2: Vistas desde el mirador del MLC desde donde se pueden apreciar los cerros y el río Madre de Dios

El clima de Madre de Dios es de tipo tropical: cálido, húmedo y con abundantes precipitaciones pluviales. La temperatura media anual en Salvación es de 28°C; las máximas llegan a 38°C entre agosto y septiembre y las mínimas descienden a 8°C, que coinciden con el *friaje*; este evento se ocasiona por los vientos helados procedentes de la Antártida que soplan hacia el norte. Las precipitaciones son escasas entre los meses de junio a agosto, con una época lluviosa entre diciembre y marzo (Plataforma del Estado Peruano, n.d.).

Mi incorporación al destino se vio retrasada debido a los difíciles momentos que estábamos pasando a causa de la epidemia COVID-19, y esto se vio reflejado en el estado del programa llegados a ese momento. Como la organización se vio obligada a prescindir de parte de la plantilla del área de comunidades, los biohuertos estuvieron sin supervisión profesional y muy pocos beneficiarios continuaron con la labor a la que se comprometieron, la mayoría abandonaron los mismos. Mientras que algunos los desatendieron o reutilizaron el material para otros usos, la gran mayoría aprovecharon el espacio como gallinero.

Con un total de 17 biohuertos activos en el año 2018, previo al COVID, nos encontramos en junio del 2021 con un total de 2 biohuertos activos; con estructura muy dañada, el resto eran un reflejo de lo que habían sido antaño (Castro, 2018).

Por una parte, las familias que conformaban el grupo mayoritario de beneficiarios se negaban a retomar el proyecto, ya que estaban bastante disgustadas e indignadas por haber sido “abandonadas” durante la etapa inicial de la epidemia, en la que ningún profesional fue a monitorear los biohuertos. Este hecho retrasó mucho nuestros objetivos, ya que en muchas ocasiones no acudían al lugar de trabajo en las fechas acordadas, se negaban a devolvernos los materiales o nos exigían que realizáramos nosotros mismos las labores más simples como podía ser la siembra o el riego, sin tener en consideración que solo queríamos proporcionarles una mejor calidad de vida basada en una alimentación más nutritiva y una oportunidad de lucrarse comercializando estas hortalizas.



Este comportamiento por parte tanto de las comunidades nativas como de las colonas se debe a que la mayoría de las ONGs que se encuentran en el área, están vinculadas a otras empresas con ánimo de lucro que obtienen el permiso de promover el turismo en la selva y beneficiarse de este, siempre y cuando su ONG apoye a las comunidades. Este acontecimiento ha derivado en una dependencia mutua; las ONG limitan sus esfuerzos en que sus propios proyectos adquieran una continuidad, por otro lado, las comunidades no tienen interés de esforzarse en que estos proyectos funcionen, ya que acostumbran a que esté todo hecho.

Por otra parte, ciertos colectivos si se mostraron interesados en el programa, ya que el biohuerto proporciona una variedad de alimentos amplia para una autonomía alimenticia más rica en nutrientes de lo que estaban acostumbrados. Estos eran los comedores sociales, los cuales estaban gestionados por mujeres en los barrios de la capital de la región Madre de Dios, Salvación, y en ciertas comunidades nativas y colonas.



1.2. OBJETIVOS Y ALCANCE

Aunque a lo largo de mi estadía superamos numerosos objetivos con la reconstrucción y construcción de biohuertos (véase las figuras 10 y 11 del anexo 4), talleres para la obtención de biocompost, instalación de sistemas fotovoltaicos (véase en la figura 8 del anexo 4) y optimización de sistemas eléctricos, en el presente proyecto vamos a centrarnos en la implementación de un ciclo sostenible, constituido por:

1. Plantas de biocompostaje: Obtención de compost orgánico con una receta basada en los desperdicios alimenticios, heces de animales domésticos de la zona, hojarasca y más componentes que ayudan a ejecutar la descomposición orgánica en un sistema aeróbico, con el objetivo de una posterior utilización de este en el cultivo de las hortalizas que crecen bajo el biohuerto.
2. Biohuerto: Estructura de madera bajo una cubierta de polietileno diseñada con el fin de crear unas condiciones atmosféricas controladas óptimas para el cultivo de hortalizas en condiciones tropicales.

Los principales objetivos del biohuerto, es la proporción continua de una variedad heterogénea de hortalizas para una mayor calidad nutritiva y una salida mercantil.

3. Sistema fotovoltaico: Reubicación de uno de los sistemas fotovoltaicos ubicados en media sombra, con el objetivo de unificar los dos sistemas existentes, para así optimizar el rendimiento fotovoltaico. Proporcionando de esta manera electricidad a la instalación encargada de abastecer energía a los electrodomésticos de refrigeración, para la conservación de los alimentos obtenidos en el biohuerto, y a los puntos de luz para facilitar la labor de las cocineras del albergue.

El presente Trabajo está involucrado con el cumplimiento de numerosos objetivos de desarrollo sostenible (ODS) del plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia, adoptado por la asamblea general de la ONU en la agenda 2030 (véase la relación directa de cada uno de los ODS relacionados con este TFG en el anexo 1).

1.3. ESTUDIOS PREVIOS DE LA ZONA

1.3.1. Ubicación

El proyecto se lleva a cabo en el albergue del MLC (Manu Learning Center), propiedad de la empresa Crees Manu S.A.C. Ubicado en el área de amortiguamiento de la reserva de la biosfera del **Parque Nacional Manu (Perú)**, cuyas coordenadas UTM son: 19S 240357 8584954. La parcela donde está situado el albergue comprende un total de 60 ha y se deforestó hace más de 50 años para establecer cultivos de café, poco después, un incendio acabó con la hacienda y con los integrantes del "proyecto café". Años más tarde, la empresa Crees Manu S.A.C. construyó el MLC con objeto de estudiar la reforestación por vía natural de toda esta área. Hoy en día hay biólogos especializados en cada campo: herpetólogos, micólogos, ornitólogos, ... que se encargan del monitoreo de una gran variedad de especies. Este lugar es financiado por voluntarios que acuden de numerosas partes del mundo con el fin de un turismo vivencial.



Ilustración 3: Vista aérea del MLC

Por una parte, podemos diferenciar una parcela a la que se accede desde el centro del MLC siguiendo el camino T9; donde encontramos en primera instancia la pila de compostaje a nuestra derecha, la cual está constituido por hormigón sobre un techo rústico que impide la luz directa del sol, y siguiendo 10 metros en recto encontramos el biohuerto, rodeado de multitud de cultivos aromáticos y frutales a su alrededor.

Por otra parte, el sistema fotovoltaico se encuentra en la cubierta suroeste del pasillo que une el comedor con las oficinas y la cocina del edificio principal del albergue (Véase la ilustración 3).

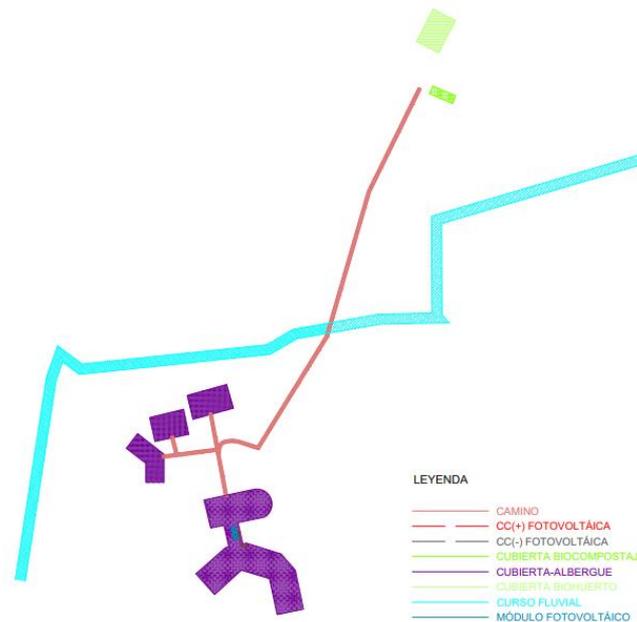


Ilustración 4: Plano de actuación

1.3.2. Climatología

Las condiciones climáticas de la zona son de tipo tropical, donde la salida del sol ronda las 6 h y el atardecer es a las 18 h. La pluviometría depende de la época del año en la que nos encontremos, pero este fenómeno no nos afectará, ya que nosotros cultivaremos las hortalizas bajo un fitotoldo para que el microclima dentro del biohuerto se adecue a las condiciones óptimas que necesitan nuestros cultivos para un desarrollo óptimo. En cuanto a la temperatura tenemos máximas de 38 °C y mínimas de 8 °C. Debido a la ubicación del biohuerto, la frondosa masa vegetal que lo rodea actúa como cortavientos, evitando cualquier ráfaga fuerte que pueda dañar nuestra estructura y nuestros cultivos (Plataforma del Estado Peruano, n.d.).

1.3.3. Edafología

Originalmente, el suelo fue explotado hace aproximadamente 30 años por un cultivo de cacao, desde entonces, la reforestación natural ha seguido su curso y el suelo en el que está ubicado el modelo de sostenibilidad es franco-arcilloso, rico en nutrientes y húmedo, ya que hay un riachuelo que rodea la parcela.

La tierra tiene un pH ácido, entre 4 y 5. Por esta razón es importante corregir la acidez incorporando cal agrícola, roca fosfórica o incluso bastante compost (CREES FOUNDATION, 2018).

Se procederá incorporando el humus obtenido del biocompostaje en las camas de cultivo para mejorar la estructura y dar una aportación nutritiva al suelo antes de comenzar la siembra, el resto se irá aplicando intermitentemente conforme vaya avanzando el sistema de rotación de cultivos.

1.3.4. Disponibilidad hídrica

La propiedad de CREES Manu S.A.C. posee gran cantidad de agua en sus alrededores, ya que numerosos afluentes procedentes de las montañas derivan en el río Madre de Dios, es el mismo río que permite el acceso al albergue mediante barca a motor. En el acceso a la parcela donde



se sitúan el biocompostaje y el biohuerto, se encuentra uno de estos riachuelos del cual se obtiene el agua de forma manual con el llenado de cubos para poder regar los cultivos y para corregir la humedad durante el proceso de descomposición de la materia orgánica.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. BIODIESTRIBUCIÓN

2.1.1. Concepto

El compostaje ha sido empleado por los agricultores desde hace siglos, ya que es un medio de aporte complementario de suplementos orgánicos económicos, de muy buena calidad y sostenible, pudiendo ajustar en cada caso diferentes componentes dependiendo de tu disponibilidad.

La elaboración de los abonos orgánicos fermentados se puede entender como un proceso de semidescomposición aeróbica (con presencia de oxígeno) de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos, quimio-organotróficos que existen en los propios residuos, con condiciones controladas, y que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición en condiciones favorables y que son capaces de fertilizar a las plantas y al mismo tiempo nutrir la tierra (Restrepo, 2007).

2.1.2. Sistema

Para la obtención de compost se aprovechó un sistema de compostaje abierto ya construido con antelación, constituido por 4 pilas diferenciadas, elaboradas con cemento con unas dimensiones de 1,2 x 1,9 m (véase con más detalle en el subapartado 5 pila de compostaje del anexo 2).

El sistema de compostaje se basó en la disposición en hileras del material compostable con volteo. Es el sistema de compostaje más económico y se caracteriza por ser muy simple, en el que la mezcla de los componentes se agrupa en hileras de sección trapezoidal con una altura máxima de 0,8 m. De esta manera se asegura un manejo cómodo de la mezcla para que alcance los niveles adecuados de oxígeno, humedad y una buena distribución del calor.



Ilustración 5: Vista frontal del biocompostaje

2.1.3. Objetivo

Producir abono orgánico fermentado estable, libre de organismos patógenos aprovechando los restos orgánicos putrescibles generados por los voluntarios, biólogos y trabajadores del albergue para una posterior utilización en el cultivo de hortalizas en el biohuerto.

