

Manual de producción vertical como modalidad de huerto familiar para autoabastecimiento de un hogar

Luis Enrique Chinchilla Hernandez

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre 2020

ZAMORANO
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE AGRONEGOCIOS

Manual de producción vertical como modalidad de huerto familiar para autoabastecimiento de un hogar

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniería en Administración de Agronegocios en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

Luis Enrique Chinchilla Hernández

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2020

Manual de producción vertical como modalidad de huerto familiar para autoabastecimiento de un hogar

Presentado por:

Luis Enrique Chinchilla Hernández

Aprobado:


Julio Rendón C. (Nov 23, 2020 08:11 CST)

Julio Rendón Mtr.
Asesor Principal



Raúl Soto, D.Sc.
Director
Departamento de Administración de
Agronegocios



Ana Margarita Maier, Ph.D.
Asesor



Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Vicepresidente y Decano Académico

Manual de producción vertical como modalidad de huerto familiar para autoabastecimiento de un hogar

Luis Enrique Chinchilla Hernández

Resumen. El mayor reto para los productores en los últimos años ha sido optimizar sus recursos para poder alimentar a la creciente población mundial, y demanda de alimento no hace más que crecer con el paso de los años. El problema actual es que recursos como el suelo comienzan a tornarse escasos llevando a los agricultores a pensar en nuevas formas de optimizar su espacio dedicado a la producción. El objetivo fue crear y validar un sistema de agricultura vertical que pudiera ser accesible para todas las personas utilizando insumos que se encuentren en el entorno y que pudiera aprovechar al máximo el espacio de trabajo. Se utilizaron productos de origen vegetal para el cuidado de los cultivos que, a su vez, le dan un concepto orgánico y libre de residuos químicos potencialmente tóxicos para las personas. Se elaboró un manual en el que se detallan los materiales necesarios, prácticas desarrolladas, productos para el manejo de plagas y cuidado de las plantas y consideraciones sobre el uso de un sistema de agricultura vertical. Los costos se dividieron entre directos e indirectos para poder calcular el costo de producir de una unidad de cada cultivo en el primer ciclo de cultivo y en el segundo. Para obtener datos reales sobre los costos se tomó en cuenta cada insumo y se distribuyó su costo según la cantidad de ciclos que duraría su vida útil.

Palabras clave: Accesibilidad, costos de producción, demanda de alimento, escasez, orgánico, productos de origen vegetal.

Abstract. In the recent years, the biggest challenge for farmers has been to optimize their resources so they can feed the growing world population, and food demand will not do anything more than grow with the pass of time. The current problem is that resources such as soil starts to be scarce leading producers to think on new ways to optimize their space dedicated to production. The objective was to create and validate a vertical farming system that could be accessible to everyone using inputs found in the environment and that could make the most of the workspace. Plant-based products were used for the care of the crops which, in turn, give it an organic concept and free of chemical residuals potentially toxic to people. A manual was developed detailing the necessary materials, practices developed, products for pest management and plant care, and considerations on the use of a vertical farming system. The costs were divided in direct and indirect in order to calculate the cost of producing a single unit of every crop in the first cycle and the second one. To obtain real data regarding to costs every input was taken into account and its cost was distributed according to the number of cycles that its useful life would last.

Keywords: Accessibility, food demand, plant-based products, organic, production costs, scarcity.

ÍNDICE GENERAL

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iii
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. METODOLOGÍA	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	5
4. CONCLUSIONES.....	40
5. RECOMENDACIONES.....	41
6. LITERATURA CITADA	42
7. ANEXOS.....	46

Índice de cuadros, figuras y anexos

Cuadros	Página
1. Países que practican agricultura orgánica	4
2. Temperaturas óptimas para el cultivo de rábano.....	9
3. Temperaturas óptimas para el cultivo de mostaza.....	11
4. Temperaturas óptimas para el cultivo de culantro en cada fase.....	122
5. Temperaturas óptimas para la espinaca en cada fase.....	144
6. Cuadro resumen de productos de origen vegetal usados y sus aplicaciones.	155
7. Inversión inicial para 10 ciclos de producción.	166
8. Costos de operación por ciclo	166
9. Unidades producidas y costo unitario	177
10. Costos fijos y variables del proyecto	177
11. Costos fijos y variables ajustados para alcanzar las proyecciones de punto de equilibrio.....	188
12. Temperaturas óptimas cultivo de lechuga en cada fase.	200
13. Temperaturas óptimas cultivo de repollo en cada fase.	211
14. Temperaturas óptimas para el cultivo de cebolla en cada fase.	222
15. Temperaturas óptimas para el cultivo de la zanahoria en cada fase.	233
16. Temperaturas óptimas para el cultivo de la yuca en cada fase.	244
17. Temperaturas óptimas para el cultivo de la papa en cada fase.	266
18. Asociación entre cultivos.....	28
19. Materia orgánica ideal para la creación de compost.....	299
20. Demanda de consumo de vegetales en el municipio de Tocoa, Colón.....	311
Figuras	Página
1. Bandejas para semillas hechas con cartones de huevo.	7
2. Recipientes llenados con suelo.	7
3. Dimensiones de jardín desde vista aérea.	8
4. Rábano producido en recipientes plásticos	100
5. Mostaza producida en recipientes plásticos	111
6. Culantro producido en recipientes	133
7. Espinaca producida en recipientes.	144
8. Morfología de la yuca	255
9. Morfología de la papa	277
10. Almacenaje de compost al aire libre	300
11. Almacenaje de compost en contenedores	300

Anexos	Página
1. Temperatura de Tocoa, Colón en el periodo de 20 de junio a 20 de agosto, fechas del primer ciclo de producción del proyecto.....	466
2. Relación de hectáreas de tierra arable por persona entre los años 1961– 2013.....	466
3. Recipientes colgados y llenados de suelo listos para la producción.....	477
4. Rábanos cosechados después de cumplir el ciclo de producción.....	477
5. Mostaza de hoja cosechado después de cumplir el ciclo producción.....	488
6. Plan de siembra y cosecha de 52 semanas, en 17 cosechas para el cultivo de rábano...	488
7. Plan de siembra y cosecha de 52 semanas, en 23 cosechas para el cultivo de mostaza de hoja.....	499
8. Plan de siembra y cosecha de 52 semanas, en 23 cosechas para el cultivo de culantro	49
9. Plan de siembra y cosecha para 52 semanas, con 23 cosechas para el cultivo de espinaca.....	50
10. Plan de siembra y cosecha de 52 semanas, en 46 cosechas para el cultivo de la lechuga.....	51
11. Plan de siembra y cosecha de 52 semanas, con 40 cosechas para el cultivo de repollo	52
12. Plan de siembra y cosecha para 52 semanas, con 9 cosechas para el cultivo de cebolla.....	53
13. Plan de siembra y cosecha de 52 semanas, con 20 cosechas para el cultivo de zanahoria.....	53
14. Plan de siembra y cosecha de 52 semanas, con dos cosechas para el cultivo de yuca.....	54
15. Plan de siembra y cosecha de 52 semanas, con siete cosechas para el cultivo de papa.....	54
16. Manual de producción vertical como modalidad de huerto familiar.....	55

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura constituye la principal herencia que recibimos del hombre primitivo y esta contribuyó en buena medida al desarrollo de la humanidad; fueron creadas por el hombre y lo acompañan desde hace milenios (Krapovickas, 2010). La agricultura ha provocado que se utilicen largas extensiones de tierra para la producción de alimentos, lo que ha tenido consecuencias como deforestación e invasión de ecosistemas. La cantidad de tierra arable disponible para la producción de alimentos va en decremento, esto obliga a los agricultores a encontrar nuevas formas de producir más alimento utilizando menos cantidad de recursos.

Actualmente, se ha desarrollado una nueva forma de producción de alimentos que es conocida como agricultura vertical. Como su nombre lo indica, esta se basa en la producción en espacios protegidos que dirigen su crecimiento hacia arriba para aprovechar el espacio. El modelo de agricultura vertical es esencialmente una granja interior basada en un diseño de fábricas de varios niveles de gran altura (Benke y Tomkins, 2017). Esto implica la disminución de varios recursos que se utilizan en la agricultura como: agua, fertilizantes, pesticidas, entre otros. Esta forma de producción permite aumentar la cosecha esperada y ofrece cultivos que no se puedan desarrollar en cualquier época del año.

La agricultura vertical casera supone una solución para el abastecimiento de la demanda de alimentos en un hogar, al educar a las personas sobre como producir verduras, se les permite consumir alimentos libres de cualquier contaminación con residuos de químicos. La implementación de una agricultura vertical casera permite disminuir costos para las familias, al mismo tiempo que consumen un alimento seguro. El uso efectivo de este nuevo estilo de producción permite optimizar el espacio en el que se desarrollan varios cultivos utilizando varios niveles de producción en la misma área.

El proyecto propone realizar un análisis de costos para la implementación de un sistema de producción vertical en casa; usando plaguicidas de origen vegetal, por lo tanto, los productos cosechados serán totalmente orgánicos. Con este estudio se pretende brindar a la comunidad una alternativa eficaz, económica y saludable en tiempos difíciles. Los productos de origen vegetal permiten a las personas producir alimentos que no vayan a dañar los cultivos de cualquier forma, y la producción de ellos permite darle otro uso a las plantas de los que están creados, lo que permite aprovechar sus propiedades especiales.

Los plásticos son de los materiales más usados para la producción industrial, y según Elisa Rojo (2017) una gran parte contiene este material, el cual en muchas ocasiones está destinado a ser usado solo una vez. El plástico puede usarse de varias formas como para la creación de pequeños maceteros para producir alimento, adonde además de estar practicando el reciclaje se está usando el plástico para aprovechar el espacio limitado que se tiene para la producción. Es importante hacer énfasis en este punto porque se sabe que el plástico puede durar hasta 150 años en degradarse, y esto cuando se trata solo de una bolsa, el tiempo puede prolongarse más para una simple botella.

Los costos de producción forman una parte fundamental para este proyecto ya que muestran la inversión inicial total que se hizo para implementarlo. Al momento de adquirir todos los insumos necesarios para llevar a cabo un proyecto es necesario encontrar respuesta a interrogantes como:

¿Cuánto comprar? ¿dónde comprar?, (Uribe, 2011). El llevar un registro de costos permite al líder de cualquier proyecto a tener una buena perspectiva de los insumos que se deben disminuir o aumentar para los posteriores periodos de producción, por lo tanto, la toma de decisiones es más sencilla con estos datos.

Por esta razón, este estudio se enfoca en los siguientes objetivos:

- Elaborar un manual técnico para la implementación un sistema de agricultura vertical utilizando recursos del entorno.
- Demostrar que la agricultura vertical es un sistema eficaz para producir alimentos, como una nueva alternativa de huertos familiares.
- Identificar los beneficios de un sistema de agricultura vertical como alternativa de huertos familiares.

2. METODOLOGÍA

Lugar de la investigación

El lugar en el que se llevó a cabo la investigación fue en el municipio de Tocoa, departamento de Colón. Este municipio está localizado en la zona norte del país de Honduras, con una altitud de 50 msnm y, con una temperatura promedio de 30°.

Manual técnico de producción

Estudio técnico

En el desarrollo de un manual para la creación de un proyecto de agricultura vertical en casa para la producción de rábano, mostaza, culantro y espinaca, se tomaron en cuenta ciertos aspectos:

- Cantidad por producir en un espacio limitado: Es necesario saber el área del lugar en el que se desarrolló el proyecto, para poder determinar cómo se distribuye el espacio para cada cultivo. El principal enfoque de este proyecto es poder optimizar el área creando varios niveles para la producción.
- Condiciones óptimas para los cultivos: Se consideraron varios aspectos del ambiente tales como la temperatura óptima, humedad relativa, y el tipo de suelo para la raíz. El cumplimiento de estas condiciones ayuda a un desarrollo óptimo del cultivo y, por lo tanto, a tener un producto sano, nutritivo y de calidad.
- Características de la producción vertical: Se trataron puntos como los beneficios de implementar la agricultura vertical como método para producir alimentos seguros. Por otra parte, se enlistaron todos los pasos a seguir desde la obtención de materiales hasta el cuidado adecuado de las plantas,
- Prácticas necesarias: Para el desarrollo de este proyecto se realizaron prácticas correspondientes a la agricultura orgánica, al reciclaje de productos que tardan mucho tiempo en degradarse, y análisis de costos. Es importante hacer énfasis en este punto ya que se busca crear un sistema de producción que sea amigable con el medio ambiente y al mismo tiempo poder ser replicado por varias personas que no puedan hacer grandes inversiones de dinero.

Prácticas realizadas

Agricultura orgánica. Para este proyecto de agricultura vertical se aplicaron medidas que promuevan la producción con prácticas orgánica, esto es beneficioso para las familias que busquen aplicar este proyecto dentro de un ambiente muy urbanizado. Este estilo de producción tiene como objetivo el desarrollo de productos con un concepto diferente al que se está acostumbrado, el que se centra en usar insumos que garanticen un alimento saludable y libre de cualquier material tóxico para la salud humana (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2003). El uso

de productos de origen vegetal promueve el concepto de agricultura orgánica, pues son producidos a base de extractos de vegetales con propiedades protectoras para las plantas, un ejemplo de esto se puede ver al crear producto hecho con extracto de ajo que tiene función insecticida en la planta.

Cuadro 1. Países que practican agricultura orgánica

Región	Países con datos en agricultura orgánica	Países por región	Porcentaje de países que proveyeron datos
Africa	44	56	79%
Asia	41	49	84%
Europa	47	49	96%
Latinoamérica y el Caribe	33	46	72%
Norteamérica	3	5	60%
Oceanía	13	25	52%
Mundo	181	230	79%

Fuente: FAO (2017)

Esta forma de producción ha logrado alcanzar varios países en todo el mundo, y en 2017 el Instituto de Investigación de Agricultura Orgánica (FiBL) hizo la vigésima encuesta certificada de agricultura orgánica a varios países para conocer qué tanta extensión había cubierto este concepto de agricultura. Resulta que en la mayoría de los países a nivel mundial se ha puesto en práctica esta forma de producción.

Análisis de Costos

Un costo (como los materiales directos o la publicidad) por lo general se mide como la cantidad monetaria que debe pagarse para adquirir bienes o servicios (Horngren, 2012). El análisis de costos es una práctica muy usada en empresas encargadas de producir algún bien, esta consiste en identificar el costo exacto de producir una unidad de producto, recolectando todos los costos de todo el proceso. En el proyecto se utilizó para determinar el costo de producir una libra de cada cultivo, a pesar de que su fin no era para comercialización.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Manual de producción vertical como modalidad de huerto familiar para autoabastecimiento de un hogar

Pasos previos a la siembra

Materiales requeridos. Para poder implementar este proyecto, primero se adquirieron los materiales necesarios para poder preparar recipientes donde las plantas serán sembradas:

- Semillas de rábano, mostaza y culantro
- Recipientes plásticos
- Suelo como sustrato
- Cartones de huevo
- Malla sarán para control de plagas
- Rollo de cuerda

Los materiales que se utilizarán para el proyecto serán maceteros hechos de recipientes plásticos. Esto ofrece una alternativa amigable con el medio ambiente, y permite reciclar materiales que tardan mucho tiempo en degradarse. El espacio que se utilizará para el proyecto se cubrirá con malla sarán para el control de plagas en etapas adultas de las plantas, estas se sostendrán con columnas de madera.

Control de plagas. El control de plagas es un aspecto fundamental dentro de la producción de vegetales porque supone la protección de las plantas frente a los factores externos que se encuentran en su entorno y que la perjudican. Para lograr un proyecto amigable con el medio ambiente, se sugiere usar productos a base de vegetales. Es sabido que las personas han desarrollado cierta desconfianza al consumo de productos con agricultura convencional, por lo que han comenzado a buscar sistemas de producción locales más amigables con el ambiente y que no se usen plaguicidas convencionales. Muchas plantas aromáticas usadas como hierbas culinarias y especias y sus aceites esenciales han logrado obtener la atención de científicos para usarlos como fumigantes botánicos contra pérdidas de producción por plagas en el almacenamiento (Dubey, 2010).

Si bien un producto a base de vegetales puede causar daños a la salud al estar en contacto con órganos sensibles como los ojos o ser ingerido tiene la ventaja de que puede ser aplicado con menor riesgo que un agroquímico convencional. Las decenas de muertes ocasionadas por intoxicaciones agudas en los países en desarrollo evidencian que existe una tremenda necesidad de un mayor control y de mejorar las condiciones de trabajo (Riccioppo, 2011).

Diseño de maceteros. En el desarrollo de los maceteros se tomó como guía el artículo de Navas y Peña (2012), porque muestran una idea de utilizar canastos para evitar deterioro, los que al mismo tiempo están puestos de manera vertical. Para este proyecto se modificará la idea reemplazando los

canastos por recipientes plásticos que puedan cumplir un segundo propósito en el que se producirán alimentos. Este diseño pretende ser accesible para todas las personas y por esa razón se han escogido recipientes como estructura para el sostén de los cultivos.

Semilleros. Utilizar la semilla de los vegetales y desarrollarla a través de semilleros es uno de los métodos de reproducción más fáciles que existen, aunque con algunas especies suponga mucho tiempo de espera (Rivas, 2013). El motivo de usar este método es para hacer la reproducción más rápida utilizando un producto que tiene muy pocos usos después de cumplir su objetivo inicial. Los cartones de huevos servirán como semilleros para esas plantas que requieren de haber germinado antes de ser sembradas en los recipientes.

Preparación de maceteros. Para preparar los recipientes para la producción se deben seguir pasos especificados de la siguiente forma:

1. Se debe dibujar y hacer un orificio grande en ambos costados del recipiente para poder agregarle suelo una vez acabado.
2. Se hace un orificio del tamaño de la tapa del recipiente en la base de este, esto será para meter el pico del recipiente que irá sobre esta, y a la tapa también se le hace un orificio, este sirve de drenaje de agua para cuando se efectúe el riego.
3. Al haber hecho esto en todos los recipientes, se deben poner con la boquilla en dirección al suelo e insertarlas en el orificio de la base y enroscar la tapa en el recipiente, haciendo así que se haga una forma de torre. En cada torre deben ir 4 recipientes.
4. Luego de haber hecho todas las torres, se debe amarrar con la cuerda en una superficie donde se pueda colgar.
5. Sobre esta superficie se debe poner la malla sarán de forma que cubra los recipientes donde estén los cultivos. 17.61 m²

Siembra indirecta

Llenado de semilleros. Los cartones de huevos servirán como semilleros para esas plantas que requieren de haber germinado antes de ser sembradas en los recipientes. Se debe agregar suelo a los cartones de huevo de forma que se asemeje a una bandeja para semillas, luego se agregan las semillas de los cultivos se les agrega agua. Las plántulas se deben trasplantar a los recipientes luego de dos semanas de haber germinado.



Figura 1. Bandejas para semillas hechas con cartones de huevo.

Siembra directa

Llenado de recipientes. Los recipientes de deben llenar hasta la altura de los orificios para darle a la raíz de la planta suficiente espacio para desarrollarse. Para sembrar la semilla primero se debe humedecer el suelo y enterrarla con un criterio de profundidad de tres veces su tamaño.



Figura 2. Recipientes llenados con suelo.

Control de plagas. Los productos utilizados para el control de plagas son:

- **PALMIN 50 CS.** Es un insecticida elaborado a base de sales potásicas de ácidos grasos de palma aceitera, cuya formulación consiste en un concentrado soluble neutralizado y estabilizado para utilizarse en cualquier tipo de mezclas sin que provoque toxicidad en las plantas tratadas. Está indicado para usarse en todo tipo de cultivos para el control de insectos de cuerpo blando y aquellos que exudan mielecillas y grasas, también tiene efecto para eliminar manchas como fumagina y residuos visibles de plaguicidas en frutos en pos cosecha.

Al aplicar PALMIN 50 CS en mezclas antes o al mismo tiempo con otros insecticidas y fungicidas mejora la distribución y penetración de estos en la superficie foliar potencializando de esta manera la eficacia de la aplicación

- **MÁGICO CIEN 870 CE.** Es un fungicida y bactericida elaborado a base de *Mimosa tenuiflora*, este extracto botánico actúa contra hongos y bacterias que causan enfermedades en los cultivos.
- **KAJON 98 LS.** Es un insecticida y repelente elaborado a base de Ajo (*Allium sativum*) cuya formulación consiste en un líquido soluble neutralizado y estabilizado para utilizarse en cualquier tipo de mezclas sin que provoque toxicidad en las plantas tratadas. Está indicado para usarse en todo tipo de cultivos para el control y repelencia de insectos (trips, minadores de las hojas, mosca blanca etc) y ácaros. Al aplicar KAJON 98 SL en mezclas con otros insecticidas y fungicidas mejora la distribución y penetración de estos en la superficie foliar potencializando de esta manera la eficacia de la aplicación.
- **BIOCAN 75 CE.** Es un extracto botánico elaborado a base de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) que actúa como insecticida/fungicida el cual ejerce una acción tóxica y repelente contra insectos y ácaros que atacan a los cultivos.

Dimensiones del espacio

El proyecto se realizó en el jardín de un hogar de seis personas en el que aplicando conceptos de agricultura vertical se sembraron cultivos aprovechando el espacio ascendente. La producción se desarrolló en recipientes plásticos que colgaban de una cuerda que servía para mantenerlos firmes.

En la figura 3 se muestra la distribución del espacio dedicado al desarrollo de las plantas. El área total es de 17.61 m², donde se utilizaron 200 recipientes para la producción de alimentos.

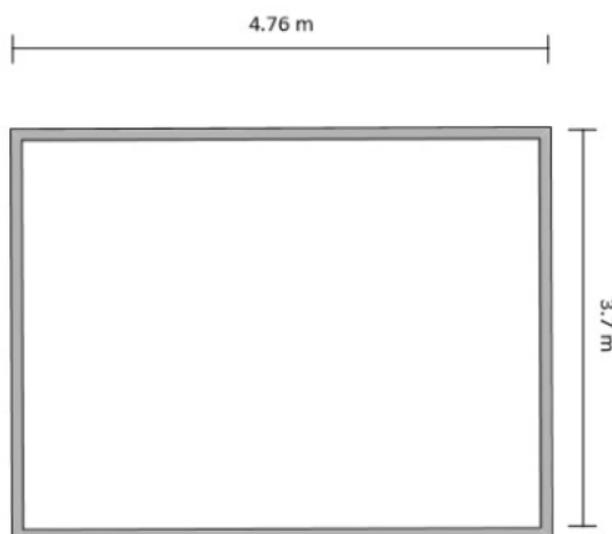


Figura 3. Dimensiones de jardín desde vista aérea.

Estudio técnico

Rábano (*Raphanus sativus*)

En el cultivo del rábano (*Raphanus sativus*) se hizo una siembra de una semilla por recipiente. Dado a que el ciclo de cultivo de rábano es de 4 semanas o 28 días, se pudo hacer una doble siembra de este; de las 200 botellas plásticas usadas 75 sirvieron para este cultivo. A la mitad de ciclo de producción se le aplicó BIOCAN 75 CE un producto a base de extracto de canela que actúa como fungicida en la planta por lo que previene pueda ser destruida por un hongo.

Temperatura. El rábano es un cultivo que se puede desarrollar bien en el frío, pero mantenerlo de forma prolongada en un clima menor a 6 °C puede alterar el correcto crecimiento del tallo. La floración prematura se da cuando una planta comienza a pasar por una etapa de estrés en la que se fuerza a promover la maduración, esto se da por estarse desarrollando en condiciones adversas. La temperatura óptima para el rábano que oscila entre los 18 – 25 °C dependiendo de la etapa en la que se encuentre, evita que esto pueda suceder y permite a la planta tener un correcto desarrollo.

Humedad Relativa. El rango de humedad relativa óptimo para este cultivo es entre 60 y 80%. El rábano debe mantenerse húmedo, pero no con exceso porque puede promover el crecimiento de hongos que eventualmente terminan dañando a la planta y en varios casos la llevan a la muerte.

Suelo. El cultivo de rábano se ve favorecido por suelos que no sean propensos a la compactación porque su desarrollo ocurre dentro de este. Los suelos arenosos son una buena alternativa para producir rábanos. El pH óptimo se encuentra dentro del rango de 5.5 – 7.0.

Agua. El riego debe ser abundante en el cultivo, esto ayuda a un mejor desarrollo de sus raíces. La escasez de agua produce un endurecimiento en la raíz dificultando su desarrollo. Por otro lado, el exceso de humedad promueve el proceso de floración en la planta, perdiendo así su valor comercial.

En el cuadro 2 se puede observar que el rábano es un cultivo de clima fresco, y puede producirse en temperaturas que son de calor, y aunque si puede hacerlo, eso conlleva que el ciclo del cultivo puede verse prolongado.

Cuadro 2. Temperaturas óptimas para el cultivo de rábano en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	20-25	10	32
Crecimiento vegetativo	18-22	12	32
Cosecha	20-22	10	32

Cosecha. La cosecha del rábano se hizo a los 29 días de haber sido sembrado, para hacerlo se removió un poco el suelo del entorno del rábano y se sacó lentamente para poder arrancar la planta completa. Una ventaja de este cultivo es que tiene un ciclo muy corto de 3 – 6 semanas, porque se pudo hacer una doble siembra, permitiendo que 31 días después se lograra realizar una segunda

cosecha. Entre ambos ciclos se cosecharon 23 libras de rábano. Al momento de hacer el segundo ciclo, agregó más suelo a los recipientes que habían sido cosechados, pues los nutrientes que antes poseía habían sido absorbidos por la planta anterior, esto evita que las plantas no se desarrollen bien por escasez de nutrientes.



Figura 4. Rábano producido en recipientes plásticos

Mostaza (*Brassica juncea*)

En el cultivo de mostaza (*Brassica juncea*) se utilizaron 75 recipientes en las que se sembraron dos semillas en cada una de ellas. Al cultivo de mostaza se aplicó KAJON 98 LS, un insecticida creado a base de extracto de ajo para el control de plagas porque se mostró incidencia de polilla de coles (*Plutella xylostella*) y también BIOCAN 75 CE. La polilla de las coles es un micro lepidóptero considerado como la plaga más destructiva de los cultivos de la familia Brassicaceae en el mundo (Paunero, 2016).

Temperatura. La mostaza es un cultivo más resistente a los climas calurosos, lo que permite que se pueda sembrar en lugares abiertos y no solo en ambientes cerrados. La temperatura adecuada oscila entre los 18 y 22 °C dependiendo de la fase en la que el cultivo que se encuentre, el salirse de este rango puede afectar los días hasta que llega la cosecha de la mostaza.

Humedad Relativa. El porcentaje adecuado para la mostaza es de un 60 y 70%, si se tiene una mayor humedad relativa, podría favorecer al crecimiento de hongos. La aparición del hongo Mildiu polvoriento coincidió con las condiciones de alta humedad relativa resultando en necrosis de las hojas colonizadas por el hongo (Paunero, 2012).

Suelo. Según Cameroni (2013) requiere de un suelo húmedo y un ambiente seco con buen drenaje de suelo, la planta tiene un sistema de raíces ramificado muy desarrollado que le permiten aprovechar muy bien todos los nutrientes del suelo. El pH adecuado para este cultivo es de 6.0 – 7.0, si es menor a este puede ser nocivo para la planta.

Agua. El requerimiento para un ciclo de cultivo de mostaza oscila entre los 500 – 600 mm. Es recomendable abastecer de suficiente agua en la etapa de germinación de la planta hasta que se encuentre en su etapa de crecimiento vegetativo.

En el cuadro 3 se pueden observar los rangos de temperatura adecuados para el desarrollo de mostaza. Se puede notar que la mostaza se puede adaptar a climas fríos y calurosos, pero afecta al tiempo del ciclo de cultivo llegando a prolongarlo más.

Cuadro 3. Temperaturas óptimas para el cultivo de mostaza en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	20	7	32
Crecimiento vegetativo	20-23	7	32
Cosecha	20-23	7	32

Cosecha. La cosecha de la mostaza se hizo a los 54 días de haber sido sembrada, esta se debe sacar suavemente si es que se desea cosechar la planta con la raíz, lo que es más favorable porque se podrá mantener más tiempo sin que se marchite. Por motivos de tiempo, en este cultivo solo fue posible hacer un ciclo de producción, pero la ventaja es que cada planta no abarca en gran espacio por lo que fue posible producir dos mostazas en un solo recipiente. Se cosecharon en total 122 plantas de mostaza que permitieron hacer 12 mazos en total.



Figura 5. Mostaza producida en recipientes plásticos

Culantro (*Coriandrum sativum*)

En el cultivo de culantro (*Coriandrum sativum*) se destinaron 25 recipientes para sembrar 5-6 semillas en cada uno, por este motivo se decidió producir en menor espacio este cultivo. A el culantro se le aplicaron productos en etapas avanzadas del ciclo de producción, PALMIN 50 CS para el ataque de insectos, y MÁGICO CIEN 870 CE para la prevención de aparición de hongos. Este cultivo es susceptible a ambientes húmedos pues provocan el crecimiento de hongos en sus hojas, por esta razón es importante mantenerlo protegido de cualquier agente externo que le pueda dañar su follaje.

Temperatura. El culantro es un cultivo de temporada fría que se da mejor a temperaturas de entre 10 y 30 °C (Masabni, Lillard; 2014). Puede llegar a soportar temperaturas que lleguen a bajar de 0°C, pero esta condición puede retrasar el desarrollo de la planta, pero con temperaturas mayores a 30°C acelera el proceso de floración por lo que su temperatura óptima ronda entre los 15 y 20 °C.

Humedad Relativa. Este cultivo se adapta muy bien a humedades relativas bajas, el valor óptimo de humedad en la que su rendimiento no se ve afectado es de 75% (Berrus, 2019). Periodos prolongados en una humedad relativa de 85% o mayor causa la aparición de hongos o bacterias en el follaje de la planta como la Mancha foliar bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *Coriandricola*) (Masabni, 2014). Si bien este cultivo es capaz de desarrollarse en varios climas, si se encuentra en un ambiente mayor de 30°C y con una humedad relativa alta puede llegar a causar tanto daño como para dañar bastante la cosecha (Badoin, 2002).

Suelo. Un suelo con buen drenaje, aireación, alta porosidad y retención de humedad son ideales para el culantro, los franco-arenosos cuentan con estas características.

Agua. En sus primeras etapas, el riego debe hacerse con frecuencia, dos riegos al día serán suficientes para ofrecerle las condiciones de humedad adecuadas para la germinación. En la etapa de crecimiento de follaje, los riegos serán menores y con uno diario es suficiente, si no se presentan lluvias se pueden regar cada dos días.

En el cuadro 4 se puede observar que el culantro es un cultivo de clima fresco e incluso que logra desarrollarse aun en ambientes fríos.

Cuadro 4. Temperaturas óptimas para el cultivo de culantro en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	15-20	6	30
Crecimiento vegetativo	15-20	7	30
Cosecha	15-20	7	30

Cosecha. La cosecha de del culantro se hizo a los 48 días de haber sido sembrado, este cultivo crece con varias hojas en él, se debe sacar lentamente para no dañar la raíz y extender su tiempo al ser cosechada. Una característica única de este cultivo es que se pueden sembrar varias semillas en un solo recipiente y eso ayuda a optimizar más el espacio para producir en un ambiente más limitado. Se cosecharon 16 mazos de culantro en un ciclo, como se dijo, es una gran ventaja poder producir varias plantas de culantro en un solo recipiente.



Figura 6. Culantro producido en recipientes

Espinaca (*Spinachia oleracea*)

La espinaca es el único cultivo de este proyecto que no se obtuvo por semilla, para este se recolectaron hijos de una planta madre y se reprodujeron por estacas. El haber conseguido esta planta por estaca significa una ventaja para ella, pues el tiempo de germinación llega a durar hasta 3 semanas si se mantiene a una temperatura baja, en este sentido se logró acortar el ciclo de producción. Esto último es una ventaja para los cultivos que tienen la capacidad de producirse por estacas; las espinacas tienen temperaturas específicas para su germinación pudiendo llegar hasta 5 °C. Para el ciclo de la espinaca se hicieron aplicaciones de PALMIN 50 CS, MAGICO CIEN 870 CE, KAJON 98 LS, y BIOCAN 75 CE en diferentes días cada semana, la dosis era de 3 ml mezclados en 1 litro de agua para cada producto, su aplicación fue preventiva y se realizó a partir de la quinta semana del ciclo.

Temperatura. Esta es una planta de climas frescos y fríos, su germinación se debe hacer en zonas con temperaturas de 10 y 15 °C, lo que hace que sea complicado producirla desde semilla en lugares con temperaturas altas. Luego de haber germinado, la espinaca puede desarrollarse en temperaturas mayores a 15 °C, pero su desarrollo será menor a temperaturas mayores de 26 °C (InfoAgro, 2006).

Humedad Relativa. La espinaca es un cultivo de clima frío por lo que su humedad relativa adecuada tiende a ser alta, en este caso se trata de una humedad relativa de 95% al estar en un clima de 0 °C. Es claro que se puede producir en ambientes con porcentajes menores pero el desarrollo será más prolongado dependiendo de las condiciones en las que se encuentre.

Suelo. Un suelo arenoso es adecuado para este cultivo, debido al buen drenaje que presenta. Un problema que presentan los arcillosos es la compactación por su alta retención de humedad, esto es desfavorable para la espinaca. Soporta un pH de 6 – 6.8 lo que significa que es vulnerable a suelos ácidos.

Agua. La espinaca no presenta afinidad por mucha o poca humedad, es necesario mantener el suelo humedecido, pero sin llegar a ser saturado, y no permitir que no exista disponibilidad de humedad.

En el cuadro 5 se puede observar que la espinaca puede soportar temperaturas muy bajas en comparación con otros cultivos que son muy producidos. Un ejemplo de esto es región de Cundinamarca en Colombia que cuenta con temperaturas bajas que hacen idónea la producción de espinacas. El área promedio de espinaca sembrada en los últimos años ha sido de 90 hectáreas, convirtiéndose en el mayor productor de esta hortaliza en el país (Carrillo, 2007).

Cuadro 5. Temperaturas óptimas para la espinaca en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	10	-2	26
Crecimiento vegetativo	15	0	26
Cosecha	15	0	26

Cosecha. La cosecha de la espinaca se dio a los 60 días de haber sido sembrada, cabe recalcar que este cultivo no se obtuvo por semilla, se recolectaron estacas para poder producirlo. Esto marca una ventaja para este cultivo al no tener que pasar por el proceso de germinación al mismo tiempo que los demás cultivos, y porque esta puede desarrollarse un poco más lento en ambientes que no sean frescos. Se cosecharon 13 mazos de espinaca.



Figura 7. Espinaca producida en recipientes.

Cuadro 6. Cuadro resumen de productos de origen vegetal usados y sus aplicaciones.

Producto	Descripción
PALMIN 50 CS	Es un insecticida elaborado a base de sales potásicas de ácidos grasos de palma aceitera.
MÁGICO CIEN 870 CE	Es un fungicida y bactericida elaborado a base de Mimosa tenuiflora, este extracto botánico actúa contra hongos y bacterias que causan enfermedades en los cultivos.
KAJON 98 LS	Es un insecticida y repelente elaborado a base de Ajo (<i>Allium sativum</i>) cuya formulación consiste en un líquido soluble aplicable sin que provoque toxicidad en las plantas tratadas.
BIOCAN 75 CE	Es un extracto botánico elaborado a base de canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>) que actúa como insecticida/fungicida el cual ejerce una acción tóxica y repelente contra insectos y ácaros que atacan a los cultivos.

Fuente: Empresa Agritrade de Honduras (2020)

Análisis de costos

Costos de producción. Son todos los costos incurridos dentro de la parte de producción de algún proyecto. Cada insumo cuenta con un límite de ciclos que permite ser usado antes de ser reemplazado o incurrir en él. Se espera que la inversión inicial de este proyecto sea accesible para la mayoría de las familias. Se dividieron los costos entre la inversión inicial para 10 ciclos y los costos de operación por cada ciclo. Los costos directos se refieren a todo insumo que se incurre que muestra una interacción con el producto o que son identificables en alguna parte del proceso. Según (Torres, 2019) los costos indirectos son aquellos que afectan de manera general a uno o más productos, es decir que no se identifican con el producto, más bien son para que se pueda llevar a cabo el proceso de producción.

En el cuadro 7 se observa la inversión inicial para poder implementar el proyecto con una vida de 10 ciclos de producción. Luego de haber cumplido los 10 ciclos de producción se debe reemplazar el material utilizado para la infraestructura, por ejemplo, la malla se cambia por otra nueva, esto mismo se debe hacer con la cuerda y los recipientes. La inversión inicial se distribuye a todos los ciclos de forma equitativa y que los costos del primer ciclo no sean muy pesados, por esta razón se puede observar que los costos por ciclo son significativamente más bajos que los costos totales de inversión.

Cuadro 7. Inversión inicial para 10 ciclos de producción.

Material	Costo
PALMIN 50 CS	L220.00/L
MÁGICO CIEN 870 CE	L385.00/L
KAJON 98 LS	L375.00/L
BIOCAN 75 CE	L400.00/L
Recipientes	L0.00
Rollo de cuerda	L200.00/un
Malla sarán	L1,500.00/10 mts
Total	L2,100.00

Ciclos	10
Costo por ciclo	L210.00

En el cuadro 8 se observan los costos en que se incurren en cada ciclo de cultivo, es lo que hace la diferencia con respecto a los costos de inversión inicial. Es necesario saber cuánto ha sido el costo total del ciclo, de esta forma se pueden modificar para futuros ciclos de producción, los costos de operación pueden aumentar o disminuir dependiendo de la cantidad que se desea producir.

Cuadro 8. Costos de operación por ciclo

Material	Costo
Mano de obra	L1,140.00/ciclo
Riego	L80.00/ciclo
Semilla rábano	L35.00/ciclo
Semilla Mostaza	L35.00/ciclo
Semilla culantro	L35.00/ciclo
Suelo	L60.00/ciclo
Costo de Inversión Inicial	L210.00/ciclo
Costo total por ciclo	L1,595.00

En el cuadro 9 se observan la producción para cada cultivo y el total de unidades producidas. Conociendo los costos totales del ciclo de producción y la cantidad de unidades que se produjeron se puede saber el costo unitario. En la toma de decisiones se debe prestar atención a los costos totales, pero conocer los costos unitarios puede ser esencial también (Horngren, 2012).

Cuadro 9. Unidades producidas y costo unitario.

Producción por ciclo	Unidades
Rábano (lbs)	24
Culantro (mazo)	16
Mostaza (mazo)	12
Espinaca (mazo)	13
Producción total	65
Costo unitario	L24.54

Cuadro 10. Costos fijos y variables del proyecto

Costos fijos	
Costos de infraestructura	L210.00
Mano de obra	L1,140.00
Riego	L80.00
Semilla rábano	L35.00
Semilla Mostaza	L35.00
Semilla culantro	L35.00
Total	L1,535.00
Costos variables	
Suelo	L60.00
Total	L60.00

Punto de equilibrio. El cálculo de punto equilibrio permite al productor saber cuánto debe producir en cantidad y dinero para poder llegar a un nivel donde los costos de producción sean cubiertos.

Para este proyecto se utilizó la fórmula de punto de equilibrio con relación a cantidad:

$$(Q) = \frac{\text{Costos fijos por ciclo}}{\text{Cantidad producida} - \text{Costos variables por ciclo}} \quad [1]$$

Con los datos reemplazados:

$$(Q) = \frac{L 1,535}{65 \text{ lb} - L 60} = 307 \text{ lb} \quad [2]$$

Se necesita producir 307 lb de producto para poder alcanzar el punto de equilibrio con relación a cantidad.

Para aumentar la producción se requiere de más sustrato para las plantas. Sin embargo, es posible aumentar el insumo de suelo si se utiliza compost hecho en casa como un sustrato orgánico en lugar de invertir en más sacos para los recipientes. Al hacer esto, se le da un uso a los residuos vegetales que se produzcan en el hogar y se optimizan los costos, pues estos no requieren de ninguna inversión adicional para ser adquiridos.

En el cuadro 11 se observan los costos de producción ajustados para aumentar la cantidad de producto cosechado. Se agregó el compost a los costos variables como alternativa para optimizar recursos del hogar. Para alcanzar las 307 lb que representan el punto de equilibrio, se optó por producir una cantidad de compost equivalente a tres sacos, y se invirtió en dos sacos más de suelo para permitir quintuplicar la producción.

Cuadro 11. Costos fijos y variables ajustados para alcanzar las proyecciones de punto de equilibrio.