2.1.4. Componentes

(Restrepo, 2007)

2.1.4.1. GALLINAZA Y HECES DE CUY (*COBAYA, CAVIA PORCELLUS*)

Es la principal fuente de nitrógeno en la elaboración de los abonos orgánicos fermentados. Su aporte básico consiste en mejorar las características vitales y la fertilidad de la tierra con algunos



nutrientes, principalmente con fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, entre otros elementos. Dependiendo de su origen, puede aportar inóculo microbiológico y otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad, los cuales mejorarán las condiciones biológicas, químicas y físicas del terreno donde se aplicarán los abonos.

El estiércol de los animales domésticos lo conseguimos de los beneficiarios del programa biohuertos, ya que la mayoría tienen gallinas o cobayas.

2.1.4.2. RESTOS DE POSTCOSECHA/ASERRÍN

Estos ingredientes mejoran las características físicas de la tierra y de los abonos orgánicos, siempre y cuando el aserrín haya permanecido un tiempo a la intemperie de manera que haya perdido el efecto tóxico de algunas sustancias alelopáticas que posee, como los taninos, y que los restos de postcosecha estén bien triturados, estos facilitan la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes. Su posterior hidrólisis genera *in situ* azúcares requeridos por el metabolismo microbiano lo que posibilita el desarrollo activo de una flora microbiana de las mismas características del suelo, al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas, así como de su actividad simbiótica con la microbiología de la rizosfera. A largo plazo, se convierte en una fuente de humus.

- Obtención: Obtenemos el aserrín del carpintero de Salvación, el cual accedió a colaborar con nosotros por ser beneficiario del programa biohuertos y los restos de postcosecha de los vecinos que están en la parte de enfrente del río, que se dedican al cultivo del maíz.

2.1.4.3. AZÚCAR MORENO

Es la principal fuente energética para la fermentación de los abonos orgánicos. Favorece la multiplicación de la actividad microbiológica; es rica en potasio, calcio, sodio y magnesio.

2.1.4.4. LEVADURA

Es una de las principales fuentes de inoculación microbiológica para la elaboración de los abonos orgánicos fermentados, este acelerador de composta orgánico nos ayuda a aumentar la temperatura de nuestra composta durante los primeros 3-5 días de aplicación.

- Obtención: para reemplazar la levadura industrializada, se coloca en una vasija a germinar por un tiempo de ocho días, 1 kg de maíz, con un poco de agua que cubra todo el grano. Después de este tiempo, se muele el maíz y se deja fermentar nuevamente por dos días en la misma agua donde estaba y se le agregan 2 L más.

2.1.4.5. HOJARASCA

Es otra de las principales fuentes de inoculación microbiológica para la elaboración de los abonos orgánicos fermentados. Por otro lado, es una gran fuente de carbono para nuestro compost.

- Obtención: Obtenemos la hojarasca del manto forestal que cubre el perímetro de la parcela donde se sitúa la compostera y del camino que une esta parcela con el albergue.

2.1.4.6. CAL AGRÍCOLA

Su función principal es regular la acidez que se presenta durante todo el proceso de la fermentación, cuando se está elaborando el abono orgánico. Por otra parte, también contribuye



con la aportación de numerosos minerales al compost y labiliza la celulosa que contiene el aserrín.

- Obtención: Este ingrediente puede encontrarse en el río, ya que las constructoras están aprovechando la época de sequía en la selva para triturar las piedras y utilizar el resultado como material de construcción para la carretera.

2.1.4.7. AGUA

Tiene la finalidad de homogeneizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono. Propicia las condiciones ideales para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica, durante todo el proceso de la fermentación cuando se están elaborando los abonos orgánicos.

Tanto la falta de humedad como su exceso son perjudiciales para la obtención final de un buen abono orgánico fermentado. La humedad ideal del abono se va logrando gradualmente, en la medida que se incrementa poco a poco el agua a la mezcla de los ingredientes. La forma más práctica de ir probando la humedad ideal es por medio de la prueba del puño, la cual consiste en tomar con la mano una cantidad de la mezcla y apretarla, de la cual no deberán salir gotas de agua entre los dedos y se deberá formar un terrón quebradizo en la mano.

2.1.5. Proceso

(Moreno y Moral, 2011; Restrepo, 2007)

2.1.5.1. COMPOSTAJE AEROBIO

Después de valorar las diferentes opciones en cuanto a la elección de un proceso aerobio o anaerobio, la elección fue el primero, ya que se trata de un proceso mucho más rápido y efectivo. En el compostaje aerobio, los microorganismos utilizan el oxígeno para la descomposición de la materia orgánica mediante reacciones metabólicas, lo que resulta en una mayor eficiencia en la producción de compost.

2.1.5.2. MEZCLA

Una vez se han juntado todos los componentes en la compostera y se han mezclado de forma homogénea, hay que llevar un seguimiento periódico de volteos para que el proceso aeróbico pueda llevarse a cabo de manera satisfactoria. En nuestro caso, acorde a un horario fijo todos los días, donde los voluntarios y biólogos del MLC se turnaban para voltear la mezcla con palas y comprobaban que la humedad de esta no superaba el 80% y, en caso de estar seca, le aplicaban agua con cuidado de no superar ese porcentaje.

2.1.5.3. FACTORES

El compostaje se basa en la acción de diversos microorganismos aerobios que actúan de manera sucesiva, sobre la materia orgánica en función de la influencia de distintos factores, produciendo elevadas temperaturas, reduciendo el volumen y el peso de los residuos y provocando su humificación y oscurecimiento. Durante este proceso se han de controlar los distintos factores que aseguren una correcta proliferación microbiana y, por tanto, una adecuada mineralización de a materia orgánica (Silva et al., 2017).

2.1.5.3.1. La temperatura

La actividad microbiológica del abono aumenta después de mezclar los ingredientes, lo que se puede juzgar por la evolución de la temperatura. El proceso de descomposición aeróbica se



divide en tres fases: mesófila inicial, termófila y mesófila final, y cada especie de microorganismo tiene una temperatura óptima para su actividad. La actividad microbiológica produce calor, que afecta la temperatura de la pila, pero las temperaturas excesivas pueden dañar la actividad microbiológica.

2.1.5.3.2. El pH

El proceso de compostaje experimenta tres fases en cuanto a la evolución del pH: disminución durante la fase mesófila inicial, alcalinización en la segunda fase y tendencia a la neutralidad en la tercera fase. El compostaje con aireación adecuada produce un pH final entre 7 y 8.

2.1.5.3.3. La humedad

La humedad ideal para la máxima eficiencia en el proceso de fermentación del abono es del 50% al 70% en peso. La descomposición aeróbica es lenta si la humedad es inferior al 30% y un exceso de humedad superior al 70% dificulta la oxigenación y produce un proceso anaeróbico putrefacto, lo que no es ideal para obtener un abono de buena calidad.

2.1.5.3.4. La aireación

La presencia de oxígeno o una buena aireación es necesaria para un proceso aeróbico eficiente de fermentación del abono. El porcentaje de oxígeno disminuye progresivamente hacia el interior de la pila de compostaje, lo que puede favorecer el crecimiento de microorganismos anaeróbicos y retrasar la descomposición. Sin embargo, una aireación excesiva puede enfriar la masa y reducir la actividad metabólica de los microorganismos. Durante la etapa de maduración, no se deben aportar cantidades adicionales de oxígeno para evitar la rápida mineralización de los compuestos húmicos formados.

2.1.5.3.5. El tamaño de las partículas

La reducción del tamaño de las partículas de los componentes del abono puede aumentar la superficie para la descomposición microbiológica, pero el exceso de partículas muy pequeñas puede llevar a una compactación que favorece el desarrollo de un proceso anaeróbico no deseado. El *bocashi* es una técnica de fermentación aeróbica utilizada para preparar el abono, y las dimensiones óptimas de las partículas varían según los criterios de diferentes autores, pero en general se sitúan entre 1 y 5 cm.

2.1.5.3.6. Relación carbono-nitrógeno

La relación teórica e ideal para la fabricación de un buen abono de rápida fermentación se calcula que es de 1 a 25-35. Las relaciones menores pueden resultar en pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización; por otro lado, relaciones mayores resultan en una fermentación y descomposición más lenta, y que en muchos casos es conveniente.

2.1.5.3.7. Nutrientes

El desarrollo microbiano requiere de elementos esenciales como los macronutrientes C, N y P. El carbono es necesario para la síntesis celular y produce energía durante el metabolismo. El nitrógeno es esencial para la reproducción celular y el fósforo juega un papel fundamental en la formación de compuestos celulares ricos en energía. Además, los micronutrientes son importantes para la síntesis de enzimas y el metabolismo de los microorganismos.

2.1.5.4. SUCESIÓN MICROBIANA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE

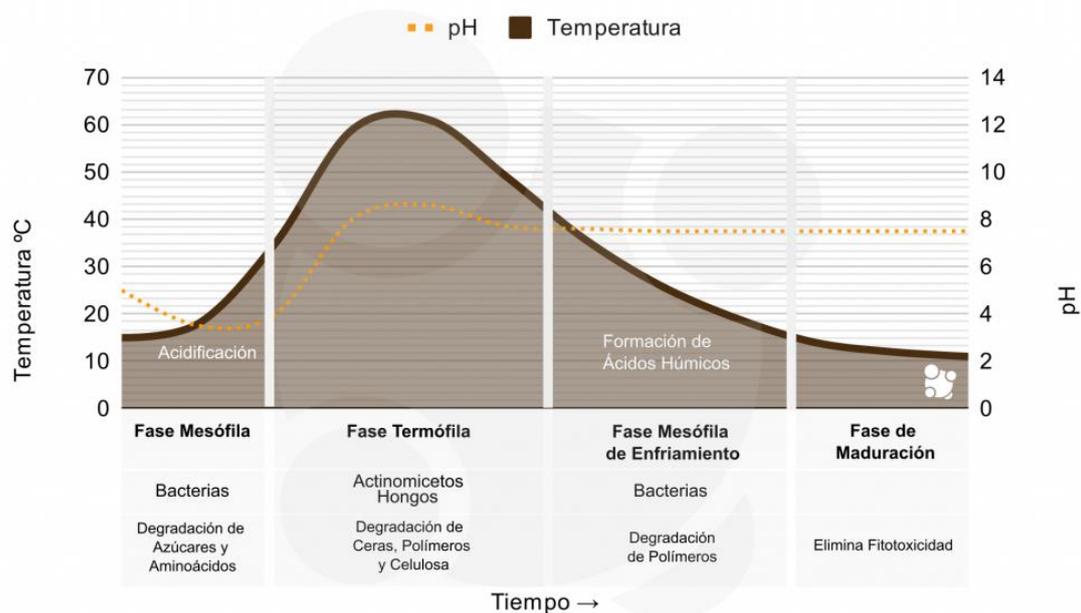


Figura 1: Fases del proceso de compostaje & factores temperatura y pH (CSR Laboratorio, n.d.)

2.1.5.5. ETAPA MESÓFILA

Durante la primera etapa del proceso de compostaje, que dura alrededor de un día, los microorganismos mesófilos y termotolerantes descomponen los sustratos utilizando azúcares y aminoácidos, reduciendo el pH debido a la formación de ácidos orgánicos de cadena corta. Esta actividad metabólica también provoca un aumento rápido de la temperatura y fuerza la eclosión de huevos, larvas y la huida de insectos. Cuando la temperatura alcanza los 45 °C, se inicia la etapa termófila y el microbiota cambia de mesófila a termófila.

2.1.5.6. ETAPA TERMÓFILA

2.1.5.6.1. Inicial

Durante la etapa termófila inicial, que dura alrededor de 50/60 h desde el inicio, la población de microorganismos termófilos aumenta y la temperatura se eleva a 60 °C, lo que reduce la biodiversidad. La falta de nutrientes fácilmente asimilables hace que predominen ciertas bacterias que metabolizan proteínas y liberan amoníaco, lo que reduce el pH. Esta fase destruye huevos, larvas, semillas y microorganismos y patógenos. Los organismos no termotolerantes son eliminados por la alta temperatura. A pesar de ello, la actividad microbiana continúa elevando la temperatura.

2.1.5.6.2. Intermedia

Este periodo tiene una duración aproximada de 12 d desde el inicio del proceso. Llegados a esta temperatura, la biodegradación queda exclusivamente a cargo de las bacterias termófilas, las cuales contribuyen a un nuevo aumento de la biodiversidad hasta una temperatura de 70 °C donde la actividad microbiana se ralentiza. Este aumento provoca pérdidas de N amoniacal, destrucción de bacterias patógenas, salmonelas y bacilos intestinales.



2.1.5.6.3. Final

La alta temperatura alcanzada anteriormente actuó limitando el suministro de oxígeno, afectando al descenso de esta hasta alcanzar un valor de 45 °C a los 15 d desde el inicio.

2.1.5.6.4. Enfriamiento

En esta fase final, la disminución de la actividad microbiana y de la temperatura limita la fuente de carbono, lo que provoca un enfriamiento gradual. Una nueva comunidad microbiana mesófila se encarga de la oxidación de la materia orgánica y la fijación de nitrógeno, reducción de sulfatos y producción de exopolisacáridos. También producen nitrito a partir de amonio.

2.1.5.6.5. Maduración

En esta fase aparecen distintos tipos de microorganismos que se unen a la actividad de los hongos y bacterias para contribuir en la degradación y estabilización final de la materia orgánica.

2.1.5.6.6. Duración

El proceso de compostaje realizado de manera manual y con recursos limitados experimenta fluctuaciones constantes en los niveles de humedad, oxígeno y temperatura que pueden afectar las reacciones biológicas. Como resultado, la duración del proceso puede extenderse a unos 100-120 d para lograr una estabilización adecuada. En comparación, un sistema mecanizado industrial de compostaje podría lograr una estabilización más rápida y consistente debido al control automatizado de los factores ambientales, pero esto subiría mucho los costos.

2.1.6. Producto final

2.1.6.1. COMPOST

El producto final del proceso de transformación de materia orgánica fermentada es el compost, conocido en España como *mantillo* y en Perú como el *oro negro*. Este es orgánicamente estable, libre de patógenos y semillas de malezas, que puede ser aplicado de manera eficiente al suelo para mejorar sus propiedades y su calidad.

2.1.6.2. EVALUACIÓN DE LA MADUREZ Y ESTABILIDAD DEL COMPOST

Por términos generales, un compost ha llegado al estado de madurez cuando las concentraciones de fitotóxicos son insignificantes. Por otra parte, se considera estable cuando el grado de descomposición de la materia orgánica es humificada y la actividad microbiana ha descendido.

Por la situación en la que nos encontramos de recursos mínimos, la evaluación de la calidad del compost, sabremos que el proceso del compostaje ha llegado a su fin cuando:

- El *mantillo* esté frío sin sufrir oscilaciones en la temperatura.
- Se aprecia un color marrón oscuro casi negro.
- No emite malos olores, libre de materia inerte.

2.1.7. Beneficios

El compost orgánico brinda beneficios ya que es un acondicionador de suelos con características húmicas, libre de patógenos y propágulos de malezas, que no atrae insectos ni vectores, el cual puede ser manejado y almacenado sin riesgo y beneficioso al crecimiento de las plantas (Labrador, 2002; Moreno y Moral, 2011).



1. Supresión de olores desagradables
2. Mejora de las condiciones higiénicas de los residuos
3. Reducción de la capacidad de germinación de las semillas
4. Mejora y mantenimiento del valor fertilizante
5. Incremento de las poblaciones microbianas beneficiosas
6. Incremento de la actividad biológica del suelo
7. Influencia positiva sobre la calidad vegetal (El crecimiento de las plantas es estimulado por una serie de fitohormonas y fitorreguladores naturales que se activan a través de los abonos fermentados)
8. Mínimas pérdidas de nutrientes durante su aplicación
9. Minimización de gastos para el agricultor (No exige inversiones económicas muy altas en obras de infraestructura rural y los materiales con los que se elaboran son muy conocidos por los productores y fáciles de conseguir localmente)
10. Minimización de gastos energéticos en el proceso y uso.
11. Se pueden elaborar en la mayoría de los ambientes y climas donde se realicen actividades agropecuarias
12. Se da la posibilidad de utilizar el producto final en los cultivos, en un período relativamente corto y a costos muy bajos.
13. Por medio de la inoculación y reproducción de microorganismos nativos presentes en los suelos locales y levaduras, los materiales se transforman gradualmente en nutrientes de excelente calidad disponibles para la tierra, las plantas y la propia retroalimentación de la actividad biológica.
14. Los abonos orgánicos activan una serie de rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas y de bioprotección
15. Se pueden variar las formulaciones o las recetas, haciéndolas más apropiadas a cada actividad agropecuaria o condición rural.

2.2. BIOHUERTO

2.2.1. Concepto

Estructura de madera con un fitotoldo en la cubierta para establecer unas condiciones climáticas controladas.

2.2.2. Objetivo

El propósito de nuestro biohuerto es la producción y monitoreo de hortalizas bajo condiciones tropicales en la Reserva de la Biosfera del Manu.

2.2.3. Partes del biohuerto

2.2.3.1. ESTRUCTURA

La estructura de nuestro biohuerto está determinada por una planta rectangular de 6x10 m; compuesta por 9 pilares de madera maciza, todos soterrados (hincados en el terreno) a unos 80 cm de profundidad, 3 de ellos con 3,5 m de altura con unas dimensiones de 4x4 pulgadas, 6 de ellos con una altura de 3 m con unas dimensiones iguales a los anteriores y 4 con una altura de 3 m con unas dimensiones de 4x2 pulgadas, y un alzado definido por una cubierta a dos aguas que posee una inclinación de 30 °.



Ilustración 6: Vista del biohuerto

2.2.3.2. CIMENTACIÓN

La cimentación la realizamos colocando rocas estratégicamente alrededor del soterrado de los pilares y rellenando con arena los espacios que quedan entre las fijaciones para dotarlos de estabilidad, y una vez nivelado, realizamos la comprobación para asegurar su correcta estabilidad estructural.



2.2.3.3. CUBIERTA

La cubierta se conforma por maderos (vigas/correas) estructurales para unificar la estructura, sobre los cuales apoyaremos listones de caña para crear una superficie resistente sobre la cual pondremos finalmente el revestimiento de polietileno de larga duración que tiene un área de 105 m².

2.2.3.4. CERRAMIENTO

En este caso en particular, la parcela tiene una zanja perimetral para impedir el acceso de cualquier animal salvaje, aunque en la mayoría de los biohuertos instalados en el proyecto "PMS" el cercado se conformará por una red de pesca reutilizada, soterrándola por la parte inferior y clavando listones a 1,5 m de altura por todo el perímetro.

2.2.3.5. CAMAS DE CULTIVO

El suelo del biohuerto se conforma por 5 camas de cultivo con unas dimensiones de 5x1,5 m cada una de ellas, tres dispuestas longitudinalmente y dos transversalmente. Están delimitadas por caña brava.

2.2.4. Orientación

El biohuerto está orientado este-oeste en su parte longitudinal para tener mayor tiempo de exposición de sol (Estrada, 2012)

2.2.5. Materiales

2.3.5.1. PILARES (MADERA "ANA", *Schinus molle*)

Se utilizó este tipo de madera maciza como pilares de la cimentación. Se utiliza en la construcción debido a su dureza, resistencia y durabilidad. Tiene una alta densidad y una baja tasa de contracción, lo que la hace resistente a la compresión y menos propensa a la deformación. Además, es resistente a los insectos y la descomposición, lo que la hace adecuada para su uso en estructuras exteriores.

2.3.5.2. CAÑA BRAVA (*Gynerium sagittatum*)

Se trata de una planta herbácea familia de las poáceas, originaria de América latina, crece de manera abundante en la parte de la parcela que está cerca del río. Esta planta se caracteriza por tener unas fibras muy resistentes y flexibles, de fácil manejo y obtención (Vargas et al., 2021).

Las utilizaremos con una longitud de 4 m para que conformen una superficie estable en la cubierta donde poder soportar el fitotoldo.

Por otra parte, también será utilizada para delimitar las camas de cultivo.

2.3.5.3. LISTONES

Los obtenemos de árboles maderables de rápido crecimiento que se encuentran en la parcela de Crees.

2.3.5.4. RASTREL

Tablones de madera muy finas, proporcionadas por el carpintero de salvación para la instalación del fitotoldo.

2.3.5.5. FITOTOLDO BOLIVIANO DE LARGA DURACIÓN

Plástico de cubierta compuesto por polietileno de alta densidad, la transparencia de este comprende entre el 70-80%, es decir, a través del plástico pasa de un 15-30% menos de luz. Pero lo más importante, es que impermeabiliza frente a la lluvia, por lo que las aportaciones hídricas estarían controladas (Serrano, 1990).

2.3.5.6. RED DE PESCA

Obtenemos redes de pesca de polietileno viejas cedidas por los pescadores.

2.3.5.7. MATERIALES BÁSICOS

Alambre (se utiliza para el cerramiento, la cubierta y para el tutorizado de las plantas que tienen un porte vertical) y clavos (utilizados para la fijación de los listones, rastreles y como soporte del alambrado).

2.2.6. Cultivos

La selección de las especies hortícolas a cultivar, las realizaron las familias que participan en el proyecto de comunidades de Crees Manu S.A.C. y que se comprometieron con el manejo del biohuerto que les instalamos. Estas son especies muy destacadas y usadas dentro de la gastronomía peruana pero que por sus requerimientos climatológicos no crecerían en esta área si no fuera por el biohuerto. Cada una de las especies es cultivada por un propósito distinto (Aubert, 2017; Bueno, 2016; Maroto, 2002).