Costos fijos	
Costos de infraestructura	L210.00
Mano de obra	L1,140.00
Riego	L80.00
Semilla rábano	L70.00
Semilla Mostaza	L70.00
Semilla culantro	L70.00
Total	L1,640.00
Costos variables	
Suelo	L120.00
Compost hecho en casa	L0.00
Total	L120.00

El proyecto muestra costos de producción más accesibles comparados con los sistemas de producción usados por las grandes empresas que se encargan de desarrollar estas tecnologías. Sin embargo, el costo de producir una libra de producto muestra un valor mayor en comparación a los precios establecidos por el mercado en Honduras. Esto se debe principalmente a la producción total que se dio, por lo tanto, es necesario aumentar la cantidad a producir de cada cultivo. Llevar un registro de los costos, permite al productor calcular con datos reales cuanto ha invertido en cada ciclo de producción y como optimizarlos para llegar a un punto donde no esté invirtiendo más de lo que debe. La contabilidad de costos permite llevar un mejor control y tomar decisiones (Ramírez, García y Pantoja, 2010).

Canasta básica de Honduras. La canasta básica representa todos los alimentos que un hogar de una localización determinada consume como mínimo. “La metodología para la composición de la

canasta básica hondureña sigue la metodología de la INCAP, sin embargo, solo toma en cuenta lo mínimo de necesidades energéticas y proteínicas de un hogar referencia” (Moreno y Alvarado, 2019).

Según Moreno y Alvarado (2019) los vegetales que se encuentran dentro de la canasta básica de las familias hondureñas son papa, yuca, lechuga, repollo y cebolla. Una ventaja de este proyecto es que es aplicable para varios cultivos sin necesidad de contar con un gran espacio para producir.

Lechuga (*Lactuca sativa*)

La lechuga es un cultivo que demuestra ser adaptable a varios ambientes, lo que permite ser producida en varias partes del mundo. Esta hortaliza es producida en grandes cantidades, pues su uso es grande dentro de las cocinas hondureñas. En condiciones adecuadas, el ciclo de producción de las lechugas hasta que pueden ser cosechadas puede durar de 50 – 60 días, pero para florecer y producir semillas puede durar 90 días. La siembra de este cultivo es indirecta, es decir que se debe hacer un trasplante a los recipientes después de un lapso de 2 semanas de haber germinado.

Temperatura. Este cultivo muestra resistencia a varias temperaturas pudiendo ser producida desde los 0 °C hasta los 30 °C. Según Halsouet y Miñambres (2016) las condiciones adecuadas para que la lechuga germine bien son entre los 0 a 25 °C, si se produce en un rango mayor a este, existe un gran riesgo de que muchas de estas plantas no lleguen a germinar. Una temperatura adecuada para el crecimiento vegetativo es entre 15 y 20 °C, y si se llega a un punto donde sea mayor a 30 °C, el cultivo puede prolongar su desarrollo hasta la cosecha porque se produce un estrés hídrico. Para contrarrestar este efecto, se debe mantener la planta bien hidratada para que realice más esfuerzo del que debe. Otra consecuencia que se presenta es la elongación del tallo de la lechuga, retrasando su desarrollo porque la planta se concentra en seguir la dirección por la que recibe luz.

Humedad relativa. Para la lechuga, la humedad relativa oscila entre un 60 – 70%. La producción prolongada en ambientes que sean mayores a este rango puede producir el brote de hongos que pueden dañar seriamente al cultivo. Uno de los patógenos que pueden desarrollarse es *Botrytis cinerea*, la forma en que este hongo ataca a la planta es en forma de esporas, las que intentan penetrar la hoja y dañarla (Van Kan, 2006).

Suelo. La lechuga muestra mejor desarrollo en suelos arcillosos ya que necesita que la humedad se retenga. Además de retención de humedad, es recomendable que este suelo muestre buen contenido de materia orgánica, usualmente la mayor característica que reflejan es que presentan un color negro (Arrieta, 1998).

Agua. Los requerimientos de agua para la lechuga son de 1 mm por m² en la primera semana después del trasplante. En las semanas posteriores hasta que se realiza la cosecha se debe suministrar 4 mm de agua (Fueyo, 1998). El mantener a la planta hidratada es un factor clave para su desarrollo óptimo.

En el cuadro 12 se observa que el cultivo de la lechuga puede resistir temperaturas muy bajas en el proceso de germinación, pero en el desarrollo vegetativo muestra que estas condiciones son perjudiciales.

Cuadro 12. Temperaturas óptimas cultivo de lechuga en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	15	0	25
Crecimiento vegetativo	15-20	7	30
Cosecha	15-20	7	30

Repollo (*Brassica oleracea* var. *Capitata*)

El cultivo del repollo se puede producir en todas las estaciones del año, lo que hace que sea muy consumida en gran proporción. El ciclo de producción del repollo es largo llegando a tardar de 90 – 120 días hasta la cosecha, por esta razón se produce bianual, el clima influye mucho en el tiempo que pueda durar el desarrollo. La siembra se puede hacer forma directa como indirecta, si se realiza de la segunda forma debe esperarse un lapso de tres semanas desde su germinación para poder ser llevado a campo.

Temperatura. El repollo se adapta bien a climas fríos, en la etapa de germinación resiste un mínimo de 5 °C y un máximo de 35 °C. Al haber crecido, adquiere la capacidad de resistir temperaturas más bajas llegando a un mínimo de 0 °C y un máximo de 25 °C, es posible producir más allá de este rango, pero con ello traería un desarrollo más lento. El rango óptimo para producir repollo es de 15 – 20 °C, en este punto el cultivo se desarrolla en su mejor capacidad. Cabe destacar que este cultivo soporta tanto temperaturas bajas como altas.

Humedad relativa. El punto adecuado del repollo se encuentra en 60 – 80 % de humedad relativa. Por esta razón es ideal producir en climas frescos, que en varias ocasiones son lugares altos con respecto a metros sobre el nivel del mar. Una baja humedad en el repollo puede producir marchitez y senescencia (Zamora, 2016), lo que también aplica para el almacenamiento después de la cosecha.

Suelo. Para el repollo se necesita de un suelo limo-arcilloso que pueda retener humedad sin llegar a ser excesivo, pues esto favorece al crecimiento de hongos que ataquen a la raíz, logrando que la planta se deteriore paulatinamente. El repollo es ligeramente tolerante a pH ácidos del rango de 6 a 6.5 (Zamora, 2016).

Agua. El cultivo del repollo requiere de 1200 mm en su ciclo de producción. Sus requerimientos de agua se intensifican al momento de comenzar a desarrollar la cabeza, esto es después de la etapa de germinación, en el momento en que su crecimiento vegetativo comienza. Después de haber formado su cabeza, los requerimientos de agua disminuyen.

En el cuadro 13 se observa que el repollo aumenta su resistencia al frío cuando llega a la fase de crecimiento en comparación con la etapa de germinación donde es más susceptible a temperaturas bajas, pero también tiene mayor resistencia a temperaturas altas.

Cuadro 13. Temperaturas óptimas cultivo de repollo en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	15	0	35
Crecimiento vegetativo	20-25	5	30
Cosecha	-	-	-

Cebolla (*Allium cepa*)

La cebolla es un cultivo muy usado como ingrediente en todo tipo de platos típicos en Latinoamérica, a pesar de que tiene origen en el continente asiático. De este cultivo se consume el bulbo que se cosecha directamente del suelo, removiendo el tallo y sus raíces. “El consumo de cebolla está asociado con la reducción de lípidos en sangre, el colesterol y la actividad antiplaquetaria, factores que contribuyen a disminuir los riesgos de padecer enfermedades cardiovasculares, una de las principales causas de muerte en muchos países”, (Rothman, 2010). Es posible que la razón de su masiva producción y uso dentro de las cocinas sea por su característico sabor que le da a la comida.

En cuanto al tipo de siembra, al igual que varios cultivos, la cebolla es producida por ambas directa e indirecta, pero es más frecuente el uso de este último tipo. La cebolla se planta en semilleros hasta que se cumplan 6 semanas de haber germinado, este momento es cuando su tallo obtiene una estructura firme y capaz de aguantar el cambio a campo.

Temperatura. Con frecuencia la cebolla se produce en climas frescos donde el bulbo puede desarrollarse bien, en su etapa de germinación es capaz de resistir temperaturas bajo cero. A partir de la etapa de crecimiento vegetativo comienza a ser menos resistente a climas muy fríos, el rango óptimo para la cebolla es de 20-25 °C, el alcanzar temperaturas muy altas o muy bajas pueden alargar el tiempo para que el bulbo se desarrolle. La producción dentro de temperaturas medianamente cálidas ayuda al desarrollo correcto y rápido del bulbo.

Humedad relativa. A la cebolla le favorecen los ambientes con una humedad relativa de 60% ya que porcentajes mayores pueden provocar la aparición de manchas en los bulbos.

Suelo. El tipo de suelo que favorece a la cebolla son los que presentan un buen drenaje pero que puedan retener un poco de humedad como lo son los limo-arenosos. El problema de la gran retención de humedad en la cebolla es que, si se presenta una sequía repentina, puede dañar la estructura del bulbo; el exceso de humedad presenta condiciones favorables para el ataque de enfermedades. El pH del suelo óptimo para este cultivo se encuentra entre 6 – 6.5, lo que demuestra que se desarrolla mejor en ambientes ligeramente ácidos.

Agua. Según Sanchez (2013) los requerimientos de agua para la cebolla son de 1000mm en todo su ciclo de cultivo.

Cuadro 14. Temperaturas óptimas para el cultivo de cebolla en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	15	0	35
Crecimiento vegetativo	20-25	5	30
Cosecha	-	-	-

En el cuadro 14 se observan las temperaturas para un óptimo desarrollo de la cebolla en sus etapas, cabe recalcar que esta puede cambiar mucho según el estado en que se encuentre. El crecimiento del bulbo depende en gran medida de las condiciones climatológicas pues este debe pasar por varios estadios para poder ser cosechada.

Zanahoria (*Daucus carota*)

La zanahoria es una planta de origen asiático muy utilizada en platos de comida generalmente usada en alimentos saludables como ensaladas. El ciclo de vida de este cultivo consta de dos etapas: la etapa vegetativa y reproductiva. En la etapa vegetativa, la planta se encarga de producir un tallo pequeño donde crecen hojas en forma de ramo, y la formación de una raíz que es la parte que se consume de la planta. Durante su fase reproductiva, la planta utiliza energía guardada dentro de la raíz para desarrollar el proceso de floración en la que se produce una sustancia llamada lignina que le provee dureza a la zanahoria. Para la producción de zanahorias para consumo, es importante detener el ciclo de vida antes de alcanzar la etapa reproductiva, pues el valor comercial se pierde al alcanzar dicho proceso. Es un cultivo producido mayormente por siembra directa, lo que significa que no es necesario sembrarlas en semilleros antes llevar a campo, y la razón principal es por el cuidado que se le debe dar a la raíz, pues la parte que interesa de la planta.

Temperatura. Es un cultivo muy producido en climas templados, es decir, en lugares donde las temperaturas no llegan a extremo calor o frío. Su temperatura adecuada para producción es en un rango de 15 – 20 °C, su mínimo es de 7 °C y su máximo de 30 °C; si se llegara a producir fuera de estos rangos establecidos habría un crecimiento inadecuado donde puede ralentizarse la etapa vegetativa, o también acelerarse y llegar a florecer antes de lo esperado.

Humedad relativa. La zanahoria es una planta que se ve favorecida en humedades entre 70 – 80%, donde existe un ambiente en el que pueda tener disponibilidad de agua.

Suelo. Para el desarrollo óptimo se necesitan suelos que no muestren mucha compactación, la razón es porque se necesita que la raíz pueda tener un buen desplazamiento sin generar deformidades en el producto cosechado. En cuanto a la textura del suelo, prefiere los suelos francos y franco-arenosos, profundo y ricos en materia orgánica, bien drenados y aireados; el pH óptimo es entre 5.5 y 7.0 (Lardizabal, 2007). Suelos que retengan mucha humedad pueden generar pudrición en la raíz.

Agua. La zanahoria requiere de mucha agua en la etapa de germinación, pero en forma de humedad y no en grandes volúmenes. Dentro de la agricultura convencional se emplástica la cama donde se produce la zanahoria, para mejorar la retención de humedad; en la agricultura vertical también se hace esta práctica y no necesariamente con el mismo material, se puede optar por algo más natural como césped cortado ya seco u hojas secas y se acomodan dentro de los recipientes sobre el suelo. Para la etapa de crecimiento vegetativo, se remueve esta capa porque la planta ya requiere de mayor volumen de agua y menos retención de humedad.

Cuadro 15. Temperaturas óptimas para el cultivo de la zanahoria en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	15 - 20	7	30
Crecimiento vegetativo	15 - 20	7	30
Cosecha	-	-	-

Producción de tubérculos en sistemas verticales. A diferencia de los demás cultivos, los tubérculos requieren de mucha disponibilidad de espacio para el correcto desarrollo. El tubérculo crece debajo del sustrato o suelo, por esta razón necesita tener un lugar donde desplazarse sin problemas, de otra forma podrían crecer con deformidades y no tener un rendimiento óptimo.

Contenedor. Para producir este tipo de cultivos es necesario tener recipientes grandes que cuenten con las características adecuadas para aguantar el ciclo de producción. El recipiente debe tener una distancia de altura de 1 m para poder permitir a la planta extender sus raíces con libertad, se pueden usar si es que presentan una distancia mayor o igual a 0.6 m. Todo recipiente debe ser capaz de drenar el agua del suelo, por esta razón también debe ser perforado en varias partes, un exceso de humedad en un sustrato provoca la aparición de microorganismos nocivos para los cultivos. El recipiente debe ser llenado con un sustrato que le facilite las condiciones y nutrientes adecuados para un óptimo desarrollo, en este caso es recomendable utilizar compost.

Yuca (*Manihot esculenta*)

La yuca es un cultivo que proviene del continente americano, específicamente desde la región de Estados Unidos hasta el sur en Argentina. Es un cultivo con un ciclo de producción largo, pues el periodo entre la siembra y la cosecha llega a durar hasta 10 meses. Es usualmente consumida en sopa junto con varios vegetales, pero con el tiempo ha obtenido fama por ser consumida en diferentes platos de los países latinoamericanos. En su desarrollo se produce un tallo delgado con varias hojas en él llegando a adquirir forma de arbusto, pero su verdadero valor comercial se da en su raíz, esta llega a obtener un grosor considerable, la razón es porque la planta la usa como almacén para sus reservas de energía. La forma de producir este cultivo es por medio de estacas que se obtienen del tallo de la planta y no de las ramas como se hace en otros casos, y se recomienda que, al momento de sembrar se haga enterrándola en posición horizontal para facilitar la cosecha.

Temperatura. La yuca se adapta mayormente a temperaturas frescas y cálidas, en temperaturas frías se ve afectado el crecimiento del follaje y tallo. El rango óptimo para el desarrollo óptimo de este cultivo oscila entre 24 – 29 °C, con una temperatura mínima de 16 °C y máxima de 35 °C. La razón por la que es perjudicial producir en temperaturas bajas es que, al igual que las hojas, el tallo no se desarrolla bien y no obtiene un grosor adecuado. Como se mencionó antes, la forma de reproducir la yuca es por medio de estacas obtenidas del tallo y si este no muestra las características adecuadas, no formará plantas perennes.

Humedad relativa. Este cultivo se adapta a varios porcentajes de humedad relativa, pudiendo desarrollarse bien en ambientes con 60 – 90% de humedad relativa en donde el punto óptimo es de 70%.

Suelo. El principal cuidado que se debe tener con el suelo para la yuca es evitar suelos con presencia de mucha piedra o los que son más propensos a compactarse. La razón es porque gran parte del éxito de la producción de yuca se basa en disponibilidad que tiene la raíz para desplazarse, esto permite que se pueda desarrollar correctamente y de no ser así se pueden producir deformidades en el producto final. Suelos con buen drenaje favorecen al cultivo porque evita pueda haber pudrición en la yuca. Además, estos suelos deben ser muy fértiles, ricos en materia orgánica y con un pH de entre 5,5 y 6,5 (Arroyo et al. 2003). Se recomienda que la planta tenga una profundidad de por lo menos 60 centímetros para que la raíz pueda crecer correctamente.

Agua. La yuca es capaz de soportar más estrés hídrico que otros cultivos, pero no significa que no necesite de riego con frecuencia. Es importante que, en el primer mes de siembra, el riego sea más frecuente, dos veces al día es ideal, en días posteriores hasta la cosecha se puede disminuir más la frecuencia del riego, con una vez es suficiente. Si se presentan lluvias, se puede variar el tiempo de riego dependiendo de la intensidad de esta y que tan frecuentes son. En todo el ciclo de producción la planta puede recibir un óptimo de agua de 1500mm.

Cuadro 16. Temperaturas óptimas para el cultivo de la yuca en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Crecimiento temprano	24 – 29	16	35
Desarrollo vegetativo	24 – 29	16	35
Cosecha	-	-	-

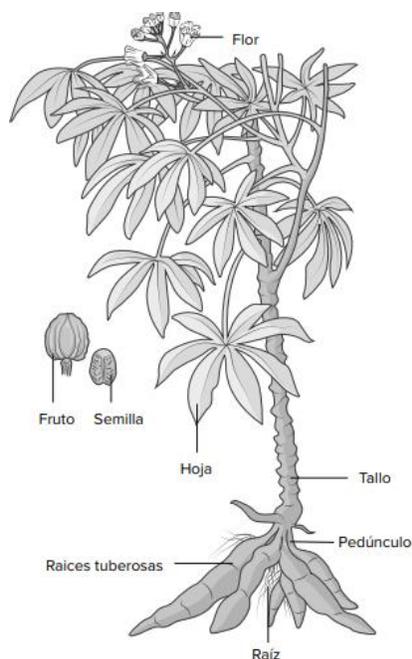


Figura 8. Morfología de la yuca
Fuente: INATEC (2018).

Papa (*Solanum tuberosum*)

La papa es un cultivo bastante consumido en los hogares de Honduras y de todo el mundo, y tiene su origen en varios de Latinoamérica. Su consumo se ha hecho popular en el último siglo gracias a que es usada en comidas rápidas como acompañante de la hamburguesa. Es un cultivo usualmente producido en zonas con alturas de 1500 m.s.n.m. o mayor, pero permite el desarrollo en lugares más bajos. Al ser un tubérculo, la planta utiliza las raíces como almacén de reservas de energía, y esto a su vez es lo que se cosecha y consume. La propagación de la papa se hace por medio de brotes que aparecen en la superficie del fruto cosechado, cada uno de estos se corta y se siembra para dar lugar a una nueva planta, esto permite obtener varios brotes de una unidad. Existen dos etapas antes de iniciar el ciclo de producción:

Dormancia. Después de la cosecha, existe un periodo de tiempo antes de que la papa comience a presentar brotes en su superficie, a este lapso de tiempo se le considera la etapa de dormancia. Este tiempo es un reposo para la papa antes de comenzar su ciclo de producción de nuevo, y puede llegar a durar hasta 3 meses.

Brotación. En esta etapa, comienzan a emerger brotes de la papa, esto indica que ya se encuentra en el momento adecuado para ser sembrada. Los brotes son recolectados de la papa y sembrados para que comience el ciclo de producción y después de haber adquirido una longitud de un centímetro.

Temperatura. En la etapa de brotación, el cultivo puede soportar temperaturas bajo cero, llegando a un mínimo de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y máximo de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, pero su rango ideal se encuentra entre $15 - 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Es importante saber que una vez que la fase de brotación termina, la planta comienza la fase de brotes

laterales y su resistencia a bajas temperaturas se vuelve menor, esto es porque empiezan a desarrollarse el tallo y hojas.

Humedad relativa. Para la papa, se debe tener una humedad relativa moderada en las etapas tempranas del cultivo, un rango de 60 – 70%. Si se tiene demasiada humedad en el ambiente, pueden desarrollarse manchas en las hojas de la planta.

Suelo. Por ser un cultivo que se desarrolla en el suelo, es recomendado que se trabaje en lugares donde no exista mucha compactación o presencia de rocas, las características de este deben permitir un libre movimiento de las raíces para evitar que se produzcan deformidades. Es importante que la profundidad del suelo donde se desea producir la papa sea de 60 cm o más, de esta forma la papa puede tener suficiente espacio para tener un desarrollo óptimo. “Soporta el pH ácido entre 5.5-6, ésta circunstancia se suele dar más en los terrenos arenosos”, (Zuñiga, 2017).

Agua. La cantidad total de requerimientos de agua en todo el cultivo son de 600 mm. La papa demanda mucha agua en la etapa de formación de los brotes. Luego de que la fase de brotación lateral ha culminado, sigue la fase de crecimiento de tubérculos, aquí es crítico realizar riegos con frecuencia para acondicionar bien a la raíz de la planta.