Tabla 1: Características principales de los cultivares

CULTIVOS	CICLO DE CULTIVO (DÍAS)	MARCO DE CULTIVO (CM)	EXIGENCIA NUTRICIONAL (0 NADA -MEDIO * EXIJENTE)	TOLERANCIA ABONO FRESCO (0 NADA -MEDIO * EXIJENTE)	SISTEMA RADICULAR (CM)
LECHUGA	60-70	25x30	-	0	30
ESPINACAS	40	10x25	-	0	15
PEREGIL	80-90	20x30	-	0	15
APIO	120-180	20x20			10-15
BROCOLI	60	70x60	*	0	30-60
AJO	60-110	12x30	-	0	10-15
CEBOLLA	120	12x20	-	0	30
CHINA					
RABANITO	21-30	5x5	0	-	5-10
REMOLACHA	100	20x20	*	0	30
PEPINO	60	60x100	*	*	60
CALABACÍN	60-80	100x100	*	*	60-90
TOMATE	80-100	50x60	*	*/-	100
PIMIENTO	75	50x60	*	0	100
BERENJENA	70-90	60x70	*	*	30-60
VAINITAS	60-90	40x30	0	0	30-50
CAIGUA	120-150	-	-	-	

2.2.6.1. POR SUS HOJAS

2.2.6.1.1. Lechuga (*Lactuca sativa*, *Asteraceae*)

La lechuga es una planta adaptable a distintas zonas climáticas, prefiriendo temperaturas suaves en un rango óptimo de 20-25 °C. Prospera en suelos ricos en materia orgánica bien descompuesta. Requiere un suministro constante de agua sin encharcamientos, con altas necesidades hídricas. Se recomienda un marco de plantación de 25x30 cm, realizando la siembra en semillero y trasplantando las plántulas en surcos. El ciclo de cultivo dura alrededor de 60-70



d. Presenta una raíz principal pivotante de corta longitud que puede alcanzar hasta 30 cm de profundidad, con pequeñas ramificaciones. Es compatible con la mayoría de los cultivos y no requiere grandes cantidades de nitrógeno, permitiendo su cultivo posterior a otros cultivos

2.2.6.1.2. *Perejil (Petroselinum hortense, Apiaceae)*

El perejil, climatológicamente sensible a las heladas y a las sequías, puede ser afectado por bajas temperaturas que ejercen un efecto vernalizante. Edafológicamente, su desarrollo óptimo se da en terrenos de textura media, ricos en materia orgánica y frescos, pero no tolera suelos con humus poco descompuestos. Para su plantación, se recomienda un marco de 20x30cm, donde la semilla debe ser remojada previamente durante 24 h para reactivar su bioquímica y romper la senescencia. Posteriormente, se debe sembrar en líneas equidistantes a 30 cm. La cosecha del perejil puede comenzar a los 80-90 d después de la siembra. Su sistema radicular está compuesto por una raíz pivotante fusiforme que alcanza una longitud de aproximadamente 10-15 cm. Además, este cultivo se asocia favorablemente con los tomates y las cebollas, pero se debe evitar su asociación con la lechuga

2.2.6.1.3. *Apio (Apium graveolens, Apiaceae)*

El apio, en términos de temperatura, tiene un rango óptimo de desarrollo entre los 15-21 °C, pero es poco resistente a las heladas intensas. Desde el punto de vista edafológico, requiere una humedad abundante y prospera en suelos ricos en materia orgánica. Para su cultivo, se utiliza la siembra de semillas, las cuales se sumergen inicialmente en agua durante 12 h para romper la latencia. Luego, se trasladan al semillero y posteriormente se trasplantan al biohuerto, utilizando un marco de plantación de 20x20 cm. El ciclo de cultivo del apio tiene una duración de 120-180 d. Su raíz es pivotante y presenta un sistema radicular secundario y adventicio muy abundante, generalmente con una longitud de alrededor de 10-15 cm y un ancho de 2 cm. El apio puede asociarse con éxito con pepinos, tomates, lechugas y rabanitos.

2.2.6.1.4. *Espinaca (Spinacia oleracea, Amaranthaceae)*

Las espinacas son cultivos que prefieren climas frescos y húmedos, siendo resistentes a las heladas, pero sensibles a temperaturas muy elevadas y la sequía. Su rango óptimo de desarrollo se encuentra entre los 15-18 °C. Desde el punto de vista edafológico, se adaptan a diversos tipos de suelos, aunque prefieren tierras pesadas y arcillosas ricas en humus para retener la humedad y el frescor. No toleran el humus fresco y poco descompuesto, por lo que se recomienda ubicarlas en la segunda fase de la rotación de cultivos, después de cultivos exigentes como la berenjena o el tomate. Requieren riego constante para mantener el suelo húmedo, evitando encharcamientos. El marco de plantación es de 10x25 cm, con siembra directa en el suelo y posterior aclareo. El ciclo de cultivo de las espinacas es de aproximadamente 40 d. Su sistema radicular consta de una raíz pivotante poco ramificada y de desarrollo superficial, con una longitud de hasta 15 cm. En cuanto a la asociación de cultivos, se asocian bien con el apio, las vainitas y la lechuga, pero no deben cultivarse cerca de la remolacha.

2.2.6.2. POR SUS RAÍCES

2.2.6.2.1. *Remolacha (Beta vulgaris, Amaranthaceae)*

La remolacha, en términos climatológicos, tiene un rango óptimo de temperatura de 10-24 °C, prefiriendo climas húmedos, aunque es fácilmente adaptable. Desde el punto de vista edafológico, tolera todo tipo de suelos, pero prefiere aquellos de consistencia media y ricos en materia orgánica. Es importante que la materia orgánica esté bien descompuesta o haya sido



incorporada con suficiente antelación, por lo que se recomienda cultivarla en la segunda fase de la rotación de cultivos. En cuanto a los requerimientos hídricos, se beneficia de un riego regular. El ciclo de cultivo de la remolacha oscila alrededor de los 100 d. El marco de plantación recomendado es de 20x20 cm, y se recomienda germinar las semillas previamente en un semillero. La remolacha tiene un sistema radicular de tipo fasciculado, con varias raíces laterales que se ramifican desde la raíz principal, pudiendo crecer hasta 30 cm de longitud. Es una planta exigente en nutrientes y puede asociarse favorablemente con lechugas, vainitas y cebollas.

2.2.6.2.2. Rabanito (*Raphanus sativus ssp. major*, Brassicaceae)

Los rabanitos son cultivados por su raíz pivotante, la cual se inserta en la base de un tubérculo hipocotíleo comestible. Desde el punto de vista climatológico, son muy resistentes a bajas temperaturas, y en temperaturas elevadas adquieren un sabor picante. En cuanto a los requerimientos hídricos, necesitan riego continuo, aunque un exceso de agua puede dar lugar a rabanitos huecos y abultados. Edafológicamente, no son un cultivo exigente en cuanto a las características del suelo. Debido a su tamaño pequeño, el marco de cultivo recomendado es reducido, con dimensiones de 5x5 cm. El ciclo de cultivo de los rabanitos oscila entre 21 y 30 d. El sistema radicular de los rabanitos es de tipo fasciculado y tiene una longitud aproximada de 5 cm. Debido a su rápido desarrollo, se recomienda asociarlos con plantas de crecimiento más lento, como las lechugas.

2.2.6.3. POR SUS INFLORESCENCIAS

2.2.6.3.1. Brócoli (*Brassica oleracea var. italica*, Brassicaceae)

El brócoli es una planta que se adapta bien y puede resistir las heladas, siendo su rango óptimo de temperatura entre los 18-23 °C. Edafológicamente, prefiere suelos mullidos, abonados y frescos. Es un cultivo exigente en cuanto a materia orgánica bien descompuesta, con un adecuado aporte de nitrógeno, por lo que se recomienda su cultivo después de la vainita en la rotación de cultivos. El brócoli requiere de un suministro de agua abundante y regular, ya que no tolera bien las sequías. El marco de plantación recomendado es de 70x60 cm, y se suele sembrar previamente en semilleros. El ciclo de cultivo del brócoli es de aproximadamente 60 D. El sistema radicular del brócoli es superficial y principalmente compuesto por raíces laterales que crecen hacia afuera y hacia abajo desde la base del tallo de la planta, con una longitud promedio de 30-60 cm. El brócoli se asocia favorablemente con la cebolla china, la lechuga y la espinaca.

2.2.6.4. POR SUS BULBOS

2.2.6.4.1. Ajo (*Allium sativum*, Liliaceae)

El cultivo de ajo se caracteriza por su excelente resistencia a las heladas y su baja tolerancia a los excesos de humedad. Desde el punto de vista edafológico, es tolerante a suelos ligeramente ácidos y puede adaptarse a diferentes tipos de suelo, siempre y cuando no sean muy húmedos ni pesados. La reproducción del ajo se realiza exclusivamente mediante la plantación de dientes, los cuales se entierran a una profundidad de aproximadamente 2-3 cm con la punta hacia arriba. Para obtener una producción más abundante, se recomienda utilizar los dientes de la periferia de la cabeza de ajo, ya que los del centro tienden a producir cabezas más pequeñas. El cultivo se realiza en surcos equidistantes de 0,3 m, colocando dos líneas de ajos cada 12 cm, con un marco de plantación de 12x30 cm. El ciclo de cultivo del ajo varía de 60 a 110 d, dependiendo del momento de la cosecha: si se desea obtener ajo tierno antes de que se forme el bulbo completo o al final del ciclo, cuando las hojas ya están bien secas. El sistema de raíces del ajo



está compuesto por raíces fibrosas que se extienden desde la base del bulbo, siendo finas y delgadas, con una longitud de 10-15 cm.

2.2.6.4.2. *Cebolleta, Cebolla China (Allium fistulosum, Liliaceae)*

La cebolla china es considerada una planta rústica que crece con facilidad y no tiene requerimientos climáticos especiales, aunque su rango óptimo de crecimiento se encuentra entre los 13-24 °C. Desde el punto de vista edafológico, prefiere suelos frescos, ligeros, bien aireados y ricos en materia orgánica. No tolera bien los suelos con materia orgánica poco descompuesta. La reproducción de la cebolla china se realiza a partir de semillas en un semillero, las cuales se sumergen en agua durante 12 h para romper la latencia antes de ser trasladadas al semillero y posteriormente transplantadas al biohuerto. El marco de cultivo recomendado para la cebolla china es de 10x20 cm. El ciclo de cultivo suele ser de aproximadamente 120 d. El sistema radicular de la cebolla china está compuesto por raíces fibrosas que se extienden desde la base de la planta, siendo finas y delicadas, con una longitud de hasta 30 cm. Es beneficioso alternarla con plantas de frutos como tomates o pepinos (Huaraca, 2015).

2.2.6.5. POR SUS FRUTOS

2.2.6.5.1. *Tomate (Solanum lycopersicum, Solanaceae)*

Los tomates se adaptan a diferentes climas, aunque prefieren temperaturas estables y no toleran las épocas de frío intenso ni las olas de calor. Desde el punto de vista edafológico, se adaptan a todo tipo de suelos, pero prefieren los suelos ligeros, bien nutridos, aireados y esponjosos. Es un cultivo exigente en términos de necesidades hídricas, requiriendo riegos regulares para una buena producción, evitando el encharcamiento del suelo. También tiene altas exigencias de materia orgánica, tolerando el compost medianamente descompuesto.

El marco de cultivo recomendado para los tomates es de 50x60 cm. La siembra se realiza en semillero y posteriormente se trasplantan las plántulas al biohuerto. Se guía el crecimiento de las plantas con cañas para mantener los frutos alejados de la tierra húmeda. El ciclo de cultivo del tomate suele ser de 80-100 días desde la siembra. Su sistema radicular es pivotante y profundo, con raíces secundarias y terciarias que pueden llegar a alcanzar 1 m de profundidad.

2.2.6.5.2. *Pimiento (Capsicum annum, Solanaceae)*

El pimiento es un cultivo originario de los climas tropicales de Sudamérica y se adapta perfectamente a nuestra zona climática. Sin embargo, no tolera las heladas y su desarrollo se ve interrumpido por debajo de los 10 °C, aunque puede sobrevivir. Desde el punto de vista edafológico, se adapta a diferentes tipos de suelo, pero prefiere los terrenos ligeros, drenantes y ricos en materia orgánica.

El pimiento es exigente en nutrientes, pero no tolera bien el abono fresco. En cuanto a los requerimientos hídricos, necesita aportes regulares de agua, evitando el encharcamiento del suelo.

El marco de cultivo recomendado para el pimiento es de 50x60 cm. La siembra se realiza previamente en semillero y luego se trasplantan las plántulas al biohuerto. La cosecha generalmente comienza alrededor de los 75 d desde la siembra. El sistema radicular del pimiento es pivotante, desarrollando raíces secundarias y terciarias que pueden alcanzar una profundidad de 1 m.



2.2.6.5.3. Berenjena (*Solanum melongena*, *Solanaceae*)

La berenjena es una planta que requiere luz y calor, por lo que se adapta mejor a zonas templadas y cálidas. Desde el punto de vista edafológico, este cultivo necesita suelos ricos en humus, mullidos y frescos, que retengan niveles constantes de humedad.

En cuanto al riego, la berenjena requiere de riegos abundantes y regulares para mantener la humedad adecuada en el suelo. El marco de cultivo recomendado es de 60x70 cm, y se realiza la siembra en semillero antes de proceder al trasplante al lugar definitivo.

El ciclo de cultivo de la berenjena oscila entre 70 y 90 d después del trasplante. Es un cultivo exigente en materia orgánica, pero a diferencia de otros cultivos, no requiere que el compost esté muy descompuesto. Esto la convierte en una excelente opción para la primera fase de la rotación de cultivos, ya que tolera la materia orgánica fresca. En cuanto a las asociaciones, se recomienda cultivarla junto a vainitas, ya que la berenjena es un cultivo que agota los nutrientes del suelo.

El sistema radicular de la berenjena es pivotante, desarrollando raíces secundarias y terciarias que pueden llegar a profundidades de 30 a 60 cm.

2.2.6.5.4. Pepino (*Cucumis sativus*, *Cucurbitaceae*)

El pepino es un cultivo que requiere condiciones climáticas cálidas, ya que su desarrollo se ve afectado por temperaturas por debajo de los 10 °C. Sin embargo, a diferencia de otras plantas sensibles al frío, el pepino no muere en estas condiciones, simplemente su crecimiento se detiene. Por lo tanto, prospera en climas calurosos.

En cuanto a los requerimientos hídricos, el pepino necesita riegos regulares y abundantes para mantener un nivel adecuado de humedad en el suelo. Sin embargo, es importante evitar el exceso de humedad, ya que puede causar problemas relacionados con enfermedades criptogámicas.

Edafológicamente, el pepino es adaptable a diferentes tipos de suelo, pero prefiere suelos mullidos, frescos y ricos en humus. Es un cultivo exigente en nutrientes y tolera bien la materia orgánica fresca en el suelo.

El marco de cultivo recomendado para el pepino es de 60x100 cm. La siembra se realiza en semilleros y luego se trasplantan las plántulas al lugar definitivo, que puede ser un biohuerto. Para un mejor aprovechamiento del espacio, se puede utilizar un sistema de tutorado con alambres que recorren transversalmente la estructura del biohuerto, permitiendo el desarrollo vertical de las plantas.

La cosecha de los pepinos comienza aproximadamente a los 60 d desde la siembra, aunque esto puede variar según la variedad cultivada.

El sistema radicular del pepino es pivotante, con numerosas raíces secundarias que se extienden lateralmente hasta alcanzar un diámetro de 45-60 cm. La profundidad del sistema radicular puede llegar hasta unos 60 cm.

2.2.6.5.5. Calabacín (*Cucurbita pepo*, *Cucurbitaceae*)

El calabacín es un cultivo que no tolera las heladas ni los cambios bruscos de temperatura, aunque no muere durante los periodos de friaje. En cuanto a los suelos, se adapta bien a diferentes tipos, pero prefiere aquellos que sean mullidos, ricos en materia orgánica y frescos, con una humedad regular y pH ligeramente ácido. También puede tolerar suelos con materia en descomposición. El riego debe ser regular y abundante, evitando el encharcamiento. Para su



cultivo, se recomienda un marco de plantación de 100x100 cm y la siembra en semillero. La cosecha del calabacín puede iniciarse a partir de los 45 d desde la siembra. Su sistema radicular es pivotante, con raíces principales que alcanzan profundidades de 60-90 cm, y raíces laterales que se ramifican y se extienden horizontalmente en el suelo.

2.2.6.5.6. *Caigua (Cyclanthera pedata, Cucurbitaceae)*

La caigua es una planta trepadora originaria de Sudamérica, apreciada por sus frutos y ampliamente utilizada en la gastronomía peruana. Se adapta muy bien a este tipo de clima, con un rango óptimo de desarrollo entre los 14-22 °C. En cuanto a los suelos, prefiere aquellos ricos en materia orgánica, aunque puede adaptarse a diferentes condiciones. Para su crecimiento, requiere un suministro regular de agua, evitando el encharcamiento que podría ocasionar pudrición del tallo. En el cultivo, se recomienda ubicarla en los extremos de las camas junto a los postes, aprovechando su capacidad trepadora y utilizando alambres como soporte. El periodo vegetativo de la caigua es de aproximadamente cinco meses, con una cosecha que comienza alrededor de los 100 d y se extiende durante unos 50 d. En cuanto a su sistema radicular, presenta una raíz principal pivotante que se extiende hacia abajo y ramificaciones laterales que se desarrollan horizontalmente, alcanzando una profundidad de 30-50 cm (Schwember et al., 2014).

2.2.6.6. POR SUS VAINAS

2.2.6.6.1. *Judía verde, vainitas (Phaseolus vulgaris, Fabaceae)*

La judía verde es un cultivo que prefiere temperaturas cálidas y estables, siendo sensible a las heladas y con un desarrollo óptimo por encima de los 10 °C. En términos edafológicos, requiere suelos bien mullidos, frescos y ricos en humus, aunque sin presencia de materia orgánica fresca. Además, las judías verdes tienen la capacidad de fijar nitrógeno en simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, lo que les permite reemplazar el nitrógeno absorbido por otros cultivos. Esto las convierte en un cultivo poco exigente que no requiere aportes de abono adicional. En cuanto al riego, es necesario mantenerlo regular, ya que la judía verde es sensible a la sequía.

Para la siembra, se recomienda realizarla en líneas espaciadas a unos 40 cm, colocando de 4 a 5 semillas cada 30 cm. Posteriormente, se selecciona la plántula más vigorosa de las que hayan germinado. Debido a su naturaleza trepadora, es necesario tutorizar las plantas utilizando alambres dispuestos transversalmente en los pilares del huerto. La recolección de las judías verdes comienza aproximadamente a los 60 d desde la siembra.

En cuanto al sistema radicular, presenta una raíz principal pivotante que se extiende a una profundidad de 30-50 cm (Toledo, 2003).

2.2.7. Diseño del sistema de cultivo

En el biohuerto aplicamos una estrategia de rotación de cultivos con asociaciones para optimizar la cosecha y prevenir la fatiga del suelo y la aparición de plagas específicas. El uso de un sistema de cultivo continuo disminuiría los nutrientes del suelo y reduciría la producción.

2.3.5.8. PLAN DE ROTACIÓN DE CULTIVOS

Se ha diseñado la siguiente rotación de cultivos con asociaciones con el objetivo de mantener una producción constante y diversa de hortalizas, que son demandadas por las cocineras en el albergue del MLC para preparar las comidas. Se han considerado las necesidades de desarrollo

de cada cultivo con el fin de evitar la competencia por los recursos y espacio, la fatiga del suelo y las plagas (Lampkin, 2001).

Para garantizar una planificación sencilla y efectiva, se ha establecido un periodo de cambio de cultivos cada 4 m. Este tiempo es suficiente para el desarrollo vegetativo y cosecha de todas las especies que se cultivan, y también ofrece tiempo suficiente para repetir cultivos de ciclo corto, como la lechuga o el rabanito. Durante estos 4 m, se podrían llevar a cabo hasta 4 ciclos de cultivo. Además, este periodo permite distribuir fácilmente las tareas requeridas en el biohuerto entre los voluntarios y el personal del albergue.

Una vez transcurridos los 4 m, se procederá a labrar la tierra de cada una de las camas y aplicar compost si es necesario. A continuación, se dará inicio a la siguiente etapa de la rotación de cultivos. Es importante destacar que este calendario es flexible, ya que los ciclos de cultivo de las hortalizas en condiciones tropicales pueden variar dependiendo de las condiciones meteorológicas vividas durante ese periodo. Por ejemplo, si después de los 4 m las plantas de tomate o perejil continúan con la producción, se retrasará el cultivo de la siguiente especie el tiempo necesario para permitir la finalización de la producción actual y así optimizar el rendimiento.

Tabla 2: Diseño de rotación de cultivos con asociaciones para un periodo de 2 a

BIOHUERTO	1 CAMA	2 CAMA	3 CAMA	4 CAMA	5 CAMA
1 MES	LECHUGA(1/2)+RABANITO(1/4)	TOMATE+CAIGUA	BERENJENA+PEPINO	BRÓCOLI+VAINITAS	AJO(1/2)+CALABACÍN
2 MES	LECHUGA(1/2)+RABANITO(2/4)	TOMATE+CAIGUA	BERENJENA+PEPINO	BRÓCOLI+VAINITAS	AJO(1/2)+CALABACÍN
3 MES	LECHUGA(2/2)+RABANITO(3/4)	TOMATE+CAIGUA	BERENJENA+PEPINO	BRÓCOLI+VAINITAS	AJO(2/2)+CALABACÍN
4 MES	LECHUGA(2/2)+RABANITO(4/4)	TOMATE+CAIGUA	BERENJENA+PEPINO	BRÓCOLI+VAINITAS	AJO(2/2)+CALABACÍN
5 MES	BRÓCOLI+VAINITAS	ESPINACAS+REMOLACH	LECHUGA(1/2)+RABANITO(1/4)	APIO+PIMIENTO	BERENJENA+PEPINO
6 MES	BRÓCOLI+VAINITAS	ESPINACAS+REMOLACH	LECHUGA(1/2)+RABANITO(2/4)	APIO+PIMIENTO	BERENJENA+PEPINO
7 MES	BRÓCOLI+VAINITAS	ESPINACAS+REMOLACH	LECHUGA(2/2)+RABANITO(3/4)	APIO+PIMIENTO	BERENJENA+PEPINO
8 MES	BRÓCOLI+VAINITAS	ESPINACAS+REMOLACH	LECHUGA(2/2)+RABANITO(4/4)	APIO+PIMIENTO	BERENJENA+PEPINO
9 MES	PEREJIL+CEBOLLETA	AJO(1/2)+CALABACÍN	BRÓCOLI+VAINITAS	TOMATE+CAIGUA	LECHUGA(1/2)+RABANITO(1/4)
10 MES	PEREJIL+CEBOLLETA	AJO(1/2)+CALABACÍN	BRÓCOLI+VAINITAS	TOMATE+CAIGUA	LECHUGA(1/2)+RABANITO(2/4)
11 MES	PEREJIL+CEBOLLETA	AJO(2/2)+CALABACÍN	BRÓCOLI+VAINITAS	TOMATE+CAIGUA	LECHUGA(2/2)+RABANITO(3/4)
12 MES	PEREJIL+CEBOLLETA	AJO(2/2)+CALABACÍN	BRÓCOLI+VAINITAS	TOMATE+CAIGUA	LECHUGA(2/2)+RABANITO(4/4)
13 MES	AJO(1/2)+CALABACÍN	BRÓCOLI+VAINITAS	APIO+PIMIENTO	ESPINACAS+REMOLACHA	TOMATE+CAIGUA
14 MES	AJO(1/2)+CALABACÍN	BRÓCOLI+VAINITAS	APIO+PIMIENTO	ESPINACAS+REMOLACHA	TOMATE+CAIGUA
15 MES	AJO(2/2)+CALABACÍN	BRÓCOLI+VAINITAS	APIO+PIMIENTO	ESPINACAS+REMOLACHA	TOMATE+CAIGUA
16 MES	AJO(2/2)+CALABACÍN	BRÓCOLI+VAINITAS	APIO+PIMIENTO	ESPINACAS+REMOLACHA	TOMATE+CAIGUA
17 MES	LECHUGA(1/2)+RABANITO(1/4)	BERENJENA+PEPINO	AJO(1/2)+CALABACÍN	PEREJIL+CEBOLLETA	ESPINACAS+REMOLACHA
18 MES	LECHUGA(1/2)+RABANITO(2/4)	BERENJENA+PEPINO	AJO(1/2)+CALABACÍN	PEREJIL+CEBOLLETA	ESPINACAS+REMOLACHA
19 MES	LECHUGA(2/2)+RABANITO(3/4)	BERENJENA+PEPINO	AJO(1/2)+CALABACÍN	PEREJIL+CEBOLLETA	ESPINACAS+REMOLACHA
20 MES	LECHUGA(2/2)+RABANITO(4/4)	BERENJENA+PEPINO	AJO(1/2)+CALABACÍN	PEREJIL+CEBOLLETA	ESPINACAS+REMOLACHA
21 MES	BERENJENA+PEPINO	APIO+PIMIENTO	ESPINACAS+REMOLACHA	LECHUGA(1/2)+RABANITO	PEREJIL+CEBOLLETA
22 MES	BERENJENA+PEPINO	APIO+PIMIENTO	ESPINACAS+REMOLACHA	LECHUGA(1/2)+RABANITO	PEREJIL+CEBOLLETA
23 MES	BERENJENA+PEPINO	APIO+PIMIENTO	ESPINACAS+REMOLACHA	LECHUGA(2/2)+RABANITO	PEREJIL+CEBOLLETA
24 MES	BERENJENA+PEPINO	APIO+PIMIENTO	ESPINACAS+REMOLACHA	LECHUGA(2/2)+RABANITO	PEREJIL+CEBOLLETA

2.3.5.9. ASOCIACIONES SELECCIONADAS

2.3.5.9.1. Lechuga + rabanito

Sus sistemas radiculares complementarios pueden aprovechar diferentes capas del suelo para obtener nutrientes y agua. Aunque la raíz pivotante del rabanito es menos profunda que la de la lechuga, puede airear el suelo, lo que mejora la absorción de agua y nutrientes por parte de la lechuga. Además, la presencia del rabanito reduce la compactación del suelo, lo que beneficia el crecimiento de la lechuga.