Cuadro 17. Temperaturas óptimas para el cultivo de la papa en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Formación de brotes	15 – 20	-2	30
Desarrollo vegetativo	15 – 20	7	30
Cosecha	-	-	-

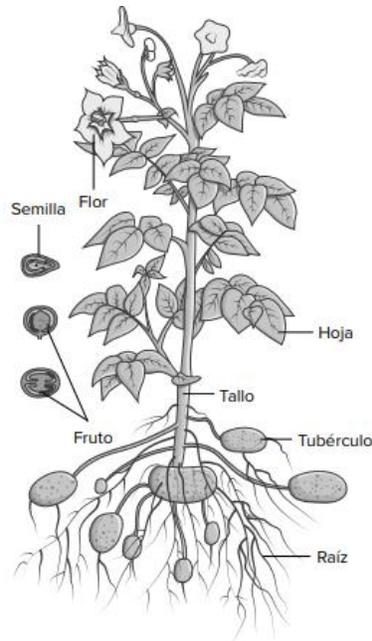


Figura 9. Morfología de la papa
Fuente: INATEC (2018).

Prácticas de Agricultura Orgánica

Asociación de cultivos. Esta práctica es muy utilizada en huertos urbanos, y la principal razón es porque están destinados a producir varios cultivos en el mismo momento. Como su nombre lo indica, esta práctica se hace para relacionar cultivos que muestren algún tipo de beneficio entre sí. En estos proyectos se utiliza como una forma de controlar las plagas sin necesidad de aplicar muchos productos para el cuidado de las plantas.

Las ventajas de realizar asociación de cultivos son:

- Permite que la incidencia de una plaga de un determinado cultivo sea menor, esto se da por la presencia de plantas de diferentes familias que no necesariamente comparten la misma plaga.
- Ayuda a optimizar el espacio de producción en el sentido de que se desarrollan varios cultivos al mismo tiempo y lugar sin afectarse entre sí.
- Se puede relevar entre cultivos cuando llega estación del año óptima de cada uno, con esto se evita tener un cultivo en su ciclo de desarrollo en temperaturas inadecuadas.
- Existen plantas que fijan nutrientes en el suelo, lo que permite tener disponibilidad de este y favorecer al siguiente cultivo que se decida producir en ese espacio. Por ejemplo, leguminosas como el frijol.

Cuadro 18. Asociación entre cultivos.

Cultivo	Buenas asociaciones	Malas asociaciones
Cebolla	Lechuga, Zanahoria	Repollo
Culantro	Espinaca, Rábano, Habichuelas, Lechuga, Repollo	-
Espinaca	Lechuga, Rábano, Zanahoria	Remolacha
Lechuga	Espinaca, Rábano, Zanahoria	Repollo
Mostaza	Rábano, Repollo	-
Rábano	Culantro, Espinaca, Lechuga, Mostaza, Zanahoria	-
Repollo	Culantro, Mostaza	-
Zanahoria	Cebolla, Espinaca, Lechuga, Rábano	-

Fuente: Hans Wagner, 2001

En el cuadro 18 se muestran las asociaciones adecuadas tanto como las menos convenientes para aplicar dentro del huerto vertical. Cabe recalcar que las asociaciones se hacen con respecto a los cultivos tratados para este manual.

Compostaje. La práctica del compostaje es muy utilizada en sistemas de producción en casa, su principal objetivo es crear un abono que sea amigable con el ambiente. El compost, se crea a base de residuos de materia orgánica (vegetal) que se produce en los hogares, con el doble propósito de encontrar una forma de reciclarlos. Realizar la práctica de compostaje reduce el uso de agroquímicos sintéticos para obtener un producto orgánico, sin embargo, este proceso puede durar meses dependiendo del material que es usado; es recomendable que se haga meses antes de iniciar el proyecto.

Para producir compost es necesario contar con residuos de materia orgánica en su mayoría vegetal porque realiza el proceso de degradación más rápido, aunque es válido usar otro tipo de material.

Cuadro 19. Materia orgánica ideal para la creación de compost.

Materia Orgánica
Restos de frutas y verduras
Restos de alimentos (Evitar productos lácteos)
Hojas secas
Ramas secas
Césped podado
Cáscaras de huevo y frutas
Estiércol de animales (Vacas, caballos, aves)

En el cuadro 19 están enlistados los orígenes de materia orgánica adecuados para producir compost. Se puede observar que no se menciona ningún residuo que sea carne, la razón de no incluirlos es porque su periodo de descomposición es más prolongado que el de los vegetales. Con respecto al selectivo uso excremento de animal, no se toma en cuenta el de animales más domésticos como los perros o gatos, la razón gira en torno a los microorganismos patógenos que se encuentran en sus heces, estos pueden sobrevivir el proceso de compostaje y al ser usado en plantas pueden ser transmisores de enfermedades para el humano.

Humedad. El sustrato debe humedecerse cada cierto tiempo para ayudar al proceso de descomposición, y dependiendo de la temporada del año en que se encuentre y el método de almacenamiento usado, la frecuencia para humedecer será mayor o menos.

Aireación. Para que la descomposición se haga correctamente, se debe estar moviendo el compost con frecuencia para evitar que se lleve a cabo un proceso de pudrición, donde el sustrato no se podría utilizar.

Compostera. Existen varias formas de almacenar el compost hasta poder ser utilizado:

Abierto al aire libre. Su construcción es sencilla de hacer, se debe posar los residuos orgánicos sobre una capa de nylon plástico para que al irse descomponiendo no se pegue en el suelo sobre el que se pone. Al dejarse reposar al aire libre, es más difícil que el compost se termine pudriendo, con una pala se debe voltear todo el material para realizar el proceso de aireación. El control de humedad depende de la época del año, en tiempos de lluvias se recomienda humedecer el sustrato cada dos semanas. En cambio, si existe un clima más cálido y menos lluvioso, se recomienda humedecer cada semana. Este método de almacenamiento es para lugares que no tengan un espacio muy reducido porque con el paso del tiempo, el compost irá adquiriendo un olor muy fuerte a material descompuesto. Se debe tapar para evitar que obtenga humedad por las lluvias, el exceso de humedad puede generar pudrición en el compost.

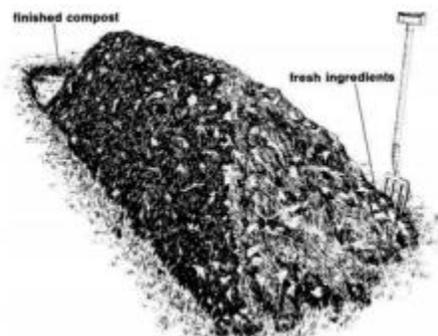


Figura 10. Almacenaje de compost al aire libre

Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2015.

Cerrado en contenedores. Este almacenamiento se centra en guardar la materia orgánica dentro de un contenedor hermético permitiendo que su manejo sea más sencillo. Al estar dentro de un lugar cerrado, la retención de humedad es mayor por lo que se debe humedecer el sustrato con menor frecuencia. La humedad por lluvia no es un inconveniente siempre que el contenedor se encuentre en buenas condiciones, sin daños físicos que puedan provocar la entrada de agua por algún orificio. La aireación también se ve afectada por este tipo de almacenamiento, se debe estar moviendo más seguido el compost para que esté bien aireado y para evitar que se compacte o se pegue. El almacenamiento en contenedores es ideal para lugares que cuentan con espacio limitado, porque el olor queda completamente encerrado dentro, y se pueden usar varios contenedores si es que se desea producir bastante compost.



Figura 11. Almacenaje de compost en contenedores

Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2015.

Uso de compost. Es necesario haber esperado suficiente tiempo para poder utilizar el compost producido, y una forma de saber si está listo es observar el sustrato y notar que todos los residuos se han convertido en una mezcla homogénea. Luego de tener todo listo, se debe aplicar el compost en los recipientes de plástico junto con el suelo, de esta forma se obtiene una mezcla rica en nutrientes que ayudan al desarrollo de la planta.

Plan de siembra y cosecha en un sistema de producción vertical en casa. El plan de siembra y se cosecha se puede iniciar desde cualquier momento del año que se desee, pero es preferible hacerlo cuando el clima es favorable para cada cultivo. Para desarrollar el plan de siembra se tomaron en cuenta 52 semanas como referencia a la cantidad total que hay en el año, comenzando desde semana 1 hasta cumplir todo el ciclo. Con el proyecto se desea abastecer la demanda del hogar, teniendo producto suficiente para alimentar a la familia hasta que se realice la siguiente cosecha.

A continuación, se detallará la cantidad de plantas a producir para cumplir con las unidades (libras) necesarias para abastecer la demanda de alimento cada semana. Se explica el tiempo requerido entre las actividades hasta alcanzar la cosecha. Para cada cultivo se agrega un 20% extra de la demanda total para cubrir la pérdida que se da por mortalidad.

Cuadro 20. Demanda de consumo de vegetales en el municipio de Tocoa, Colón.

Cultivo	Cantidad por semana
Rábano	4 lb
Mostaza	2 lb
Culantro	5 mazos
Espinaca	4 mazos
Lechuga	7 unidades
Repollo	2 unidades
Cebolla	7 lb
Zanahoria	4 lb
Yuca	1 lb
Papa	2 lb

Rábano. Para la producción del cultivo de rábano se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en 55 recipientes destinados para un solo ciclo de cultivo, cada rábano requiere uno para cumplir su periodo de producción de manera adecuada. Al realizar la producción en recipientes plásticos, no es necesario preocuparse por el distanciamiento entre planta.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de rábano, donde se empieza el primer ciclo de producción con 55 recipientes. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 4. El tercer ciclo, se hará en la semana 7, donde los primeros 55 recipientes estarán libres debido a la cosecha del primer ciclo culminando la semana 4.

Para determinar la cantidad de rábano a producir por ciclo, se consideró la demanda de este cultivo en los hogares del departamento de Colón que es de 3 libras por semana. Debido a que cada ciclo de producción inicia aproximadamente cada 21 días, se decidió producir la demanda equivalente a tres semanas añadiendo un 20% extra para cubrir la pérdida de las plantas que no germinaron o no culminaron el ciclo de producción. El total a producir por ciclo deben ser 11 libras.

Para la producción de 11 lb requeridas para abastecer la demanda de un hogar, se hace una siembra directa de 55 semillas de rábano utilizando una por recipiente, por lo que no deben germinar en bandejas. Debido a que el ciclo dura 4 semanas, se debe hacer la siguiente siembra a la semana 4, de esta forma, la cosecha de la primera siembra se hace al final de la semana. Luego de culminar este primer periodo, se producen 10 lb de rábano considerando que no se alcance un 100% de producción con relación a la cantidad que se sembró. En la semana 8 se hace la cosecha del segundo ciclo que fue sembrado en la semana 4, para este momento se habrá comenzado el tercer ciclo producción y se realizará el cuarto en la semana 10. Siguiendo este patrón se desarrollará la producción de rábano durante las semanas restantes del periodo completo. Para el final de la semana 52, se habrán hecho 17 cosechas obteniendo un total de 170 lb de rábano, que es suficiente para abastecer de rábano a una familia por un año.

Mostaza. Para la producción del cultivo de hoja de mostaza se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en 25 recipientes destinados para un solo ciclo de cultivo, en cada uno se pueden producir dos plantas sin que se vea afectado su periodo de producción. Cada hoja de mostaza puede ir en un lado del recipiente plástico, pues su tamaño no es muy grande.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de hoja de mostaza, donde se empieza el primer ciclo de producción con 25 recipientes. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 3. Al finalizar semana 8, culmina el primer ciclo de cultivo, para que en semana 9 los primeros 25 recipientes estén libres para comenzar el quinto ciclo de cultivo.

Para determinar la cantidad de hoja de mostaza a producir por ciclo, se consideró la demanda de este cultivo en los hogares del departamento de Colón que es de dos mazos por semana. Debido a que cada ciclo de producción inicia aproximadamente cada 14 días, se decidió producir la demanda equivalente a dos semanas añadiendo un 20% extra para cubrir la pérdida de las plantas que no germinaron o no culminaron el ciclo de producción. El total a producir por ciclo deben ser 5 mazos. Para la producción de cinco mazos de hoja de mostaza, se deben sembrar 50 semillas de mostaza en cartones de huevo usados como bandejas de germinación antes de ser llevadas a los recipientes.

En la semana 4, las plantas deben trasplantarse a campo, porque en este momento ya debieron haber crecido lo suficiente para poder soportar el cambio hacia los recipientes. En la semana 3, se debe comenzar el segundo ciclo de producción y seguir este mismo patrón con dos semanas de diferencia entre cada siembra en bandejas. Para la semana 8, la primera cosecha estará lista y se obtendrán 4 mazos de hoja de mostaza tomando en cuenta que no se obtiene un 100% de producción con relación a la cantidad sembrada. Se hará una cosecha cada dos semanas con un total de 23 al final del periodo de 52 semanas, obteniendo una cantidad de 92 mazos de hoja de mostaza.

Culantro. Para la producción del cultivo de culantro se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en 26 recipientes destinados para un solo ciclo de cultivo, una ventaja del culantro es que se pueden sembrar varias semillas en un solo recipiente, esto permite optimizar la producción en relación con el espacio.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de culantro, donde se empieza el primer ciclo de producción con 26 recipientes. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 3. Al finalizar semana 7, culmina el primer ciclo de cultivo, para que en semana 8 los primeros 26 recipientes estén libres para comenzar el quinto ciclo de cultivo en semana 9.

Para determinar la cantidad de mazos de culantro a producir por ciclo, se consideró la demanda de este cultivo en los hogares del departamento de Colón que es de dos mazos por semana. Debido a que cada ciclo de producción inicia aproximadamente cada 14 días, se decidió producir la demanda equivalente a dos semanas añadiendo un 20% extra para cubrir la pérdida de las plantas que no germinaron o no culminaron el ciclo de producción. El total a producir por ciclo deben ser 12 mazos.

Para la producción de 12 mazos de culantros, se deben sembrar cinco semillas en cada recipiente. En la semana 2, las plantas comenzarán a germinar. En la semana 3, se debe comenzar el segundo ciclo de producción y seguir este mismo patrón con dos semanas de diferencia entre cada siembra en recipientes. Para la semana 7, la primera cosecha estará lista y se obtendrán 10 mazos de culantro tomando en cuenta que no se obtiene un 100% de producción con relación a la cantidad sembrada. Se hará una cosecha cada dos semanas con un total de 24 al final del periodo de 52 semanas, obteniendo una cantidad de 240 mazos de culantro al año.

Espinaca. Para la producción del cultivo de espinaca se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en 25 recipientes destinados para un solo ciclo de cultivo, cada espinaca requiere la mitad de uno para cumplir su periodo de producción de manera adecuada. Las espinacas son cultivos resistentes y es ventajoso cuando se obtienen de una planta madre ya que se omiten etapas como la germinación.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de espinaca, donde se empieza el primer ciclo de producción con 25 recipientes. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 3. Al finalizar semana 8, culmina el primer ciclo de cultivo, para que en semana 9 los primeros 25 recipientes estén libres para comenzar el quinto ciclo de cultivo.

Para determinar la cantidad de mazos de espinaca a producir por ciclo, se consideró la demanda de este cultivo en los hogares del departamento de Colón que es de cuatro mazos por semana. Debido a que cada ciclo de producción inicia aproximadamente cada 14 días, se decidió producir la demanda equivalente a dos semanas añadiendo un 20% extra para cubrir la pérdida de las plantas que no germinaron o no culminaron el ciclo de producción. El total a producir por ciclo deben ser 10 mazos.

Para la producción de 10 mazos de espinaca, se deben sembrar dos semillas o estacas en cada recipiente. Si se produce con estacas no es necesario realizar germinación en bandejas, pero si es por semilla se hace una siembra indirecta donde permanecerá en bandeja hasta finalizar la semana 3 que es donde estará lo suficiente desarrollada para ser llevada a campo. En la semana 3, se debe comenzar el segundo ciclo de producción y seguir este mismo patrón con dos semanas de diferencia

entre cada siembra en recipientes. Para la semana 8, la primera cosecha estará lista y se obtendrán 8 mazos de culantro tomando en cuenta que no se obtiene un 100% de producción con relación a la cantidad sembrada. En el momento que la primera cosecha se realice, ya habrán iniciado el tercer y cuarto ciclo, y el segundo estará listo para la semana 10. Se hará una cosecha cada dos semanas con un total de 23 al final del periodo de 52 semanas, obteniendo una cantidad de 184 mazos de culantro al año, que son suficientes para suplir la demanda anual de una familia y posiblemente exista una sobreproducción.

Lechuga. Para la producción del cultivo de lechuga se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en nueve recipientes destinados para un solo ciclo de cultivo, cada lechuga requiere uno para cumplir su periodo de producción de manera adecuada. Al realizar la producción en recipientes plásticos, no es necesario preocuparse por el distanciamiento entre planta. La lechuga se mide por unidad, a diferencia de la mayoría de cultivos que lo hacen por libra.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de lechuga, donde se empieza el primer ciclo de producción con nueve recipientes. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 2, la razón de comenzar ciclos de producción de forma constante es porque la vida útil de la lechuga es muy corta y es necesario ser consumida lo más pronto posible. Al finalizar semana 7, culmina el primer ciclo de cultivo y los primeros 17 recipientes se encuentran disponibles para realizar comenzar el octavo ciclo de producción.

Para determinar la cantidad de lechugas a producir por ciclo, se consideró la demanda de este cultivo en los hogares del departamento de Colón que es de siete unidades por semana. Debido a que cada ciclo de producción inicia aproximadamente cada 7 días, se decidió producir la demanda equivalente a una semana añadiendo un 20% extra para cubrir la pérdida de las plantas que no germinaron o no culminaron el ciclo de producción. El total a producir por ciclo deben ser nueve unidades de lechuga.

Para la producción de nueve unidades requeridas para abastecer la demanda de un hogar, se hace una siembra en bandejas de 10 semillas de lechuga, esta operación se debe hacer semanalmente para poder seguir el ritmo de los ciclos de cultivo. Debido a que la vida útil de la lechuga es de 5 días, se debe hacer la siguiente siembra a la semana 2, de esta forma, se podrá cosechar lechuga de forma constante. El trasplante de lechuga se hará al finalizar la semana 2. Luego de culminar el primer ciclo de cultivo, se producen siete unidades de lechuga considerando que no se alcance un 100% de producción con relación a la cantidad que se sembró. En semana 7 se hace la cosecha del primer ciclo, a partir de este momento se hará cosecha de lechuga cada semana hasta culminar el periodo de 52 semanas. Para el final de la semana 52, se habrán hecho 45 cosechas obteniendo un total de 405 lechugas, que es suficiente para abastecer a una familia por un año.

Repollo. Para la producción del cultivo de repollo se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en 4 recipientes destinados para un solo ciclo de cultivo, cada repollo requiere uno para cumplir su periodo de producción de manera adecuada. Al realizar la producción en recipientes plásticos, no es necesario preocuparse por el distanciamiento entre

planta. El repollo se mide por unidad, al igual que la lechuga y es recomendable adquirir recipientes plásticos grandes, pues llega a adquirir grandes tamaños.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de repollo, donde se empieza el primer ciclo de producción con cuatro recipientes. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 2, la razón de comenzar ciclos de producción de forma constante es porque la vida útil del repollo, al igual que la lechuga, es muy corta y es necesario ser consumida lo más pronto posible. Al finalizar semana 13, culmina el primer ciclo de cultivo, el repollo tiene uno de los ciclos de producción más largos en comparación con los demás cultivos usados para este manual.

Para determinar la cantidad de repollos a producir por ciclo, se consideró la demanda de este cultivo en los hogares del departamento de Colón que es de dos unidades por semana. Debido a que cada ciclo de producción inicia aproximadamente cada 7 días, se decidió producir la demanda equivalente a una semana añadiendo un 100% extra para cubrir la pérdida de las plantas que no germinaron o no culminaron el ciclo de producción. El total a producir por ciclo deben ser cuatro unidades de lechuga.

Para la producción de 4 unidades requeridas para abastecer la demanda de un hogar, se hace una siembra en bandejas de 6 semillas de repollo, para poder cosechar constantemente se deben sembrar semillas cada semana, aun cuando no haya plantas en campo. El trasplante de repollo se hará al finalizar la semana 5. Luego de culminar el primer ciclo de cultivo, se producen tres unidades de lechuga considerando que no se alcance un 100% de producción con relación a la cantidad que se sembró. En semana 13 se hace la cosecha del primer ciclo, a partir de este momento se hará cosecha de repollo cada semana hasta culminar el periodo de 52 semanas. Para el final de la semana 52, se habrán hecho 40 cosechas obteniendo un total de 120 repollos, que es suficiente para abastecer a una familia por un año.