2.3.5.9.2. Espinacas + remolacha

Al tener sistemas radiculares tan distintos se complementan a la perfección, pues mientras que la remolacha se beneficia de las capas más profundas, el sistema radicular de las espinacas es



superficial. Además, las espinacas pueden ayudar a proteger el suelo y reducir el crecimiento de malezas, mientras que la remolacha produce a través de la exudación radicular compuestos orgánicos (ácido oxálico, betalaínas, compuestos azufrados y ácido ascórbico) beneficiosos para mejorar la salud del suelo, estimular el crecimiento de las plantas y protegerlas contra el estrés oxidativo y las enfermedades (Saavedra y Kehr, 2022).

2.3.5.9.3. Perejil + cebolla china

Las diferencias en sus patrones de crecimiento y requerimientos nutricionales las hacen buenas compañeras de cama de cultivo. Por un lado, el perejil es una planta de hoja que requiere una gran cantidad de nutrientes, especialmente nitrógeno, y tiene un sistema de raíces poco profundo. Por otro lado, la cebolla china es una planta bulbosa con un sistema de raíces más profundo y es más resistente a las enfermedades y plagas comunes. Al cultivar estas dos plantas juntas, el perejil puede beneficiarse de la profundidad del sistema de raíces de la cebolla china y la capacidad de repeler algunas plagas (moscas blancas, los pulgones y las orugas) y enfermedades fúngicas. Además, el perejil puede ayudar a proteger el suelo de la erosión y mejorar la estructura del suelo gracias a su sistema radicular poco profundo. Por lo tanto, la asociación entre estas dos plantas puede maximizar la eficiencia del uso de los recursos del suelo y protegerse mutuamente contra posibles plagas y enfermedades.

El periodo que se ha establecido para su cultivo en la cama ha sido de 4 m como el resto de las asociaciones, aunque este tiempo podría extenderse hasta 6 m si las condiciones climáticas y las especies lo permitiesen.

2.3.5.9.4. Ajo + calabacín

Se pueden aprovechar las propiedades del sistema radicular poco profundo del ajo y los requerimientos nutricionales del calabacín de una mayor profundidad. El ajo produce compuestos sulfurosos en sus raíces que actúan como agentes antimicrobianos, ayudando a controlar patógenos en el suelo y al descomponerse, libera nutrientes valiosos como nitrógeno, fósforo y potasio. Estos nutrientes son esenciales para el crecimiento del calabacín. Además, el ajo puede mejorar la estructura del suelo, aumentando la porosidad y aireación del suelo, lo que mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas. En conjunto, la asociación de ajo y calabacín puede ser beneficioso para el control de patógenos, la disponibilidad de nutrientes y la estructura del suelo (Saavedra y Kehr, 2022).

2.3.5.9.5. Pimiento + apio

Por un lado, el apio necesita un suelo rico en nutrientes y agua constante, mientras que el pimiento prefiere un suelo bien drenado y más seco. Debido a que el apio tiene un sistema radicular superficial, puede ayudar a retener la humedad del suelo, mientras que el pimiento, con un sistema radicular más profundo, puede aprovechar los nutrientes disponibles en las capas más profundas por lixiviación (Saavedra y Kehr, 2022).

2.3.5.9.6. Brócoli + vainitas

Mientras que el brócoli tiene un sistema radicular profundo, las vainitas tienen un sistema superficial y extendido. Además, las vainitas también proporcionan una protección natural contra las plagas y enfermedades que pueden afectar al brócoli. Por otra parte, las vainitas tienen la capacidad de fijar nitrógeno en el suelo, lo que puede ser beneficioso para el crecimiento del brócoli, ya que requiere grandes cantidades de este elemento. Además,



mientras que las vainitas necesitan de un guiado para su crecimiento vertical, el brócoli crece sobre un tallo comestible a poca altura, por tanto, son cultivos que no compiten por el espacio (Saavedra y Kehr, 2022; Toledo, 2003).

2.3.5.9.7. Berenjena + pepino

La berenjena tiene un sistema radicular profundo y extenso que se extiende en diferentes direcciones, mientras que el pepino tiene un sistema radicular menos profundo, pero más ancho. Para evitar la competencia por nutrientes, se recomienda plantar las berenjenas en la parte central y profunda de la cama de cultivo, mientras que los pepinos se pueden plantar en los bordes. Además, se pueden aprovechar mejor los nutrientes del suelo si se considera que la berenjena requiere altos niveles de potasio y fósforo, mientras que el pepino necesita niveles elevados de nitrógeno.

Es importante mencionar que el cultivo del pepino puede ser tutorizado para que tenga un crecimiento vertical, mientras que la berenjena se desarrollará de forma horizontal, lo que evitará la competencia por el espacio (Saavedra y Kehr, 2022).

2.3.5.9.8. Tomate + caigua

Aunque ambos cultivos tienen raíces profundas, las del tomate son raíces superficiales predominantes mientras que la caigua posee raíces más profundas y extensas en comparación, reduciendo así la competencia directa por espacio y nutrientes en el suelo. Esta diferencia permite que cada planta utilice diferentes capas de suelo y extraiga nutrientes de distintas profundidades, optimizando la utilización del espacio y los recursos disponibles. Además, ambas plantas presentan requerimientos nutricionales complementarios, lo que permite un uso más eficiente de los nutrientes disponibles en la cama de cultivo. Por ejemplo, el tomate puede requerir más nitrógeno mientras que la caigua puede demandar mayor cantidad de fósforo, logrando un equilibrio en la disponibilidad de nutrientes y disminuyendo la competencia directa entre ambas. Asimismo, esta asociación proporciona beneficios en términos de control de plagas y enfermedades, ya que se ha observado que la presencia de caigua puede repeler insectos y enfermedades que afectan al tomate, como ácaros y hongos, y atraer insectos benéficos que actúan como depredadores naturales de las plagas del tomate, favoreciendo así un control biológico más efectivo. Por último, ambas plantas pueden aprovechar el espacio verticalmente, utilizando estructuras de soporte como enrejados. Mientras el tomate crece hacia arriba, la caigua se enreda alrededor de las estructuras, permitiendo un mejor uso del espacio disponible en la cama de cultivo (Schwember et al., 2014).

El periodo que se ha establecido para su cultivo en la cama ha sido de 4 m como el resto de las asociaciones, aunque este tiempo podría extenderse hasta 6 m si las condiciones climáticas y las especies lo permitiesen.

2.2.8. Manejo y control físico del cultivo

2.2.8.1. PREPARACIÓN DEL LECHO DE CULTIVO

Inicialmente realizamos la labor de deshierbe, tanto en el interior de la cama de cultivo como en la periferia externa que la rodea, con el fin de eliminar cualquier competencia con otra especie vegetal que no se encuentre dentro de nuestro cultivo.

Posteriormente se aplicará una parte del compost en las camas de cultivo, de esta manera mejoramos las propiedades hidrofísicas y químicas del suelo (Villasanti, 2013; Lampkin, 2001):

- Mejora la estructura, dando un incremento de la macroporosidad y a la formación de poros irregulares que mejoran la actividad biológica.
- Mejora la capacidad de retención y el almacenamiento del agua.
- Aportación mineralógica.
- Mejor disponibilidad de elementos nutritivos.
- Mejora de la actividad microbiana y enzimática.

Tabla 3: Suelo ideal para el cultivo de hortalizas

UN SUELO IDEAL
Mullido y fácil de trabajar
Suelto con buena aireación
Rico en nutrientes
Capaz de retener agua y nutrientes
Buen drenaje
Tierra con materia orgánica
pH debe estar entre 6 y 7
Sin infecciones de hongos, nemátodos o gusanos.

2.2.8.2. SIEMBRA

Para obtener una buena tasa de germinación en cada especie, es necesario sembrar de forma específica teniendo en cuenta las necesidades de cada una. Algunas especies, como el perejil, el apio, el tomate, el pimiento y la berenjena, requieren remojo en agua para reactivar la bioquímica de la semilla y romper la latencia antes de la siembra. Otras especies, como la lechuga, el brócoli, el ajo, la cebolla china, el rabanito, la remolacha, el pepino, el calabacín, las vainitas y la caigua, se pueden sembrar directamente en el suelo sin necesidad de remojo previo.

Por otro lado, algunas especies, como el perejil, el apio, el tomate, el pimiento y la berenjena, necesitan condiciones más frescas para germinar adecuadamente, por lo que es recomendable sembrarlas en un semillero antes de trasplantarlas al campo. Mientras que otras especies, como la lechuga, el brócoli, el ajo, la cebolla china, el rabanito, la remolacha, el pepino, el calabacín, las vainitas y la caigua, pueden ser sembradas directamente en el campo sin problemas de trasplante.

Por tanto, es importante conocer las necesidades de cada especie antes de sembrarlas para lograr una tasa de natalidad óptima. De esta manera, se podrá garantizar una producción agrícola exitosa y sostenible (Saavedra y Kehr, 2022).

2.2.8.3. RIEGO

Se establece un calendario de responsabilidades entre los biólogos y voluntarios que viven en el MLC, con el objetivo de que haya un control periódico del biohuerto, y de esta manera satisfacer las necesidades hídricas de cada una de las especies, ya que el agua para el riego se obtiene de forma tediosa mediante el llenado de cubos en el río más cercano de forma manual (véase en la ilustración 6).



Ilustración 7: Riachuelo donde se obtiene el agua para el riego

2.2.8.4. ENTUTORADO

Las especies con crecimiento vertical como el pepino, las vainitas, el tomate y el pimiento irán tutorizadas con alambres para un mejor aprovechamiento del espacio y para optimizar y proteger la cosecha, ya que al ser guiadas evitas que los tallos se doblen o se rompan debido al peso de los frutos.

2.2.8.5. ACLAREO

Es necesario realizar aclareos después de la siembra para evitar una densidad excesiva de plantas en la cama de cultivo. Si las plantas están demasiado juntas, pueden competir por los nutrientes, el agua y la luz, lo que resulta en plantas más pequeñas y menos producción. Los aclareos también ayudan a prevenir la propagación de enfermedades y plagas, y a mejorar la calidad de los frutos. Al eliminar las plantas más débiles o enfermas, las plantas más fuertes pueden desarrollarse plenamente y producir frutos de mejor calidad.