Cebolla. Para la producción del cultivo de cebolla se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en 28 recipientes destinados para un solo ciclo de cultivo, cada cebolla requiere uno para cumplir su periodo de producción de manera adecuada. Al realizar la producción en recipientes plásticos, no es necesario preocuparse por el distanciamiento entre planta.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de cebolla, donde se empieza el primer ciclo de producción con 28 recipientes. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 5, la cebolla tiene un ciclo de producción aproximado de 17 semanas, por lo que la siembra se hace mensual. Al finalizar semana 17, culmina el primer ciclo de cultivo, la cebolla tiene un ciclo de producción más extenso porque cuenta con varias fases en el desarrollo del cultivo.

La cebolla es un cultivo que pasa por varias etapas en su producción. La planta llega a emerger a la superficie al final de la semana 2, siempre que se cuente con las condiciones adecuadas de germinación. Luego de que la planta ha germinado, esta comienza a desarrollar hojas, produciendo una por semana aproximadamente, hasta llegar al punto donde empieza a producir el bulbo. En etapas avanzadas del cultivo, las hojas pierden turgencia, esto es una señal de que la cebolla está

casi lista para ser cosechada. El poder ver los bulbos en la superficie, es un indicador de que el cultivo ha cumplido su ciclo de producción, esto ocurre en la semana 17. Al final de las 52 semanas, se habrá hecho nueve cosechas con un total de 81 lb de cebolla.

Zanahoria. Para la producción del cultivo de zanahoria se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en 42 recipientes destinados para un solo ciclo de cultivo, cada zanahoria requiere uno para cumplir su periodo de producción de manera adecuada. Al realizar la producción en recipientes plásticos, no es necesario preocuparse por el distanciamiento entre planta. La zanahoria requiere de un sustrato en que pueda desarrollar la raíz libremente pues de esto depende el buen crecimiento de la planta, de otra forma, se pueden producir zanahorias con deformidades.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de zanahoria, donde se empieza el primer ciclo de producción con 42 recipientes. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 3, la zanahoria tiene un ciclo de producción aproximado de 13 semanas, por lo que la siembra se hace dos veces al mes. Al finalizar semana 13, culmina el primer ciclo de cultivo, una ventaja de la zanahoria es que su vida útil después de cosecha se puede prolongar hasta dos semanas cuando se mantiene en refrigeración, lo que permite hacer una producción para dos semanas.

Para determinar la cantidad de zanahoria a producir por ciclo, se consideró la demanda de este cultivo en los hogares del departamento de Colón que es de cuatro lb por semana. Debido a que cada ciclo de producción inicia aproximadamente cada 14 días, se decidió producir la demanda equivalente a dos semanas añadiendo un 20% extra para cubrir la pérdida de las plantas que no germinaron o no culminaron el ciclo de producción. El total a producir por ciclo deben ser 14 lb de zanahoria.

Para la producción de 12 lb requeridas para abastecer la demanda de un hogar, se hace una siembra directa de 42 semillas de zanahoria utilizando una por recipiente, es recomendable hacer una siembra directa de este cultivo por el hecho de que la raíz debe desarrollarse bien sin tener mucha intervención. Debido a que el ciclo dura 13 semanas, y que la vida útil de la zanahoria puede extenderse hasta los 14 días, se hace la segunda siembra en la semana 3. En la semana 2, la planta habrá germinado y las primeras hojas podrán verse. Es recomendable que, al momento de realizar la siembra de la zanahoria, se use algún material como hojas, aserrín o césped podado para cubrir la semilla para protegerla en caso de que se aproximen lluvias que puedan lavarla, también permite retener humedad en el sustrato. Luego de culminar este primer periodo, se producen 12 lb de zanahoria considerando que no se alcance un 100% de producción con relación a la cantidad que se sembró. En la semana 15 se hace la cosecha del segundo ciclo que fue sembrado en la semana 3, para este momento se habrán comenzado ocho ciclos de producción. Siguiendo este patrón se desarrollará la producción de zanahoria durante las semanas restantes del periodo completo. Para el final de la semana 52, se habrán hecho 21 cosechas obteniendo un total de 252 lb de zanahoria, que es suficiente para abastecer de rábano a una familia por un año.

Yuca. Para la producción del cultivo de yuca se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en contenedores o recipientes que alcancen un metro de altura para un buen

desarrollo de raíz. La yuca requiere un contenedor o recipiente para cumplir su periodo de producción de manera adecuada.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de yuca, donde se empieza el primer ciclo de producción con dos recipientes. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 13. Al finalizar semana 39, culmina el primer ciclo de cultivo, para este momento ya se habrá iniciado el cuarto ciclo de cultivo, pero las demás siembras seguirán en producción.

Una planta de yuca tiene un rendimiento promedio de 2 lb por planta, las familias hondureñas realizan muchos platos haciendo uso de este tubérculo, por esta razón se utilizan dos plantas para un ciclo de cultivo. Cada ciclo comienza con 13 semanas de diferencia, la principal razón es para maximizar la cantidad de contenedores a usar, ya que estos no son tan disponibles como los recipientes plásticos de botella. Cada ciclo está destinado a producir un total de 4 lb de yuca.

Para producir yuca es necesario adquirir estacas provenientes de anteriores plantas. Es recomendable usar plantas que hayan mostrado un buen desarrollo durante el tiempo de producción para incrementar las posibilidades de éxito del cultivo. Como la yuca se produce por estacas, no es necesario realizar una germinación en bandejas. En los primeros dos meses, la yuca tiene un crecimiento lento, pues comienza a producir más estacas y el tallo crece. Luego de este periodo de tiempo, en los siguientes tres meses el tallo de la yuca comenzará a ramificarse y a desarrollar más hojas, las raíces se engrosarán también, este es el punto de máximo crecimiento. De este punto hasta la cosecha, la planta centrará su desarrollo en la raíz, por esta razón se notará un menor desarrollo de follaje. Al final del periodo de 52 semanas, se habrán hecho dos cosechas y habrá ciclos en desarrollo, con un total de 8 lb de yuca.

Papa. Para la producción del cultivo de papa se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en contenedores o recipientes que alcancen un metro de altura para un buen desarrollo de raíz. La papa requiere un contenedor o recipiente para cumplir su periodo de producción de manera adecuada.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de papa, donde se empieza el primer ciclo de producción con dos recipientes. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 7. Al finalizar semana 13, culmina el primer ciclo de cultivo, y habrá un contenedor disponible para comenzar un nuevo ciclo en la semana 14, y el segundo ciclo estará a la mitad de su producción. Se debe considerar que, si la papa se encuentra en condiciones adversas, su desarrollo se puede ver prolongado unos meses más.

Una planta de papa produce un promedio de 4 lb, por esto es necesario producir dos plantas por ciclo de producción, para satisfacer la demanda del hogar. En el caso de este cultivo, cada ciclo comienza con 7 semanas de diferencia, y si está en condiciones óptimas, la planta se puede cosechar a los 90 días o 13 semanas de haber sido sembrada.

Cada semilla de papa tiene la capacidad de producir hasta cinco brotes. En el momento en que estos brotes puedan ser observados, la papa es apta para ser sembrada. Después de dos semanas de ser sembrada la semilla, se podrán observar brotes emergiendo a la superficie, lo que da inicio a la

formación de los tallos, raíces y del follaje; esta etapa puede durar hasta cuatro semanas. De la semana 5 hasta la 9 se desarrolla la etapa de tuberización, que es el momento donde comienza la creación de los tubérculos. La etapa final del cultivo comienza en semana 10, en este momento los tubérculos llegan a madurez fisiológica, lo que les permite estar listas para la cosecha en semana 13 o 14. Al finalizar el periodo de 52 semanas, se habrá hecho seis cosechas con un total de 48 lb sin considerar los ciclos que aún siguen en producción.

Agricultura vertical en casa como forma de producción

Un sistema de producción en casa tiene como objetivo principal el abastecer de alimento vegetal a una familia, la cantidad a producir se rige con relación al número de personas que la conforman. Los alimentos producidos y consumidos por la familia ayudan al buen mantenimiento de las funciones del organismo (Secretaría de Agricultura y Ganadería, 2005). Para poder crear un sistema de producción se debe considerar el costo de la inversión inicial. El problema con muchos sistemas de producción es que requieren de mucha inversión para ser establecidos, con este se busca minimizar los costos para que sea accesible para una mayor población y que cuenten con los alimentos vegetales esenciales en la dieta hondureña.

En el caso de este proyecto, se decidió por usar recipientes plásticos para promover el reciclaje de materiales que no cuentan un tiempo de degradación corto y son contaminantes para el medio ambiente. Además de ello, no suponen ningún costo para implementar más que el esfuerzo de recolectarlos, esto abre una oportunidad para poder invertir en otros insumos indispensables para el desarrollo del proyecto.

La implementación de un sistema vertical es una tarea que se puede hacer entre los miembros de la familia, lo que permite hacerlo aún más accesible. Este sistema se presta para la aplicación de conceptos de agricultura orgánica, como la asociación de cultivos. Esta práctica consiste en combinar cultivos buscando un beneficio con relación a la protección frente a plagas o el aprovechamiento de los recursos (agua, luz o nutrientes), (Vega, 2014). Esta es una cualidad del proyecto, crea la oportunidad de producir varios cultivos sin afectar el desarrollo entre sí, siempre que las asociaciones de cultivo se hagan correctamente.

Si se decide utilizar un sistema de producción vertical en casa, es necesario definir un plan de siembra para calendarizar en qué momento se vuelve a producir un determinado cultivo. Esto se rige según la época del año porque al tener los cultivos en condiciones óptimas, se obtiene una buena cosecha. Este concepto no es exclusivo de proyectos de esta naturaleza, los grandes y pequeños productores hacen uso de esta herramienta con el fin de optimizar la producción según la estación del año, de esta forma se pueden dedicar a producir varios cultivos en el año.

La agricultura vertical como forma de producción en casa muestra un gran potencial para ser aplicado entre familias que practiquen la agricultura urbana. Presenta un diseño que permite optimizar espacio, lo que es ideal para personas que viven en zonas urbanas, pues no suelen contar con un área suficiente para producir sus propios alimentos. Se pueden aplicar prácticas de agricultura orgánica, que es un concepto que ha tomado mucha fuerza en los últimos años, por el deseo de las personas de consumir un alimento que sea enteramente natural. Finalmente, adapta una forma de producción relativamente nueva y costosa a un ambiente de hogar, aplicando la misma idea de producir verticalmente y sin dañar el ecosistema.

Agricultura vertical como nueva forma de producción

Ventajas

- Esta forma de producción tiene como concepto principal el producir alimentos en edificios o estructuras ascendentes, para cumplir una función importante que es optimizar el uso de tierra para suplir la demanda de alimento (Ahlstrom, 2012).
- La agricultura vertical permite producir cultivos de estaciones específicas en cualquier época del año, pues todo se produce en un ambiente controlado, la producción de aumenta 4 - 6 veces o más dependiendo del cultivo en comparación al aire libre (Despommier, 2010).
- Producir con agricultura vertical permite optimizar no solo el uso de la tierra, pero también de varios insumos más como el agua, productos para el control de plagas y fertilizantes.

Desventajas

- Se requiere de una gran inversión para implementar esta forma de producción, puesto que se utiliza luz artificial para simular los rayos del sol, y la estructura vertical impide que la luz solar llegue a todas las plantas (Zahra, 2012).
- Es necesario estar capacitado para poder manejar toda la infraestructura involucrada en la producción de los cultivos, es decir que se debe asignar a alguien de confianza que esté monitoreando todo el proceso y que sea capaz de solucionar algún problema que se pueda presentar.
- El uso de tecnologías que no muestran igual disponibilidad en todas las regiones del mundo, Estos son: energía renovable (i.e. los paneles solares, paneles de vidrio), la misma arquitectura del edificio, el plan económico y el sistema de riego que tendrá la misma (González, 2016).

4. CONCLUSIONES

- Se desarrolló un manual técnico para implementar sistema de producción vertical con recursos adquiridos en el entorno como recipientes plásticos, para promover el reciclaje de materiales que contaminan el medio ambiente. De igual forma se optimizaron costos de producción por el hecho de no requerir de una inversión para hacer uso de estos materiales.
- El sistema de agricultura vertical muestra eficacia para abastecer la demanda de alimento de un hogar de cinco personas, esto se refleja en el hecho de que se pueden producir varias hortalizas de manera simultánea sin afectar el desarrollo entre ellas. El manual ofrece un plan de siembra para tener una cosecha de hortalizas siguiendo un lapso determinado e ininterrumpido entre cada una.
- Un beneficio de sistemas verticales como huertos familiares es que suponen una buena alternativa para los hogares ya que ayudan a la nutrición correcta de las personas al consumir un producto saludable utilizando prácticas orgánicas como asociación de cultivos y la producción de compost en casa. Esto le puede brindar seguridad a familias que opten por utilizar este sistema de producción.
- Un beneficio en cuanto al aspecto de costos es que el proyecto puede aumentar su producción sin incrementar mucho estos. Esto se puede ver ejemplificado con el ajuste realizado en los costos fijos y variables para alcanzar en punto de equilibrio, donde el mayor aumento se dio en el uso de sustrato como suelo y compost.

5. RECOMENDACIONES

- Al utilizar recipientes plásticos para implementar un sistema de producción vertical, asegurarse de lavarlos muy bien para evitar cualquier crecimiento microbiológico que pueda afectar la cosecha. Si es posible, desinfectarlos utilizando cloro diluido en agua.
- Desarrollar un manual para producción con agricultura vertical implementando cultivos que se adapten a la dieta de otro país diferente a Honduras y que busque cubrir la demanda de alimento de familias de varias proporciones.
- Implementar el proyecto en un ambiente donde las plantas puedan recibir aireación, esto evita la acumulación de humedad y por lo tanto la aparición de hongos en los cultivos
- Para un futuro estudio, investigar el mercado potencial que tiene la agricultura vertical en varias zonas de Honduras para fines comerciales. De esta forma se podrá identificar las zonas más adecuadas para implementar este sistema.

6. LITERATURA CITADA

- Ahlstrom, Zahra (2012): *Integrating a greenhouse in an urban area. Exploring how Urban Industrial Vertical Agriculture can be Integrated in Göteborg, Sweden*. Chalmers University of Technology, Suecia. Department of Civil and Environmental Engineer. <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/154595.pdf>.
- Alvarez, García, Larnia, Verdejo (2019): *Agricultura Vertical de Proximidad*. EAE Business School. <http://eae.xebook.es/xmlui/bitstream/handle/123456789/1697/180427900%20-%20Grupo%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Badoin (2002): *El cultivo protegido en clima mediterráneo*. 1st ed. 1 volume. Roma, Italia: Dirección de Producción y Protección Vegetal. <http://www.fao.org/3/a-s8630s.pdf>
- Benke, Tomkins (2017): *Future food-production systems: vertical farming and controlled-environment agriculture*.
- Berrus (2019): *Manual técnico de producción hidropónica para el Hotel Santa María de Comayagua, Comayagua, Honduras*. Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Valle de Yeguaré, Zamorano. Departamento de Administración de Agronegocios. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6706/1/AGN-2019-T008.pdf>.
- Brenes (2017): *Manual del cultivo de yuca. Manihot esculenta*. 1st ed. Costa Rica: Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10918.pdf>.
- Casal (2014): *Ensayo de inducción de resistencia a Botrytis cinerea en judía (Phaseolus vulgaris) con un extracto de hinojo (Foeniculum vulgare)*. Pregrado. Universidade Da Coruña, La Coruña, España. Facultad de Ciencias. <https://core.ac.uk/download/pdf/61910783.pdf>.
- Cortés (2016): *Aportes a la sustentabilidad. Una mirada desde la gestión del territorio y los recursos naturales*. 1st ed. Guadalajara, Jalisco, México: ITESO. <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/5520/9786079473853-REI.pdf?sequence=2#page=163>.
- De La Vega (2014): *Manual de huertos sostenibles en casa*. 1st ed. Valencia, España: Alicante Natura. <https://web.ua.es/es/ecocampus/documentos/consejos-ambientales/huertos-sostenibles.pdf>.
- Díaz, González, E. Sención, G. González (2016): *Granjas verticales: una respuesta sostenible al crecimiento urbano*. Licenciatura. Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá. Facultad de Ingeniería Eléctrica.
- Dubey, Shukla, Kumar, Singh, Prakash (2010): *Prospects of botanical pesticides in sustainable agriculture* 98 (4). <http://re.indiaenvironmentportal.org.in/files/Prospects%20of%20botanical%20pesticides%20in%20sustainable%20agriculture.pdf>.

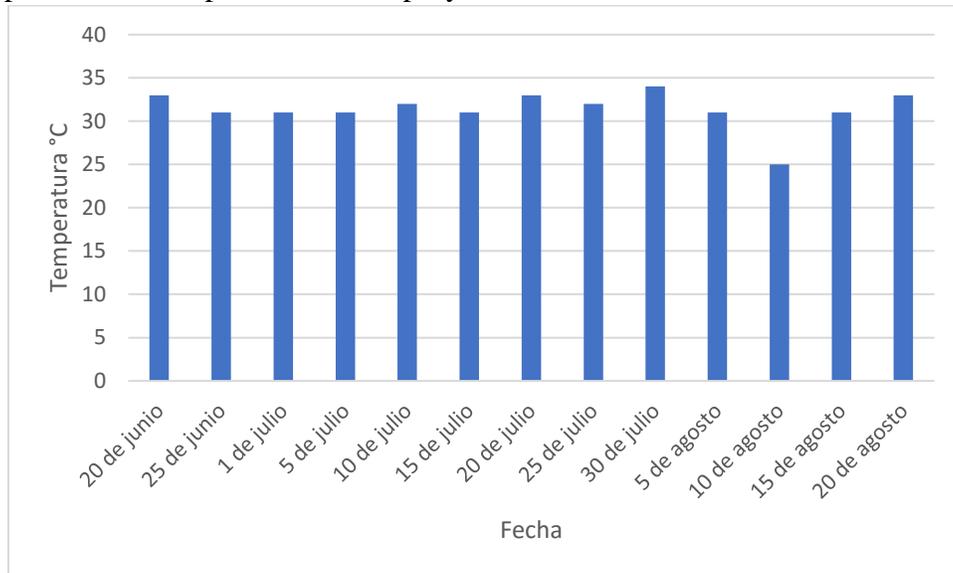
- FAO (2017) *Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza*. Costa Rica.
- Gil, Carrillo, Jiménez (2007): *Determinación de las principales plagas de la espinaca (Spinacia oleracea) en Cota, Colombia*. In *Revista Colombiana de Entomología*, 2007. https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo_Gil/publication/262671003_Determination_of_the_major_spinach_Spinacia_oleracea_pests_in_Cota_Colombia/links/53ce8c7a0cf279d93530bc0b/Determination-of-the-major-spinach-Spinacia-oleracea-pests-in-Cota-Colombia.pdf.
- Goites (2008): *Manual de cultivo para la huerta orgánica familiar*. 1 volume. Argentina: Ediciones INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual_de_cultivos_para_la_huerta_organica_familiar_-.pdf.
- Horngren, Datar, Rajan (2012): *Contabilidad de Costos*. Un enfoque gerencial. 14th ed. México: PEARSON.
- Ibiricu, Urabayen (2005): *Rotaciones y asociaciones de cultivos*. 1st ed. Francia: Gráficas Ulzama. <https://www.eneek.eus/files/2016/11/ROTACIONES.pdf>.
- INTA (2015): *Instructivo para la producción de Compost Domiciliario. Una oportunidad para convertir residuos del hogar en una enmienda orgánica*. 1st ed. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; Instituto Nacional de Tecnología Industrial. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/instructivo_para_la_produccion_de_compost_domiciliario.pdf.
- Jaramillo (2016): *Evaluación agronómica de tres materiales de pepino (cucumis sativus l) cultivados en tres distancias de siembra*. Ingeniería. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11582/1/Jaramillo%20Le%20Luis%20Antonio.pdf>.
- Krapovickas, (2010). *La domesticación y el origen de la agricultura*. *Bonplandia*, 19(2), 193-199. <http://www.jstor.org/stable/41941373>.
- La Libertad (2010): *Manual de Cultivo: Cebolla*. Gobierno Regional La Libertad Perú. Perú. <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20DE%20CEBOLLA%2016-03-2010.pdf>.
- Lardizabal, Theodoracopoulos (2007): *Producción de zanahoria. Honduras: Programa de Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores*. http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/102/EDA_Manual_Produccion_Zanahoria_12_07.pdf?sequence=1.
- Madrid (2009): *La agricultura orgánica y la agricultura tradicional: una alternativa intercultural*. In *Revista Letras Verdes* No. 4, 2009. <http://200.41.82.22/bitstream/10469/897/1/14.%20B.%20Documento%20completo.pdf>.