2.2.8.6. COSECHA

Es importante estar atento al momento de la cosecha, ya que cada especie cultivada en el biohuerto tiene su propio ciclo de vida y tiempo de madurez. Cosechar una planta demasiado temprano puede resultar en frutos pequeños e inmaduros, mientras que cosechar una planta demasiado tarde puede hacer que los frutos se marchiten, pierdan sabor y calidad. Además, la cosecha oportuna puede mejorar la producción, ya que las plantas pueden seguir produciendo más frutos si se cosechan regularmente.

2.3. SISTEMA FOTOVOLTAICO

2.3.1. Contexto y justificación

Inicialmente había dos sistemas fotovoltaicos independientes, ambos contaban con el mismo modelo de panel solar, el primer sistema estaba constituido por 4 paneles, ubicados en la cubierta orientada al suroeste del pasillo que une la parte de cocina y oficinas del albergue principal con el comedor, localización idónea para captar la máxima radiación solar. En cambio, el segundo sistema estaba ubicado sobre una estructura a 50 m del edificio principal del albergue (véase en la figura 6 del anexo 4), donde daba la sombra la mayor parte del tiempo, por lo que no tenía productividad energética eficiente. Por este motivo, se realiza la unificación de los dos sistemas fotovoltaicos en el lugar que ocupaba el primero, para dar lugar a un único sistema compuesto por 6 paneles solares de 320 W cada uno que están conectados a un inversor para convertir la corriente continua (CC) en corriente alterna (AC) que alimentan una serie de baterías que dan servicio a un sistema eléctrico independiente en el albergue.



Ilustración 8: Vista suroeste de la instalación fotovoltaica

2.3.2. Objetivo

Generar energía solar para abastecer los electrodomésticos de refrigeración que conservaran las hortalizas cosechadas en el biohuerto, alimentar la línea de alumbrado que permitirá que las cocineras del albergue trabajen una vez anochezca, y por último alimentar una línea de enchufes en las oficinas para dar servicio a la red WIFI y para permitir que los proyectos y el lugar siga funcionando de forma independiente, sin necesidad de encender el generador a gasolina para de esta manera evitar contribuir al consumo de combustibles fósiles (Véase el esquema unifilar en la ilustración 8).

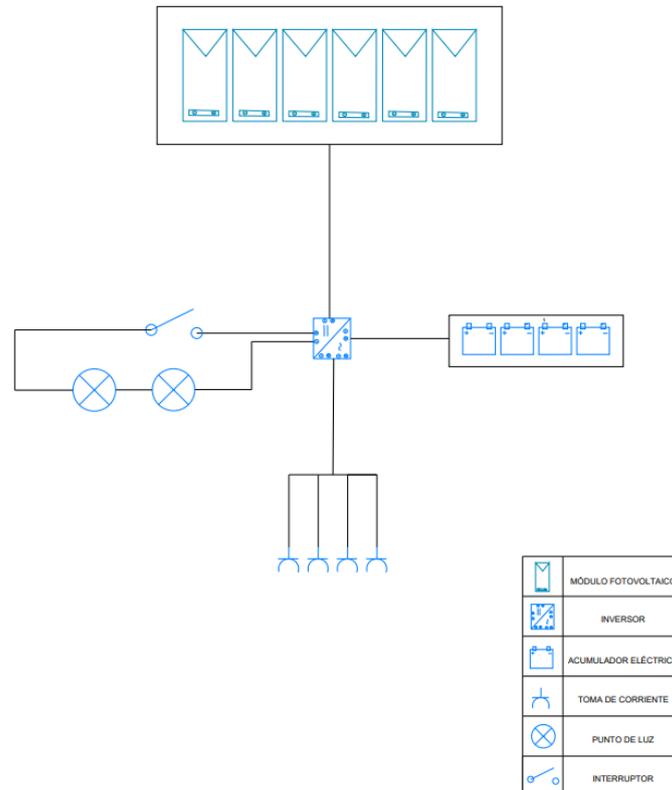


Figura 2: Esquema unifilar

2.3.3. Componentes del sistema fotovoltaico

1. **Generador fotovoltaico:** Se dispone de un total de 6 módulos solares con las siguientes características individuales:
 - Pmax: 320 W
 - Vmp (Voltage a Pmax): 36,78 V
 - Voc (Open Circuit Voltage): 44,14 V
 - Imp (Current a Pmax): 8,71 A
 - Isc (Short-circuit current): 9,41 A
2. **Acumulador de carga:** Tenemos dos tipos de baterías:
 - 2 baterías Ultracell= AGM= 250-12 (12V250AH/20HR)
 - 2 baterías Ultracell= UFT 250-12 GEL (12V250AH/HR)
3. **Inversor:** Growatt, SPF 3500 ES
 - Potencia nominal: 3.500 VA/3.500 W
 - η_{inv} pico: 93%
 - Sobre tensión: 7.000 VA
 - Potencia máxima del campo fotovoltaico: 4.500 W
 - Corriente máxima de carga solar: 80 A
 - Corriente de carga: 60 A
 - Tensión de entrada AC: 230 V

Estructura de soporte: La estructura sobre la que se disponen los módulos solares está diseñada para dotarla de estabilidad, consiste en un marco de madera específicamente delineado para el tipo de panel y cubierta

correspondiente, con el objetivo de proporcionar la inclinación precisa para maximizar la captación de radiación solar por las células fotovoltaicas (véase la estructura de soporte en la ilustración 9).

4. **Sistema de cableado:** En la instalación se hace uso de cables unipolares con distintos diámetros dependiendo de su uso, para el tramo de la rama fotovoltaica a los inversores y para ese sistema de cableado de corriente alterna se utiliza un diámetro de 4 mm², mientras que para el resto de la instalación con corriente continua se hace uso del cable con diámetro de 1,5 mm², ambos con aislamiento del tipo: H07V-K.
5. **Medida de protección:** Se emplean los fusibles calibrados tipo gPV integrados en la parte de continua del inversor.

2.3.4. Consumo diario de energía eléctrica

En la siguiente tabla se muestra una aproximación de los requerimientos de energía que serían necesarios para un correcto funcionamiento del albergue, donde el conjunto de voluntarios, biólogos y componentes de la empresa (administrador, cocineras y el personal de mantenimiento) tengan a cómodo acceso todos los recursos eléctricos básicos como puede ser almacenar las hortalizas producidas en el biohuerto para poder conservarla durante días.

Tabla 4: Consumo diario de energía eléctrica, Wh/día

servicio	energía diaria (Wh/d)	funcionamiento (h)
frigorífico	700	10
congelador arcón	900	6
iluminación	60	4
carga de celulares	15	12
router Wi-Fi	20	14
E_D (Wh/d)	12.815	

2.3.5. Diseño de la instalación

2.3.5.1. INCLINACIÓN β

El ángulo de inclinación β que forma la estructura de soporte instalada en la cubierta del albergue forma un ángulo entre la superficie de los módulos con el plano horizontal de 30°.

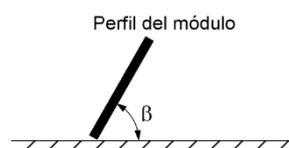


Figura 3: Ángulo de inclinación β (IDAE, 2009)

2.3.5.2. ORIENTACIÓN α

El ángulo de azimut α que forman los paneles ubicados en la cubierta suroeste forman un ángulo de 30° .

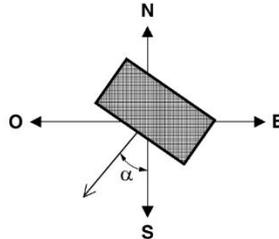


Figura 4: Ángulo de azimut α (IDAE, 2009)

2.3.5.3. CONEXIONES DEL SISTEMA

2.3.5.3.1. Módulos fotovoltaicos

Los 6 paneles solares ubicados en la cubierta suroeste forman una rama fotovoltaica con conexiones tanto en serie como en paralelo (Véase con más detalle el esquema multifilar en el subapartado 7 planta fotovoltaica del anexo 3).

Tabla 5: Datos generales de la rama fotovoltaica

	unidad	valor	total
módulo solar	Ud	6,00	6,00
potencia máxima nominal (P_{max})	W	320,00	1.920,00
voltaje Pmax (V_{mp})	V	36,78	73,56
corriente Pmax (I_{mp})	A	8,71	26,13
tensión en circuito abierto (V_{OC})	V	44,14	88,28
corriente de cortocircuito (I_{SC})	A	9,41	28,23

2.3.5.3.2. ACUMULADORES DE CARGA

Los cuatro acumuladores de carga que forman el almacenamiento total del sistema están conectados tanto en serie como en paralelo (véase con más detalle el esquema multifilar en el subapartado 7 planta fotovoltaica del anexo 3).

Tabla 6: Datos generales del conexionado de las baterías

	Unidad	Valor	Total
acumuladores	Ud	1,00	4,00
capacidad Nominal (C_{20})	Ah	250,00	500,00
tensión nominal	V	12,00	24,00

2.3.6. Dimensionado del sistema

Tabla 7: Dimensionado final del sistema

parámetro	unidades	valor	comentario
P_{mp}	Wp	1.920	potencia pico del generador
C_{20}	Ah	500	capacidad nominal del acumulador
PD_{max}	%	0,7	profundidad de descarga máx. permitida por el regulador se ajustan a este valor
η_{inv}	%	0,77	rendimiento energético del inversor
η_{rb}	%	0,77	rendimiento energético del regulador-acumulador
V_{NOM}	V	24	tensión nominal del acumulador
L_D	Ah	534	consumo diario de la carga ($L_D = E_D / V_{NOM}$)
A	Días	0,38	autonomía: $A = (C_{20} PD_{MAX}) / (L_D) * \eta_{inv} * \eta_{rb}$
C_{20} / I_{sc}	H	17,7	$C_{20} / I_{sc} < 25$ para el caso general

Las tensiones del regulador se ajustan de forma que la profundidad de descarga máxima sea del 70 %.(IDAE, 2009)

2.3.7. Rendimiento del sistema fotovoltaico

Dado que se trata de una ampliación realizada en una instalación existente, procedemos a su comprobación mediante el software PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (PVGIS), quedando resumidos los datos de entrada empleados y sus resultados a continuación:

2.3.7.1. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA ESTIMADA DEL SISTEMA

Como se puede observar en la figura 4, hay gran cantidad de energía no capturada, que sería necesaria para suplir la energía demandada por el personal del albergue según las estimaciones realizadas.

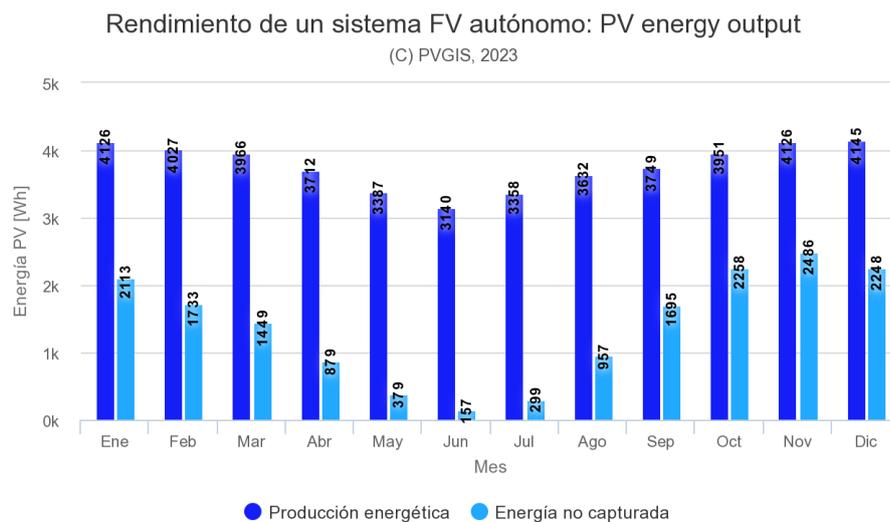


Figura 5: Producción energética estimada del sistema (PVGIS, 2023)

2.3.7.2. RENDIMIENTO DE LAS BATERÍAS DEL SISTEMA

Como puede comprobarse, el sistema de almacenamiento mediante dos bancos de baterías es insuficiente para atender todas las cargas estimadas necesarias, quedando la mayoría de los días excedida su profundidad de descarga y asegurando un mal funcionamiento a corto plazo.

Para evitarlo, se deberá incrementar la funcionalidad del generador fotovoltaico. Para prevenir el daño de los acumuladores de carga y, así, evitar que alcance valores inferiores al 20% de la carga se desconectarán los electrodomésticos de refrigeración a partir de las 15:00 h.

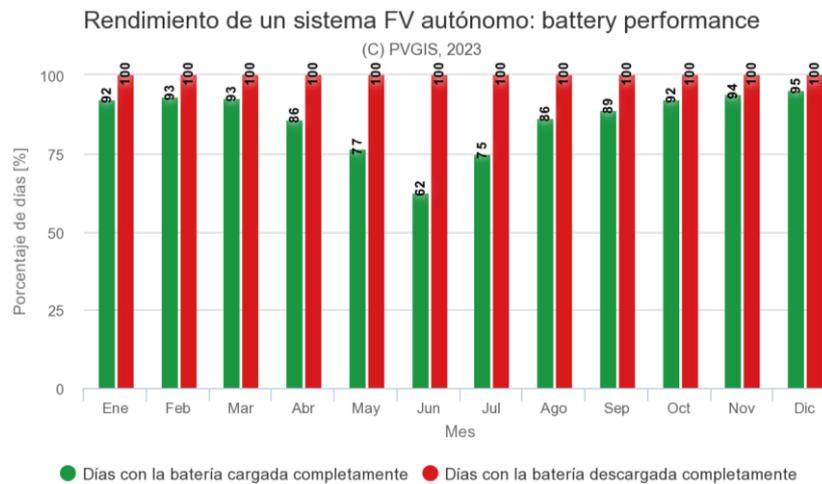


Figura 6: Rendimiento de las baterías del sistema (PVGIS, 2023)

Véanse los resultados mejor detallados en el informe que se encuentra en el anexo 1 (PVGIS, n.d.).

3. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se realizó una estimación aproximada del costo que supondría replicar el modelo de sostenibilidad, con el objetivo de poder instaurarlo en otra ubicación de la selva peruana.

En la siguiente tabla podemos ver el costo de cada uno de los capítulos y el precio total del modelo de sostenibilidad, véanse con más detalle los precios unitarios, desglosados y mediciones en el anexo 4.

Tabla 8: Resumen del presupuesto

4.5. Resumen			
Capítulo	Unidad	Valoración	Importe (€)
01 Biohuerto	Ud	Construcción, capacitación y monitoreo	1.085,75
02 Biocompostaje	Ud	Inicio del proceso de compostaje, capacitación y monitoreo	258,79
03 Fotovoltaica	Ud	Instalación fotovoltaica, eléctrica, capacitación y supervisión	4.250,30
Presupuesto de ejecución material			5.594,84
CG (13%)			727,33
BI (6%)			335,69
Honorarios dirección obra (5%)			279,74
Suma			6.937,60
IVA (21%)			1.456,90
Total presupuesto general			8.394,50

Una vez finalizado el trabajo se realizaron ciertas observaciones en cada uno de los apartados que componen el presente TFG para una mejora general del modelo de sostenibilidad y una aproximación del coste de cada uno de los apartados.

3.1. BIOCOPSTAJE

Para que la pila de compostaje funcione según lo esperado es necesaria cierta disciplina a la hora de cumplir los horarios establecidos en el calendario para que el proceso de la fermentación aeróbica se lleve a cabo de forma satisfactoria, ya que necesita volteos diarios y la supervisión de un especialista para corroborar que el proceso se está llevando con normalidad y poder solucionar los problemas que se pueden originar durante el proceso, como, por ejemplo, la falta o el exceso de humedad.

La valoración que se ha obtenido para la ejecución del proceso de compostaje y el monitoreo para un período de 2 a suma una cifra de **258,79€** sin incluir tasas (véase el presupuesto detallado en el anexo 4).

3.2. BIOHUERTO

Con el objetivo de conseguir una producción constante y óptima, se debería implantar un horario para realizar todas las tareas básicas demandadas por los cultivos, donde una persona asignada para un periodo de tiempo o tarea determinada se haga responsable del cumplimiento de las labores. Una buena organización, comunicación y una repartición equitativa de las



responsabilidades, consolida un buen equipo de trabajo que se verá reflejado directamente con la cosecha del biohuerto, y como dice el dicho "barriga llena, corazón contento".

Por otra parte, cuando las condiciones económicas de la empresa lo permitan debería instalarse un sistema de riego por gravedad o con bomba de agua para facilitar el riego, ya que resulta tedioso tener que realizarla de forma manual.

La valoración que se ha realizado para la construcción, manejo y monitoreo del biohuerto por un periodo de 2 años asciende a una cifra de **1.085,75€** sin incluir las tasas (véase el presupuesto detallado en el anexo 4).

3.3. SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema fotovoltaico, se designará a un individuo responsable del acceso a la sala técnica, encargado de gestionar las salidas de energía de las baterías, siendo su principal tarea la de evitar que la carga de las baterías se reduzca por debajo del 20%, ya que esto acortaría significativamente su vida útil. Esta tarea se deberá cumplir hasta que se instale un interruptor magnetotérmico que se encargue de apagar el sistema de refrigeración cuando el nivel de carga de las baterías descienda a cierto porcentaje. Durante el trabajo, se identificaron varios problemas de organización, siendo especialmente relevante el acceso indiscriminado a la sala técnica por parte de los huéspedes del albergue, quienes manipulaban las conexiones y encendidos sin restricciones. Esta situación tuvo un impacto directo en la reducción de la vida útil de los acumuladores de energía y el inversor.

Además, debido a las limitaciones de recursos durante la realización de este trabajo, en un contexto marcado por la pandemia, se elaboró un informe detallando todas las medidas de protección necesarias. Estas incluyen el uso de cuadros de mando y protección, interruptores magnetotérmicos, interruptores diferenciales, limitadores de sobretensiones transitorias y permanentes, tomas de corriente homologadas, puesta a tierra efectiva y verificable, cable especial para el lado de corriente continua de la instalación fotovoltaica y una sección mayor para las líneas de corriente alterna. Se recomendó su instalación tan pronto como se logre la estabilidad económica para adquirirlas y contratar a un profesional que se encargue de su instalación. El objetivo principal es evitar riesgos de incendio, pérdida de energía y, sobre todo, garantizar la seguridad de las personas y los bienes.

Recientemente, se ha mantenido contacto con el gerente de la empresa, quien ha confirmado mediante imágenes fotográficas que se están optimizando el sistema fotovoltaico, teniendo en cuenta las posibilidades económicas de la empresa y considerando las observaciones realizadas una vez finalizadas las modificaciones abordadas en este Trabajo Final de Grado (véase la figura 7 en el anexo 3).

La valoración de que se ha realizado en el supuesto de que se quisiera replicar esta instalación con materiales de primera mano y con supervisión mensual, asciende a una cifra de **4.250,30 €** sin incluir las tasas (véase el presupuesto detallado en el anexo 4).

3.4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD

En términos generales, este modelo tiene el potencial de brindar un apoyo significativo tanto a las comunidades nativas que residen en la selva como a la población proveniente de la sierra que se desplaza a la selva en busca de una mejor calidad de vida. Esto tendría un impacto positivo considerable y ofrecería oportunidades comerciales.

La problemática observada en esta región, en relación con este proyecto se ve reflejada en dos refranes españoles: "mejor malo conocido que bueno por conocer" y "el que no llora no mama".



Estos refranes ejemplifican la desconfianza predominante y el comportamiento de las personas que inicialmente muestran interés en la construcción del biohuerto, pero luego no participan activamente en las actividades, esperando recibir todos los beneficios sin esfuerzo. Esta actitud no es sostenible en absoluto y ha sido perpetuada por ciertas ONGs que buscan obtener ganancias a través de asociaciones comerciales para aprovechar el turismo en la selva. Esta situación está erosionando las tradiciones y la cultura de las comunidades de la selva, olvidándose de sus raíces y desvirtuando su educación.

Por esta razón, se ha desarrollado este modelo con el objetivo principal de demostrar a la población de la región que la implementación y gestión del biohuerto son posibles, sencillos y eficientes. Se busca motivar a las personas a capacitarse en el manejo y monitoreo del biohuerto, fomentando así un enfoque más sostenible y comprometido. La valoración general del modelo de sostenibilidad implementado asciende a un total de **8.394,50 €**, incluyendo todas las tasas correspondientes (consultar el presupuesto detallado en el anexo 4).



4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aubert, C. (2003). *EL HUERTO BIOLÓGICO*. Integral.
- Bueno, M. (2004). *EL HUERTO FAMILIAR ECOLÓGICO* (J. C. García, Ed.; 4º).
- Caracterización del departamento de Madre de Dios*. (2011).
<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Cusco/Madre-de-Dios-Caracterizacion.pdf>
- Castro Sanz, A. (2018). Diagnóstico Biohuertos. *CREES FOUNDATION*.
- CREES FOUNDATION. (2018). SEMBRANDO JUNTO A TÍ. *Proyecto Manu Sostenible*.
- CSR Laboratorio. (n.d.). *Factores que afectan al proceso de compostaje*.
- Estrada Paredes, J. J. (2012). *Preparación y reducción de riesgos en respuesta a los eventos climáticos extremos y los problemas de disponibilidad de agua en comunidades vulnerables del altiplano de Bolivia y Perú*.
- Huaraca Ramos, P. J. (2015). *EVALUACIÓN DE CUATRO DOSIS DE TRI HORMONA ENRIQUECIDO CON MICRO NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE CEBOLLA CHINA*.
- IDAE, I. para la D. y A. de la E. (2009). *IDAE Instituto para la Diversificación*. www.idae.es
- Labrador Moreno, J. (1996). *LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS AGROSISTEMAS* (Mundiprensa).
- Lampkin, N. (2001). *Agricultura Ecológica*. Mundiprensa.
- Maroto Borrego, J. V. (2002). *HORTICULTURA HERBÁCEA ESPECIAL* (5º). Mundiprensa.
- Moreno Casco, J., & Moral Herrero, R. (2011). *COMPOSTAJE*. Mundiprensa.
- PVGIS. (2023). https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
- Restrepo Rivera, J. (2007). *Manual Práctico El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas*.
- Saavedra Del Real, G., Kehr Mellado, E., & Bastías Millanao, M. (2022). Manejo y especies hortícolas aptas para la agroindustria en la región de la Araucanía. In *Instituto de investigaciones agropecuarias: Vol. BOLETÍN INIA N° 472*. INIA.
- Schwember, A., Segura, P., & Contretas, S. (2014). caigua, cucurbitácea nativa con potencial hortícola. *Agronomía y Forestal*.
- Serrano Cermeño, Z. (1990). *TECNICAS DE INVERNADERO*.
- Silva, J. P., López, P. M., & Valencia, P. A. (2017). *RECUPERACIÓN DE NUTRIENTES EN FASE SÓLIDA A TRAVÉS DEL COMPOSTAJE*.
- Toledo, J. H. (2003). *Cultivo de Vainita*.
- Vargas Ortiz, N. J., Villate Díaz, J. P., & Habran Esteban, N. M. (2021). Caracterización mecánica y determinación de la resistencia a la tracción de fibras de caña brava para uso en construcciones rurales. *INVENTUM*, 16(31), 78–84.
<https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.16.31.2021.78-84>
- Villasanti, C. (2013). EL MANEJO DEL SUELO EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS CON BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS. *FAO*. www.fao.org/publications
- Zamora, E. (2016). *EL CULTIVO DEL AJO*.