- Martínez, Bello, Castellanos (2012): *Sostenibilidad y Desarrollo. El valor agregado de la agricultura orgánica*. 1st ed. Bogotá, Colombia.
- Masabni, Lillard (2014): *Jardinería fácil: Culantro*. 1st ed. Texas, EUA: Departamento de Agricultura. <https://cdn-ext.agnet.tamu.edu/wp-content/uploads/2014/09/how-to-grow-culantro-spanish.pdf>.
- Mogollón, Quimbay (2019): *La agricultura vertical como estrategia para garantizar la seguridad alimentaria en terminos de abastecimiento y calidad de productos en el municipio de gachetá cundinamarca.*, Boyacá, Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).
- Morillo (2002): *Diseño de Sistemas de Costeo: Fundamentos Teóricos*. Universidad de los Andes. Venezuela. <https://www.redalyc.org/pdf/257/25700507.pdf>.
- Navas, Peña (2012): *Los diseños verticales y la agricultura unidos para la producción de alimentos en los módulos para huertas urbanas verticales*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá, Colombia. Escuela de ciencias agrícolas.
- Orozco (2019): *Contabilidad de costos*.
- Ortega (2009): *Agroecología vs. Agricultura Convencional*. Asunción, Paraguay: Base Investigaciones Sociales. <http://www.baseis.org.py/wp-content/uploads/2014/03/1395155082.pdf>.
- Otálora, Camargo, Alvarado (2009): *Estudio comparativo de las herramientas empleadas para el diseño de procesos*.
- Paunero (2012): *Memoria técnica: Investigaciones en mostaza, coriandro y otros*. 1st ed. 1 volume. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-memoria_tecnica.pdf.
- Paunero (2016): *Jornada de actualización técnica Adversidades en los cultivos de coriandro y mostaza*. In Colección Recursos, 2016 (1). https://inta.gob.ar/sites/default/files/intasp-jornada_2016-coriandro-mostaza_1.pdf.
- Reyna (2018): *Análisis beneficio-costo y co-beneficios de la implementación de medidas de adaptación de pequeños productores de maíz (Zea mays) en Camotán, Chiquimula, Guatemala, Turrialba, Costa Rica*. Centro Agronómico Tropical. http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/8786/Analisis_beneficio_costo.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Riccioppo (2011): *Agroquímicos: Sus efectos en la población - Medidas de prevención*. <http://www.colmed7.org.ar/files/Trabajos/AGROQUIMICOS.pdf>.
- Rivas, Rodríguez (2013): *El huerto familiar. Algunas consideraciones para su establecimiento y manejo*. 1st ed. 1 volume. Turrialba, Costa Rica.

- Rojo, Montoto (2017): *Basuras marinas, plásticos y microplásticos. Orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*. 1st ed. España: Ecologistas en acción. <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/56275/2/informe-basuras-marinas.pdf>.
- Ul'ianov, M. I. (1966): *Izmeneniia morfologicheskogo sostava krovi i kostnogo mozga pri dlitel'nom sdavlenii miagkikh tkaneĭ*. In *Patologicheskaiia fiziologiia i eksperimental'naia terapiia* 10 (1), pp. 15–18.
- Uribe (2011): *Costos para la toma de decisiones*. 1st ed. Valencia, España: McGrawHill. <http://fullseguridad.net/wp-content/uploads/2016/10/Descarga-Costos-Para-La-Toma-de-Decisiones-Uribe-Primera-1Ed.pdf>.
- Valencia (2019): *Determinación y análisis de costos de producción lechera aplicado al Centro de Formación Salesiano Agropecuaria*. Ingeniería. Universidad del Azuay, Ecuador. Facultad de Ciencias de la Administración. <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8874/1/14522.pdf>.
- Willer, Lernoud (2019): *The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends 2019*. 1 volume. Alemania: Research Institute of Organic Agriculture FiBL. <https://orgprints.org/37018/1/willer-lernoud-2019-world-of-organic-low.pdf>
- Zamora (2016): *El cultivo del repollo*. Departamento de Agricultura y Ganadería. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora Mexico. <http://dagus.uson.mx/Zamora/COL%20O%20REPOLLO-DAG-HORT-011.pdf>.

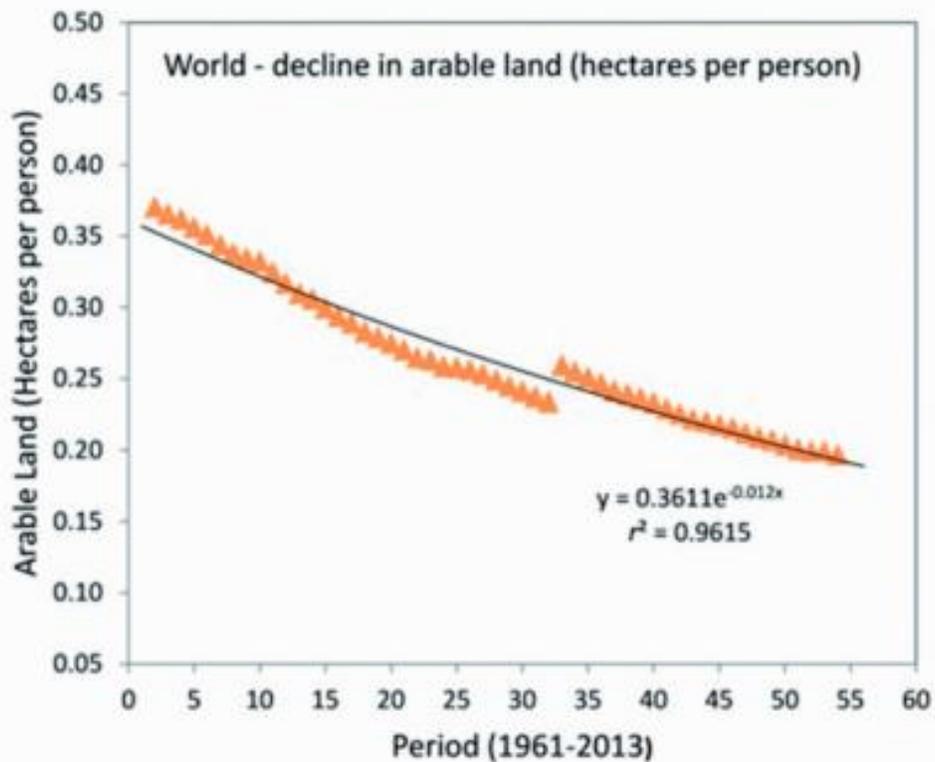
7. ANEXOS

Anexo 1. Temperatura de Tocoa, Colón en el periodo de 20 de junio a 20 de agosto, fechas del primer ciclo de producción del proyecto.



Fuente: AccuWeather (2020)

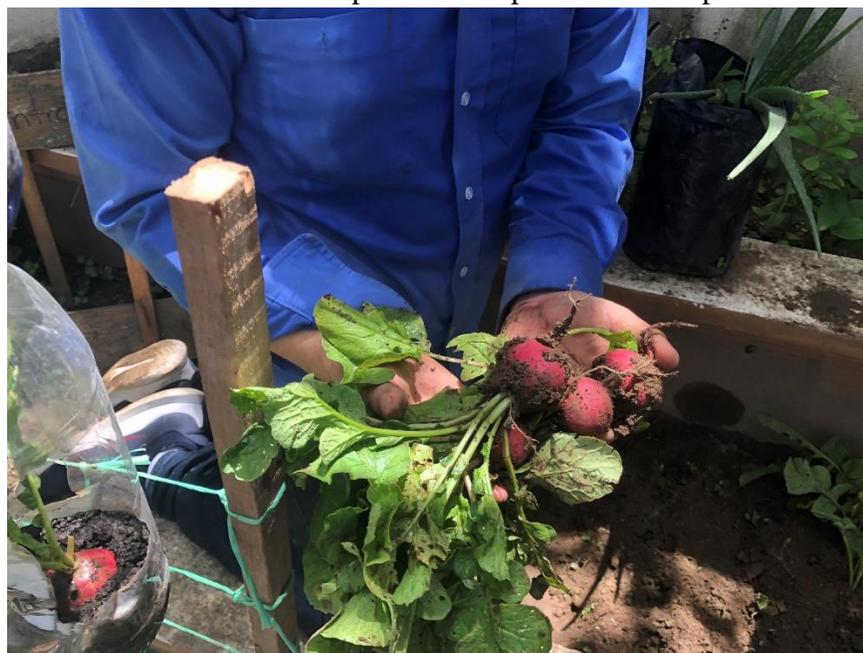
Anexo 2. Relación de hectáreas de tierra arable por persona entre los años 1961 – 2013.



Anexo 3. Recipientes colgados y llenados de suelo listos para la producción



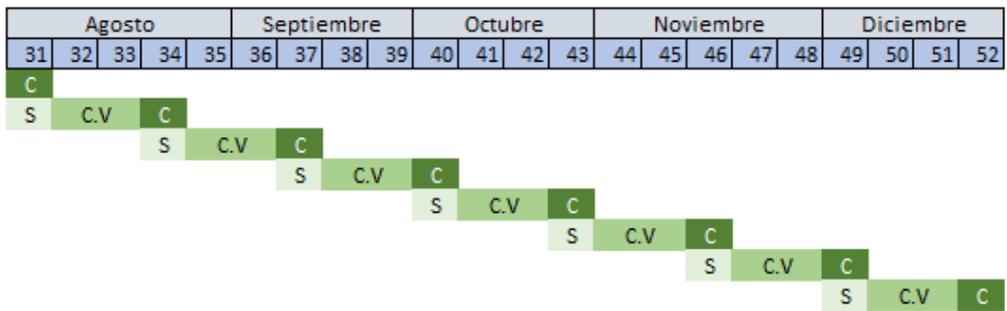
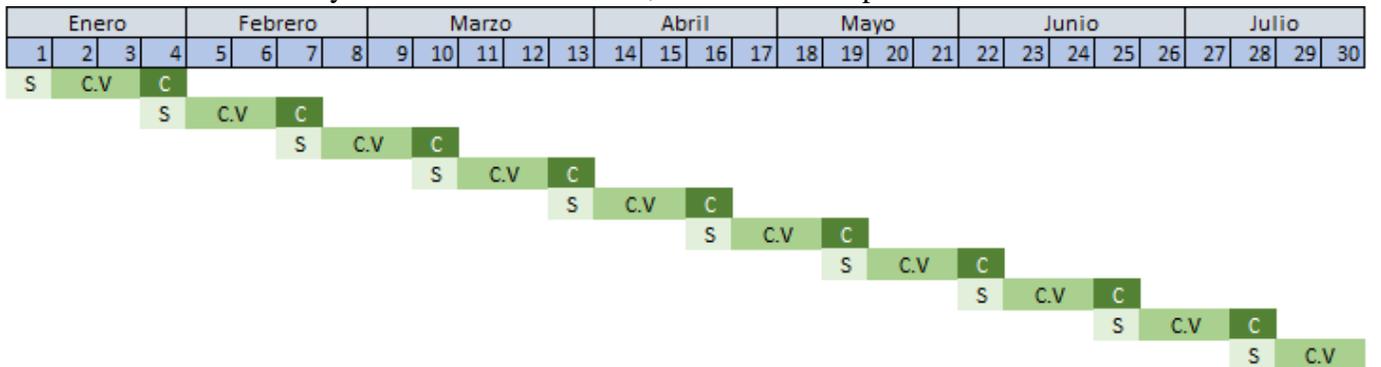
Anexo 4. Rábanos cosechados después de cumplir el ciclo de producción



Anexo 5. Mostaza de hoja cosechado después de cumplir el ciclo producción

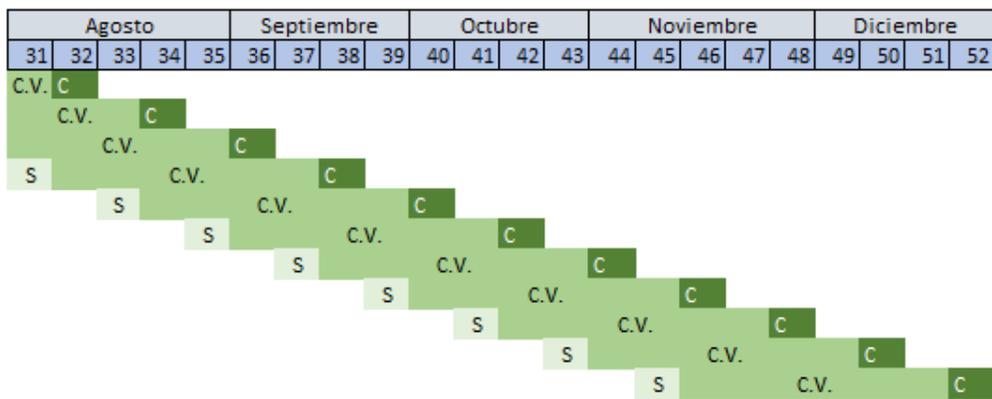
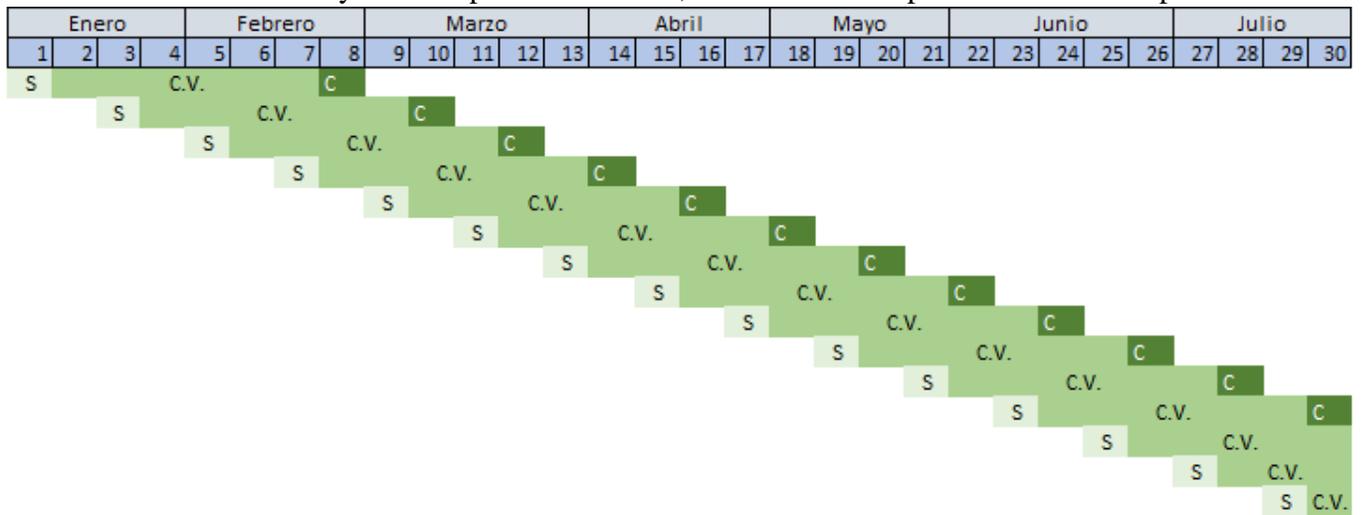


Anexo 6. Plan de siembra y cosecha de 52 semanas, en 17 cosechas para el cultivo de rábano.



- Legenda**
- S Siembra
 - C.V. Crecimiento vegetativo
 - C Cosecha

Anexo 9. Plan de siembra y cosecha para 52 semanas, con 23 cosechas para el cultivo de espinaca.



- Legenda**
- S Siembra
 - C.V. Crecimiento vegetativo
 - C Cosecha

Anexo 14. Plan de siembra y cosecha de 52 semanas, con dos cosechas para el cultivo de yuca.

Enero				Febrero				Marzo					Abril					Mayo					Junio					Julio			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
Producción estacas								Desarrollo vegetativo																	Desarrollo raíz						
Producción estacas																	Desarrollo vegetativo														

Agosto					Septiembre				Octubre					Noviembre					Diciembre						
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52				
Desarrollo raíz								C																	
D.V.				Desarrollo raíz																	C				

- Leyenda**
- P.E. Producción estacas
 - D.V. Desarrollo vegetativo
 - D.R. Desarrollo raíz
 - C Cosecha

Anexo 15. Plan de siembra y cosecha de 52 semanas, con siete cosechas para el cultivo de papa.

Enero				Febrero				Marzo					Abril					Mayo					Junio					Julio			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
S	C.V.				Tub.								C																		
						S	C.V.				Tub.					C															
										S	C.V.					Tub.					C										
														S	C.V.				Tub.					C							
																		S	C.V.				Tub.					C			

Agosto					Septiembre				Octubre					Noviembre					Diciembre				
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52		
C																							
Tub.					C																		
S	C.V.				Tub.				C														
						S	C.V.				Tub.					C							
										S	C.V.				Tub.					C			

- Leyenda**
- S Siembra
 - C.V. Crecimiento vegetativo
 - Tub. Tuberización
 - C Cosecha

Anexo 16. Manual de producción vertical como modalidad de huerto familiar.



• **KAJON 98 IS.** Es un insecticida y repelente elaborado a base de Ajo (*Allium sativum*) cuya formulación consiste en un líquido soluble neutralizado y estabilizado para utilizarse en cualquier tipo de mezclas sin que provoque toxicidad en las plantas tratadas. Está indicado para usarse en todo tipo de cultivos para el control y repelenencia de insectos (trips, miridos de las hojas, mosca blanca etc) y ácaros. Al aplicar KAJON 98 IS en mezclas con otros insecticidas y fungicidas mejora la distribución y penetración de estos en la superficie foliar potencializando de esta manera la efectividad de la aplicación.



• **BIOCAN 75 CE.** Es un extracto botánico elaborado a base de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) que actúa como insecticida/fungicida el cual ejerce una acción tóxica y repelente contra insectos y ácaros que atacan los cultivos.



<http://flipbuilder.it>
 Flip PDF Professional Demo.
 Purchase from <http://flipbuilder.it>

Costos

Inversión inicial para 10 ciclos de producción.

Material	
PALMIN 50 CS	
MÁGICO CEN 870 CE	
KAJON 98 IS	
BIOCAN 75 CE	
Recipientes	
Rolls de cuerda	
Medida sonda	
Ciclos 10	



En el cuadro se observa la inversión inicial para poder implementar el proyecto con una vida útil de 10 ciclos de producción. Luego de haber cumplido los 10 ciclos de producción se debe reemplazar la estructura, por ejemplo, la malla se cambia por otra nueva, esto con la inversión inicial se distribuye a todos los ciclos. La inversión inicial se distribuye a todos los ciclos del primer ciclo no sean muy pesados, por esta razón se puede observar que los costos por ciclo son significativamente más bajos que los costos totales de inversión.

Costos de operación por ciclo

Material	
Mano de obra	
Riego	
Semilla rábano	
Semilla Mostaza	
Semilla coliflor	
Semilla lechuga	
Semilla apio	
Semilla colinabo	
Semilla zanahoria	
Semilla papa	
Semilla yuca	
Suelo	



En el cuadro se observan los costos en que se incurren en cada ciclo de cultivo, es lo que hace la diferencia con respecto a los costos de inversión inicial. Es necesario saber cuánto ha sido el costo total del ciclo, de esta forma se pueden modificar para futuros ciclos de producción, los costos de operación pueden aumentar o disminuir dependiendo de la cantidad que se desea producir.

Dimensiones del espacio

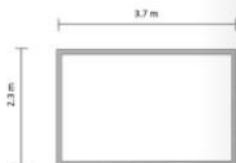
El proyecto se realizó en el jardín de un hogar de seis personas en el que aplicando conceptos de agricultura vertical se sembraron cultivos aprovechando el espacio ascendente. La producción se desarrolló en recipientes plásticos que colgaban de una cuerda que servía para mantenerlos firmes.

Dimensiones de jardín desde vista aérea.



En la figura se muestra la distribución del espacio dedicado al desarrollo de las plantas. El área total es de 17.61m², donde se utilizaron 200 recipientes para la producción de alimentos.

Dimensiones de jardín desde vista frontal.



Estudio técnico

Rábano (*Raphanus sativus*)

En el cultivo del rábano (*Raphanus sativus*) se hizo una siembra de una semilla por recipiente. Dado a que el ciclo de cultivo de rábano es de 4 semanas o 28 días, se pudo hacer una doble siembra de este; de las 200 botellas plásticas usadas 75 sirvieron para este cultivo. A la mitad de ciclo de producción se le aplicó BIOCAN 75 CE un producto a base de extracto de canela que actúa como fungicida en la planta por lo que previene pueda ser destruida por un hongo.



Temperatura. El rábano es un cultivo que se puede desarrollar bien en el frío, pero mantenimiento de forma prolongada en un clima menor a 6°C puede hacer que el tallo floral ejerza de forma prematura (SINAVIMO, 2018). La floración prematura se da cuando una planta comienza a pasar por una etapa de estrés en la que se fuerza a promover la maduración, en condiciones adversas. La temperatura óptima para el rábano es entre los 15 - 25 °C dependiendo de la etapa en la que se encuentre, evita que esto pueda ser un problema de desarrollo.

Humedad Relativa. El rango de humedad relativa óptimo para este cultivo es entre 60% y 80%. El rábano debe mantenerse húmedo, pero no con exceso porque puede promover el crecimiento de hongos que eventualmente terminan dañando a la planta y en varios casos la llevan a la muerte.

Suelo. El cultivo de rábano se ve favorecido por suelos que no sean propensos a la compactación porque su desarrollo ocurre dentro de este. Los suelos arenosos son una buena alternativa para producir rábanos. El pH óptimo se encuentra dentro del rango de 5.5 - 7.0.

Agua. El riego debe ser abundante en el cultivo, esto ayuda a un mejor desarrollo de sus raíces. La escasez de agua produce un endurecimiento en la raíz dificultando su desarrollo. Por otro lado, el exceso de humedad promueve el proceso de floración en la planta, reduciendo así su valor comercial.

Temperaturas óptimas para el cultivo de rábano en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	20-25	10	32
Crecimiento vegetativo	18-22	12	32
Cosecha	20-22	10	32

Mostaza (Brassica juncea)

En el cultivo de mostaza (*Brassica juncea*) se utilizan 75 recipientes en las que se sembraron dos semillas en cada una de ellas. Al cultivo de mostaza se aplicó KAJON 98 LS, un insecticida creado a base de extracto de ajo para el control de plagas porque se mostró incidencia de polilla de coles (*Plutella xylostella*) y también BIOCAN 75 CE. La polilla de las coles es un micro lepidóptero considerado como la plaga más destructiva de los cultivos de la familia Brassicaceae en el mundo (Panamé, 2016).



Temperatura. La mostaza es un cultivo más resistente a los climas cálidos, lo que permite que se pueda sembrar en lugares abiertos y no solo en ambientes cerrados. La temperatura adecuada oscila entre los 18°C - 22°C dependiendo de la fase en la que el cultivo que se encuentre, el salitre de este rango puede afectar los días hasta que llega la cosecha de la mostaza.

Humedad Relativa. El porcentaje adecuado para la mostaza mayor humedad relativa, podría favorecer al crecimiento de la polvorienta coliflorada con las condiciones de alta humedad y hojas colonizadas por el hongo (Panamé, 2012).

Suelo. Según Cameron (2013) requiere de un suelo húmedo y un ambiente seco con buen drenaje de suelo, la planta tiene un sistema de raíces ramificado muy desarrollado que le permiten aprovechar muy bien todos los nutrientes del suelo. El pH adecuado para este cultivo es de 6.0 - 7.0, si es menor a este puede ser nocivo para la planta.

Agua. El requerimiento para un ciclo de cultivo de mostaza oscila entre los 500 - 600 mm. Es recomendable abastecer de suficiente agua en la etapa de germinación de la planta hasta que se encuentre en su etapa de crecimiento vegetativo.

Temperaturas óptimas para el cultivo de mostaza en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	20	7	32
Crecimiento vegetativo	20-23	7	32
Cosecha	20-23	7	32

Culantro (Coriandrum sativum)

En el cultivo de culantro (*Coriandrum sativum*) se destinaron 25 recipientes para sembrar 5-6 semillas en cada uno, por este motivo se decidió producir en menor espacio este cultivo. Este cultivo es susceptible a ambientes húmedos pues provocan el crecimiento de hongos en sus hojas, por esta razón es importante mantenerlo protegido de cualquier agente externo que le pueda dañar su follaje.



Temperatura. El culantro es un cultivo de temporada fría que se da mejor a temperaturas de entre 10°C y 30°C (Masabir, Lillard; 2014). Puede llegar a soportar temperaturas que lleguen a bajar de 0°C, pero esta condición puede retrasar el desarrollo de la planta, pero con temperaturas mayores a 30°C aceleran el proceso de floración por lo que su temperatura óptima oscila entre los 15°C-20°C.

Humedad Relativa. Este cultivo se adapta muy bien a humedades relativas bajas, el valor de humedad en la que su crecimiento no se ve afectado es de 75% (Berrón, 2019). Períodos de alta humedad relativa de 85% o mayor causa la aparición de hongos o bacterias en las hojas como la Mancha foliar bacteriana (*Pseudomonas syringae* sp. *Coriandricola*) (Villanueva, 2014). Si bien este cultivo es capaz de desarrollarse en varios climas, si se encuentra en un ambiente mayor de 30°C y con una humedad relativa alta puede llegar a causar tanto daño como para dañar bastante la cosecha (Badillo, 2002).

Suelo. Un suelo con buen drenaje, alta porosidad y retención de humedad son ideales para el culantro, los franco-arenosos cuentan con estas características.

Agua. En sus primeras etapas, el riego debe hacerse con frecuencia, dos riego al día serán suficientes para ofrecerle las condiciones de humedad adecuadas para la germinación. En la etapa de crecimiento de follaje, los riegos serán menores y con una diámetro es suficiente, si no se presentan lluvias se pueden regar cada dos días.

Temperaturas óptimas para el cultivo de culantro en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	15-20	6	30
Crecimiento vegetativo	15-20	7	30
Cosecha	15-20	7	30

Espinaca (Spinachia oleracea)

La espinaca es el único cultivo de este proyecto que no se obtiene por semillas, para esta se recolectaron hijos de una planta madre y se reprodujeron por estacas. El haber conseguido esta planta por estaca significa una ventaja para ella, pues el tiempo de germinación llega a durar hasta 3 semanas el se mantiene a una temperatura baja, en este sentido se logró acortar el ciclo de producción. Esto último es una ventaja para los cultivos que tienen la capacidad de producirse por estacas; las espinacas tienen temperaturas específicas para su germinación pudiendo llegar hasta 5°C.



Temperatura. Esta es una planta de climas frescos y fríos, con temperaturas de 10°C-15°C, lo que hace que sea común lugares con temperaturas altas. Luego de haber germinado, temperaturas mayores a 15°C pero su desarrollo será lento (InfoAgro, 2006).

Humedad Relativa. La espinaca es un cultivo de clima frío por lo que su humedad relativa adecuada tiende a ser alta, en este caso se trata de una humedad relativa de 95% al estar en un clima de 0°C. Es claro que se puede producir en ambientes con porcentajes menores pero el desarrollo será más prolongado dependiendo de las condiciones en las que se encuentre.

Suelo. Un suelo arenoso es adecuado para este cultivo, debido al buen drenaje que presenta. Un problema que presentan los arcillosos es la compactación por su alta retención de humedad, esto es desfavorable para la espinaca. Soporta un pH de 6 - 6.8 lo que significa que es vulnerable a melos ácidos.

Agua. La espinaca no presenta afinidad por mucha o poca humedad, es necesario mantener el suelo húmedo, pero sin llegar a ser saturado, y no permitir que no exista disponibilidad de humedad.

Temperaturas óptimas para la espinaca en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	10	-2	26
Crecimiento vegetativo	15	0	26
Cosecha	15	0	26

Lechuga (Lactuca sativa)

La lechuga es un cultivo que demuestra ser adaptable a varios ambientes, lo que permite ser producida en varias partes del mundo. En condiciones adecuadas, el ciclo de producción de las lechugas hasta que pueden ser cosechadas puede durar de 50 - 60 días, pero para florecer y producir semillas puede durar 90 días. La siembra de este cultivo es indirecta, es decir que se debe hacer un trasplante a los recipientes después de un lapso de dos semanas de haber germinado.



Temperatura. Este cultivo muestra resistencia a varias temperaturas pudiendo ser producida desde los 0°C hasta los 30°C. Según Halonnet y Miliambres (2016) las condiciones adecuadas para que la lechuga germine bien son entre los 0°C - 25°C, si se produce en un rango mayor a este, existe un gran riesgo de que muchos de estas plantas no lleguen a germinar. Una temperatura adecuada para el crecimiento vegetativo es entre 15°C - 20°C, y si se llega a un punto donde sea mayor a 30°C, el cultivo puede prolongar su desarrollo hasta la cosecha porque se produce un estado hídrico. Para contrarrestar este efecto, se debe mantener la planta bien hidratada para que realice más esfuerzos del que debe.

Humedad Relativa. Para la lechuga, la humedad relativa oscila entre un 60% - 70%. La humedad relativa adecuada en ambientes que sean mayores a este rango puede producir el brote de hongos que dañan seriamente al cultivo. Uno de los patógenos que pueden desarrollarse es *Botrytis cinerea*, la forma en que este hongo ataca a la planta es en forma de esporas, las que intentan penetrar la hoja y dañarla (Van Kam, 2006).

Suelo. La lechuga muestra mejor desarrollo en suelos arcillosos ya que necesita que la humedad se retenga. Además de retención de humedad, es recomendable que este suelo muestre buen contenido de materia orgánica, usualmente la mayor catiónica que reflejan es que presentan un color negro (Arletta, 1998).

Agua. Los requerimientos de agua para la lechuga son de 1 mm por m² en la primera semana después del trasplante. En las semanas posteriores hasta que se realiza la cosecha se debe suministrar 4 mm de agua (Facyo, 1998). El mantener a la planta hidratada es un factor clave para su desarrollo óptimo.

Temperaturas óptimas cultivo de lechuga en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	15	0	25
Crecimiento vegetativo	15-20	7	30
Cosecha	15-20	7	30

Repollo (Brassica oleracea var. Capitata)

El cultivo del repollo se puede producir en todas las estaciones del año, lo que hace que sea muy consumida en gran proporción. El ciclo de producción del repollo es largo llegando a tardar de 90 - 120 días hasta la cosecha, por esta razón se produce biannual, el clima influye mucho en el tiempo que pueda durar el desarrollo. La siembra se puede hacer forma directa como indirecta, si se realiza de la segunda forma debe esperarse un lapso de tiempo de tres semanas desde su germinación para poder ser llevado a campo.



Temperatura. El repollo se adapta bien a climas fríos, en la etapa de germinación resiste un mínimo de 5°C y un máximo de 35°C. Al haber crecido, adquiere la capacidad de resistir temperaturas más bajas llegando a un mínimo de 0°C y un máximo de 25°C, es posible producir más allá de este rango, pero con ello traerá un desarrollo más lento. El mismo cultivo para producir repollo es de 15 - 20 °C, en este punto el cultivo se desarrolla que este cultivo soporta tanto temperaturas bajas como altas.

Humedad relativa. El punto adecuado del repollo se encuentra en un punto medio, por esta razón es ideal producir en climas frescos, altos con respecto a metros sobre el nivel del mar. Una hoja le marchitez y senesce (Zamora, 2016), lo que también aplica para el almacenamiento después de la cosecha.

Suelo. Para el repollo se necesita de un suelo limo-arcilloso que pueda retener humedad sin llegar a ser excesivo, pues esto favorece al crecimiento de hongos que atacan a la raíz, logrando que la planta se deteriore paulatinamente. El repollo es ligeramente tolerante a pH ácidos del rango de 6 a 6.5 (Zamora, 2016).

Agua. El cultivo del repollo requiere de 1200 mm en su ciclo de producción. Sus requerimientos de agua se intensifican al momento de comenzar a desarrollarla cabeza, esto es después de la etapa de germinación, en el momento en que su crecimiento vegetativo comienza. Después de haber formado su cabeza, los requerimientos de agua disminuyen.

Temperaturas óptimas para el cultivo de repollo en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	15	0	35
Crecimiento vegetativo	20-25	5	30
Cosecha	-	-	-

Cebolla (Allium cepa)

La cebolla es un cultivo muy usado como ingrediente en todo tipo de platos típicos en Latinoamérica, a pesar de que tiene origen en el continente asiático. De este cultivo se consume el bulbo que se cosecha directamente del suelo, removiendo el tallo y sus raíces. "El consumo de cebolla está asociado con la reducción de lípidos en sangre, el colesterol y la actividad antiplaguetaria, factores que contribuyen a disminuir los riesgos de padecer enfermedades cardiovasculares, una de las principales causas de muerte en muchos países", (Kotthman, 2018). Es posible que la razón de su masiva producción y uso dentro de las cocinas sea por su característico sabor que le da a la comida.



Temperatura. Con frecuencia la cebolla se produce en climas frescos donde el bulbo puede desarrollarse bien, en su etapa de germinación es capaz de resistir temperaturas bajo cero. A partir de la etapa de crecimiento vegetativo comienza a ser menos resistente a climas muy fríos, el rango óptimo para la cebolla es de 20-25 °C, el alcanzar temperaturas muy altas o muy bajas pueden ser un riesgo para que el bulbo se desarrolle. La producción dentro de temperaturas muy bajas y altas puede ser un riesgo para que el cultivo produzca un bulbo incorrecto y rígido del bulbo.

A la cebolla le favorecen los ambientes con una humedad relativa de 60% ya que proporcionar ambientes secos provoca la aparición de manchas en los bulbos.

Suelo. El tipo de suelo que favorece a la cebolla son los que presentan un buen drenaje pero que puedan retener un poco de humedad como lo son los limo-arenosos. El problema de la gran retención de humedad en la cebolla es que, si se presenta una sequía repentina, puede dañar la estructura del bulbo; el exceso de humedad presenta condiciones favorables para el ataque de enfermedades. El pH del suelo óptimo para este cultivo se encuentra entre 6 - 6.5, lo que demuestra que se desarrolla mejor en ambientes ligeramente ácidos.

Agua. Según Sanchez (2013) los requerimientos de agua para la cebolla son de 1000mm en todo su ciclo de cultivo.

Temperaturas óptimas para el cultivo de cebolla en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	15	0	35
Crecimiento vegetativo	20-25	5	30
Cosecha	-	-	-

Zanahoria (Daucus carota)

La zanahoria es una planta de origen asiático muy utilizada en platos de comida generalmente trada en alimentos saludables como ensaladas. El ciclo de vida de este cultivo consta de dos etapas: la etapa vegetativa y reproductiva. En la etapa vegetativa, la planta se encarga de producir un tallo pequeño donde crecen hojas en forma de mano, y la formación de una raíz que es la parte que se consume de la planta. Es un cultivo producido mayormente por siembra directa.



Temperatura. Es un cultivo muy producido en climas templados, es decir, en lugares donde las temperaturas no llegan a extremos calor o frío. Su temperatura adecuada para producción es en un rango de 15 - 20 °C, su mínimo es de 7°C y su máximo de 30°C; si se llega a producir fuera de estos rangos establecidos habrá un crecimiento inadecuado donde puede ralentizarse la etapa vegetativa, o también acelerarse y llegar a florecer antes de lo esperado.

Humedad relativa. La zanahoria es una planta que se ve afectada por una humedad relativa de 80%, donde existe un ambiente en el que pueda tener disponible el agua que necesita para su desarrollo.

Suelo. Para el desarrollo óptimo se necesitan suelos que no sean muy pesados, por esta razón es importante que la raíz pueda tener un desarrollo normal en el producto cosechado. En cuanto a la textura del suelo, se recomienda un suelo franco-arenoso, profundo y rico en materia orgánica, bien drenados y aireados; el pH óptimo es entre 5.5 y 7.0 (Larribabal, 2007). Suelos que retengan mucha humedad pueden generar pudrición en la raíz.

Agua. La zanahoria requiere de mucha agua en la etapa de germinación, pero en forma de humedad y no en grandes volúmenes. Dentro de la agricultura convencional se empleaba la cama donde se produce la zanahoria, para mejorar la retención de humedad; en la agricultura vertical también se hace esta práctica y no necesariamente con el mismo material, se puede optar por algo más natural como césped cortado ya seco u hojas secas y se acomodan dentro de los recipientes sobre el suelo. Para la etapa de crecimiento vegetativo, se remanece esta capa porque la planta ya requiere de mayor volumen de agua y menos retención de humedad.

Temperaturas óptimas para el cultivo de la zanahoria en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	15 - 20	7	30
Crecimiento vegetativo	15 - 20	7	30
Cosecha	-	-	-

Cuadro resumen de productos de origen vegetal usados y sus aplicaciones.

Producto	Descripción
PALAMIN 50 CS	Es un insecticida elaborado a base de sales potásicas de ácido grasos de palma cocidas
MÁGICO CIEN 870 CE	Es un fungicida y bactericida elaborado a base de Miconia tenuiflora, este extracto botánico actúa contra hongos y bacterias que causan enfermedades en los cultivos
KAJON 98 LS	Es un insecticida y repelente elaborado a base de Ajo (Allium sativum) cuya formulación consiste en un líquido estable aplicable sin que provoque toxicidad en las plantas tratadas
BIOCAN 75 CE	Es un extracto botánico elaborado a base de canela (Cinnamomum zeylanicum) que actúa como insecticida/fungicida el cual genera una acción tóxica y repelente contra insectos y ácaros que atacan a los cultivos.

Fuente: Empresa Agrícola Honduras (2020).

Producción de tubérculos en sistemas verticales

A diferencia de los demás cultivos, los tubérculos requieren de mucha disponibilidad de espacio para poder desarrollarse. El tubérculo es un producto que se produce debajo del suelo, por esta razón es importante tener un espacio adecuado para que los tubérculos puedan crecer sin problemas, de otra manera pueden sufrir con deformidades y no tener un rendimiento óptimo.



Contenedor. Para producir este tipo de cultivos es necesario tener recipientes grandes que cuenten con las características adecuadas para aguantar el ciclo de producción. El recipiente debe tener una distancia de altura de 1 m para poder permitir a la planta extender sus raíces con libertad, se pueden usar si es que presentan una distancia mayor o igual a 0.6 m. Todo recipiente debe ser capaz de drenar el agua del suelo, por esta razón también debe ser profundo en varias partes, un exceso de humedad en un sustrato provoca la aparición de microorganismos nocivos para los cultivos. El recipiente debe ser llenado con un sustrato que le facilite las condiciones y nutrientes adecuados para un óptimo desarrollo, en este caso es recomendable utilizar compost.

Yuca (Manihot esculenta)

La yuca es un cultivo que proviene del continente americano, específicamente desde la región de Estados Unidos hasta el sur en Argentina. Es un cultivo con un ciclo de producción largo, pues el periodo entre la siembra y la cosecha llega a durar hasta 10 meses. En su desarrollo se produce un tallo delgado con varias hojas en el lugar y a adquirir forma de arbusto, pero su verdadero valor comercial se da en su raíz, esta llega a obtener un grosor considerable, la razón es porque la planta la usa como almacén para sus reservas de energía.



Temperatura. La yuca se adapta muy bien a temperaturas frescas y cálidas, en temperaturas frías se ve afectado el crecimiento del follaje y tallo. El rango óptimo para el desarrollo de este cultivo oscila entre 24 - 29 °C, con una temperatura mínima de 16°C y máxima de 38°C. La razón por la que es perjudicial producir en temperaturas bajas es que, al igual que las hojas, el tallo no se desarrolla bien y no obtiene un grosor adecuado.

Humedad relativa. Este cultivo se adapta a varios porcentajes de humedad, bien en ambientes con 60 - 90% de humedad relativa de 70%.

Suelo. El principal cuidado que se debe tener con el suelo es la presencia de mucha piedra o los que son más propensos a compactarse. La razón es porque gran parte del éxito de la producción de yuca se basa en disponibilidad que tiene la raíz para desplazarse, esto permite que se pueda desarrollar correctamente y de no ser así se pueden producir deformidades en el producto final. Suelos con buen drenaje favorecen al cultivo porque evita pudrición en la yuca. Además, estos suelos deben ser muy fértiles, ricos en materia orgánica y con un pH de entre 5,5 y 6,5 (Arroyo et al. 2003).

Agua. Es importante que, en el primer mes de siembra, el riego sea más frecuente, dos veces al día es ideal, en días posteriores hasta la cosecha se puede disminuir más la frecuencia del riego, con una vez es suficiente. Si se presentan lluvias, se puede variar el tiempo de riego dependiendo de la intensidad de esta y que tan frecuentes son. En todo el ciclo de producción la planta puede recibir un óptimo de agua de 1500mm.

Temperaturas óptimas para el cultivo de la yuca en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Crecimiento temprano	24 - 29	16	35
Desarrollo vegetativo	24 - 29	16	35
Cosecha	-	-	-

Papa (Solanum tuberosum)

La papa es un cultivo bastante consumido en los hogares de Honduras y de todo el mundo, y tiene su origen en varios de Latinoamérica. Es un cultivo usualmente producido en zonas con alturas de 1500 m.s.n.m. o mayor, pero permite el desarrollo en lugares más bajos. La propagación de la papa se hace por medio de brotes que aparecen en la superficie del fruto cosechado, cada uno de estos se corta y se siembra para dar lugar a una nueva planta, esto permite obtener varios brotes de una unidad.



Brotación. En esta etapa, comienzan a emerger brotes de la papa, esto indica que ya se encuentra en el momento adecuado para ser sembrada. Los brotes son recolectados de la papa y sembrados para que comience el ciclo de producción y después de haber adquirido una longitud de un centímetro.

Temperatura. En la etapa de brotación, el cultivo puede soportar temperaturas bajas con, llegando a un mínimo de -2°C y máximo de 30°C, pero su rango ideal se encuentra entre 15 - 20°C. Es importante saber que una vez que la papa comienza la fase de brotes laterales y su resistencia a heladas porque comienzan a desarrollarse el tallo y hojas.

Humedad relativa. Para la papa, se debe tener una humedad relativa moderada en las etapas de brotación y desarrollo, un rango de 60 - 70%. Si se tiene demasiada humedad en el ambiente, pueden desarrollarse manchas en las hojas de la planta.

Suelo. Por ser un cultivo que se desarrolla en el suelo, es recomendado que se trabaje en lugares donde no exista mucha compactación o presencia de rocas, las características de este deben permitir un libre movimiento de las raíces para evitar que se produzcan deformidades. Es importante que la profundidad del suelo donde se desea producir la papa sea de 60 cm o más, de esta forma la papa puede tener suficiente espacio para tener un desarrollo óptimo.

Agua. La cantidad total de requerimientos de agua en todo el cultivo son de 600 mm. La papa demanda mucha agua en la etapa de formación de los brotes. Luego de que la fase de brotación lateral ha culminado, sigue la fase de crecimiento de tubérculos, aquí es crítico realizar riegos con frecuencia para acondicionar bien a la raíz de la planta.

Temperaturas óptimas para el cultivo de la papa en cada fase.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Formación de brotes	15 - 20	-2	30
Desarrollo vegetativo	15 - 20	7	30
Cosecha	-	-	-

Prácticas de Agricultura Orgánica

Asociación de cultivos. Esta práctica es muy utilizada en huertos urbanos, y la principal razón es porque están destinados a producir varios cultivos en el mismo momento. Como su nombre lo indica, esta práctica se hace para relacionar cultivos que maestren algún tipo de beneficio entre sí. En estos proyectos se utiliza como una forma de controlar las plagas sin necesidad de aplicar muchos productos para el cuidado de las plantas.

Las ventajas de realizar asociación de cultivos son:

- Permite que la incidencia de una plaga de un determinado cultivo sea menor, esto se da por la presencia de plantas de diferentes familias que no necesariamente comparten la misma plaga.
- Ayuda a optimizar el espacio de producción en el sentido de que se desarrollan varios cultivos al mismo tiempo y lugar sin afectarse entre sí.
- Se puede mejorar entre cultivos cuando llega estación del año óptima de cada uno, con esto se evita tener un cultivo en su ciclo de desarrollo en temperaturas inadecuadas.
- Existen plantas que fijan nitrógeno en el suelo, lo que ayuda a mejorar la disponibilidad de este y favorecer al siguiente cultivo que se decida producir leguminosas como el frijol.

Asociación entre cultivos.

Cultivo	Buenas asociaciones	Malas asociaciones
Cebolla	Lechuga, Zanahoria	Repollo
Calabacín	Espinaca, Rábano, Habachuelas, Lechuga, Repollo	-
Espinaca	Lechuga, Rábano, Zanahoria	Rosineta
Lechuga	Espinaca, Rábano, Zanahoria	Repollo
Mostaza	Rábano, Repollo	-
Rábano	Calabacín, Espinaca, Lechuga, Mostaza, Zanahoria	-
Repollo	Calabacín, Mostaza	-
Zanahoria	Cebolla, Espinaca, Lechuga, Rábano	-

Fuente: Le potraan préfère les bulbes. Hans Wagner. Terre vivante. 2001

Compostaje. La práctica del compostaje es muy utilizada en sistemas de producción en casa, su principal objetivo es crear un abono que sea amigable con el ambiente. El compost, se crea a base de residuos de materia orgánica (vegetal) que se produce en los hogares, con el doble propósito de encontrar una forma de reciclarlos. Realizar la práctica de compostaje reduce el uso de agroquímicos sintéticos para obtener un producto orgánico, sin embargo, este proceso puede durar meses dependiendo del material que se usó; es recomendable que se haga meses antes de iniciar el proyecto.

Para producir compost es necesario contar con residuos de materia orgánica en su mayoría vegetal porque realiza el proceso de degradación más rápido, aunque es válido usar otro tipo de material.

Materia orgánica ideal para la creación de compost.

Materia Orgánica
Restos de frutas y verduras
Restos de alimentos (Evitar productos lácteos)
Hojas secas
Tallos secos
Yerbas, cultivos, aves)

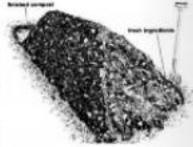
Se puede observar que no se menciona ningún residuo que sea carne, la razón de no incluirlos es porque su periodo de descomposición es más prolongado que el de los vegetales. Con respecto al selectivo uso excremento de animal, no se toma en cuenta el de animales más domésticos como los perros o gatos, la razón gira en torno a los microorganismos patógenos que se encuentran en sus heces, estos pueden sobrevivir el proceso de compostaje y al ser usado en plantas pueden ser transmisores de enfermedades para el humano.

Humedad. El sustrato debe humedecerse cada cierto tiempo para ayudar al proceso de descomposición, y dependiendo de la temporada del año en que se encuentre y el método de almacenamiento usado, la frecuencia para humedecer será mayor o menos.

Aireación. Para que la descomposición se haga correctamente, se debe estar moviendo el compost con frecuencia para evitar que se lleve a cabo un proceso de pudrición, donde el sustrato no se podría utilizar.

Compostera. Existen varias formas de almacenar el compost hasta poder ser utilizado:

Abierto al aire libre. Su construcción es sencilla de hacer, se debe poner los residuos orgánicos sobre una capa de nylon plástico para que al irse descomponiendo no se pegue en el suelo sobre el que se pone. Al dejarse reposar al aire libre, es más difícil que el compost se termine pudriendo, con una pala se debe voltear todo el material para realizar el proceso de aireación. El control de humedad depende de la época del año, en tiempos de lluvias se recomienda humedecer el sustrato cada dos semanas. En cambio, si existe un clima más cálido y menos lluvioso, se recomienda humedecer cada semana. Este método de almacenamiento es para lugares que no tengan un espacio muy reducido porque con el paso del tiempo, el compost irá adquiriendo un olor muy fuerte a material descompuesto. Se debe tapar para evitar que obtenga humedad por las lluvias, el exceso de humedad puede generar pudrición en el compost.



Cerrado en contenedores. Este almacenamiento se centra en guardar la materia orgánica dentro de un contenedor hermético permitiendo que su manejo sea más sencillo. Al estar dentro de un lugar cerrado, la retención de humedad es mayor por lo que se debe humedecer el sustrato con menor frecuencia. La humedad por lluvia no es un inconveniente siempre que el contenedor se encuentre en buenas condiciones, sin daños físicos que puedan provocar la entrada de agua por algún orificio. La aireación también se ve afectada por este tipo de almacenamiento, se debe estar moviendo más seguido el compost para que esté bien aireado y para evitar que se compacte o se pegue. El almacenamiento en contenedores es ideal para lugares que cuentan con espacio limitado, porque el olor queda completamente encerrado dentro, y se pueden usar varios contenedores si es que se desea producir bastante compost.



Uso de compost. Es necesario haber esperado suficiente tiempo para poder utilizar el compost producido, y una forma de saber si está listo es observar el sustrato y notar que todos los residuos se han convertido en una mezcla homogénea. Luego de tener todo listo, se debe aplicar el compost en los recipientes de plástico junto con el suelo, de esta forma se obtiene una mezcla rica en nutrientes que ayudan al desarrollo de las plantas.

Plan de siembra y cosecha en un sistema de producción vertical en casa

El plan de siembra y cosecha se puede iniciar desde cualquier momento del año que se desee, pero es preferible hacerlo cuando el clima es favorable para cada cultivo. Para desarrollar el plan de siembra se tomaron en cuenta 52 semanas como referencia a la cantidad total que hay en el año, comenzando desde semana 1 hasta cumplir todo el ciclo. Con el proyecto se desea abastecer la demanda del hogar, teniendo producto suficiente para alimentar a la familia hasta que se realice la siguiente cosecha.

A continuación, se detallará la cantidad de plantas a producir para cumplir con las unidades (libras) necesarias para abastecer la demanda de alimento cada semana. Se explica el tiempo requerido entre las actividades hasta alcanzar la cosecha. Para cada cultivo se agrega un 20% extra de la demanda total para cubrir la pérdida que se da por mortalidad.

Rábano. Para la producción del cultivo de rábano se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en recipientes destinados para un solo ciclo de cultivo, cada rábano requiere uno para cumplir su periodo de producción de manera adecuada. Al realizar producción en recipientes plásticos, no es necesario preocuparse por el distanciamiento entre plantas.

La siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de rábano. Se empieza el primer ciclo de producción en la semana 1. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 4. El tercer ciclo, se hará en la semana 7, donde los primeros recipientes estarán libres debido a la cosecha del primer ciclo culminando la semana 4. Debido a que cada ciclo de producción inicia aproximadamente cada 21 días, se decidió producir la demanda equivalente a tres semanas añadiendo un 20% extra para cubrir la pérdida de las plantas que no germinaron o no culminaron el ciclo de producción.

Para la producción de las libras requeridas para abastecer la demanda de un hogar, se hace una siembra directa de semillas de rábano utilizando una por recipiente, por lo que no deben germinar en bandejas. Debido a que el ciclo dura 4 semanas, se debe hacer la siguiente siembra a la semana 4, de esta forma, la cosecha de la primera siembra se hace al final de la semana. Luego de culminar este primer periodo, se producen libras de rábano considerando que no se alcance un 100% de producción con relación a la cantidad que se sembró. En la semana 8 se hace la cosecha del segundo ciclo que fue sembrado en la semana 4, para este momento se habrá comenzado el tercer ciclo de producción y se realizará el cuarto en la semana 10. Siguiendo este patrón se desarrollará la producción de rábano durante las semanas restantes del periodo completo.

Mostaza. Para la producción del cultivo de hoja de mostaza se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en recipientes, en cada uno se pueden producir dos plantas sin que se vea afectado su periodo de producción. Cada hoja de mostaza puede ir en un lado del recipiente plástico, pues su tamaño no es muy grande.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de hoja de mostaza, donde se empieza el primer ciclo de producción en semana 1. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 3. Al finalizar semana 8, culmina el primer ciclo de cultivo, para que en semana 9 los primeros recipientes estén libres para comenzar el quinto ciclo de cultivo. Debido a que cada ciclo de producción inicia aproximadamente cada 14 días, se decidió producir la demanda equivalente a dos semanas añadiendo un 20% extra para cubrir la pérdida de las plantas que no germinaron o no culminaron el ciclo de producción.

Para la producción de mazos de hoja de mostaza, se deben sembrar semillas de mostaza en cartones de huevo usados como bandejas de germinación, antes de ser llevadas a los recipientes. En la semana 4, las plantas deben transplantarse a campo, porque en este momento ya debieron haber crecido lo suficiente para poder soportar el cambio hacia los recipientes. En la semana 3, se debe comenzar el segundo ciclo de producción y seguir este mismo patrón con dos semanas de diferencia entre cada siembra en bandejas. Para la semana 8, la primera cosecha estará lista y se obtendrán mazos de hoja de mostaza tomando en cuenta que no se obtiene un 100% de producción con relación a la cantidad sembrada. Se hará una cosecha cada dos semanas con un total de 23 al final del periodo de 52 semanas.

Culantro. Para la producción del cultivo de culantro se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en recipientes, una vez sembradas varias semillas en un solo recipiente, esto permite optimizar el espacio.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de culantro, donde se empieza el primer ciclo de producción en semana 1. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 3. Al finalizar semana 7, culmina el primer ciclo de cultivo, para que en semana 8 los primeros recipientes estén libres para comenzar el quinto ciclo de cultivo en semana 9. Debido a que cada ciclo de producción inicia aproximadamente cada 14 días, se decidió producir la demanda equivalente a dos semanas añadiendo un 20% extra para cubrir la pérdida de las plantas que no germinaron o no culminaron el ciclo de producción.

Para la producción de mazos de culantros, se deben sembrar semillas en cada recipiente. En la semana 2, las plantas comenzarán a germinar. En la semana 3, se debe comenzar el segundo ciclo de producción y seguir este mismo patrón con dos semanas de diferencia entre cada siembra en recipientes. Para la semana 7, la primera cosecha estará lista y se obtendrán mazos de culantro tomando en cuenta que no se obtiene un 100% de producción con relación a la cantidad sembrada. Se hará una cosecha cada dos semanas con un total de 24 al final del periodo de 52 semanas.

Espinaca. Para la producción del cultivo de espinaca se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en recipientes, cada espinaca requiere la mitad de uno para cumplir su periodo de producción de manera adecuada. Las espinacas son cultivos resistentes



<http://flipbuilder.it>
Flip PDF Professional Demo.
Purchase from <http://flipbuilder.it>

y es ventajoso cuando se obtienen de una planta madre ya que se omiten etapas como la germinación.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de espinaca, donde se empieza el primer ciclo de producción en semana 1. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 3. Al finalizar semana 8, culmina el primer ciclo de cultivo, para que en semana 9 los primeros recipientes estén libres para comenzar el quinto ciclo de cultivo. Debido a que cada ciclo de producción inicia aproximadamente cada 14 días, se decidió producir la demanda equivalente a dos semanas añadiendo un 20% extra para cubrir la pérdida de las plantas que no germinaron o no culminaron el ciclo de producción.

Para la producción de manos de espinaca, se deben sembrar 2 semillas o estacas en cada recipiente. Si se produce con estacas no es necesario realizar germinación en bandejas, pero si es por semilla se hace una siembra indirecta donde permanecerá en bandeja hasta finalizar la semana 3 que es donde entrará lo suficiente desarrollada para ser llevada a campo. En la semana 3, se debe comenzar el segundo ciclo de producción y seguir este mismo patrón con dos semanas de diferencia entre cada siembra en recipientes. Para la semana 8, la primera cosecha estará lista y se obtendrán manos de espinaca tomando en cuenta que no se obtiene un 100% de producción con relación a la cantidad sembrada. En el momento que se realice la primera cosecha se realice, ya habrá iniciado el tercer y cuarto ciclo, y el segundo estará listo para la semana 10. Se hará una cosecha cada dos semanas con un total de 23 al final del periodo de 52 semanas.

Para la producción del cultivo de lechuga se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en recipientes, cada lechuga requiere uno para cumplir su periodo de producción de manera adecuada. Al realizar la producción en recipientes plásticos, no es necesario preocuparse por el distanciamiento entre plantas. La lechuga se mide por unidad, a diferencia de la mayoría de los cultivos que lo hacen por libra.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de lechuga, donde se empieza el primer ciclo de producción en semana 1. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 2, la razón de comenzar ciclos de producción de forma constante es porque la vida útil de la lechuga es muy corta y es necesario ser comensal lo más pronto posible. Al finalizar semana 7, culmina el primer ciclo de cultivo y los primeros recipientes se encuentran disponibles para realizar comenzar el octavo ciclo de producción. Debido a que cada ciclo de producción inicia aproximadamente cada 7 días, se decidió producir la demanda equivalente a una semana añadiendo un 20% extra para cubrir la pérdida de las plantas que no germinaron o no culminaron el ciclo de producción.

Para la producción de unidades requeridas para abastecer la demanda de un hogar, se hace una siembra en bandejas de semillas de lechuga, esta operación se debe hacer semanalmente para poder seguir el ritmo de los ciclos de cultivo. Debido a que la vida útil de la lechuga es de 5 días, se debe hacer la siguiente siembra a la semana 2, de esta forma, se podrá cosechar lechuga de forma constante. El trasplante de lechuga se hará al finalizar la semana 2. Luego de culminar el primer ciclo de cultivo, se producen unidades de lechuga considerando que no se alcance un 100% de

producción con relación a la cantidad que se sembró. En semana 7 se hace la cosecha del primer ciclo, a partir de este momento se hará cosecha de lechuga cada semana hasta culminar el período de 52 semanas.

Repollo. Para la producción del cultivo de repollo se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en recipientes, cada repollo requiere uno para cumplir su período de producción de manera adecuada. Al realizar la producción en recipientes plásticos, no es necesario preocuparse por el distanciamiento entre planta. El repollo se mide por unidad, al igual que la lechuga y es recomendable adquirir recipientes plásticos grandes, pues llega a adquirir grandes tamaños.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de lechuga, donde se empieza el primer ciclo de producción en semana 1. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 2, la razón de comenzar ciclos de producción de forma constante es porque la vida útil del repollo, al igual que la lechuga, es muy corta y es necesario ser consumida lo más pronto posible. Al finalizar semana 13, culmina el primer ciclo de cultivo, el repollo tiene uno de los ciclos de producción más largos en comparación con los demás cultivos usados para este manual. Debido a que cada ciclo de producción dura 13 semanas, se decidió producir la demanda equivalente a una semana cubrir la pérdida de las plantas que no germinaron o no culminaron.

Para la producción de las unidades requeridas para abastecer la demanda de un hogar, se sembró en bandejas de 6 semillas de repollo, para poder sembrar semillas cada semana, aun cuando no haya plantas en campo. Si traspasara de repollo se hará al finalizar la semana 5. Luego de culminar el primer ciclo de cultivo, se producen unidades de repollo considerando que no se alcance un 100% de producción con relación a la cantidad que se sembró. En semana 13 se hace la cosecha del primer ciclo, a partir de este momento se hará cosecha de repollo cada semana hasta culminar el período de 52 semanas.

Cebolla. Para la producción del cultivo de cebolla se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en recipientes, cada cebolla requiere uno para cumplir su período de producción de manera adecuada. Al realizar la producción en recipientes plásticos, no es necesario preocuparse por el distanciamiento entre planta.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de cebolla, donde se empieza el primer ciclo de producción en semana 1. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 5, la cebolla tiene un ciclo de producción aproximado de 17 semanas, por lo que la siembra se hace mensual. Al finalizar semana 17, culmina el primer ciclo de cultivo, la cebolla tiene un ciclo de producción más extenso porque cuenta con varias fases en el desarrollo del cultivo.

La cebolla es un cultivo que pasa por varias etapas en su producción. La planta llega a emerger a la superficie al final de la semana 2, siempre que se cuente con las condiciones adecuadas de

germinación. Luego de que la planta ha germinado, esta comienza a desarrollar hojas, produciendo una por semana aproximadamente, hasta llegar al punto donde empieza a producir el bulbo. En etapas avanzadas del cultivo, las hojas pierden turgencia, esto es una señal de que la cebolla está casi lista para ser cosechada. El poder ver los bulbos en la superficie, es un indicador de que el cultivo ha cumplido su ciclo de producción, esto ocurre en la semana 17.

Zanahoria. Para la producción del cultivo de zanahoria se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en recipientes, cada zanahoria requiere uno para cumplir su período de producción de manera adecuada. Al realizar la producción en recipientes plásticos, no es necesario preocuparse por el distanciamiento entre planta. La zanahoria requiere de un sustrato en que pueda desarrollar la raíz libremente pues de esto depende el buen crecimiento de la planta, de otra forma, se pueden producir zanahorias con deformidades.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de zanahoria, donde se empieza el primer ciclo de producción en semana 1. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 3, la zanahoria tiene un ciclo de producción aproximado de 13 semanas, por lo que la siembra se hace dos veces al mes. Al finalizar semana 13, culmina el primer ciclo de cultivo, una ventaja de la zanahoria es que su vida útil después de cosecha se puede prolongar hasta dos semanas cuando se mantiene en refrigeración, lo que permite hacer una siembra cada dos semanas. Debido a que cada ciclo de producción inicia aproximadamente una semana antes de que se pueda producir la demanda equivalente a dos semanas añadiendo un 20% extra de las plantas que no germinaron o no culminaron el ciclo de producción.

Para la producción de las unidades requeridas para abastecer la demanda de un hogar, se hace una siembra directa de semillas de zanahoria utilizando una por recipiente, es recomendable hacer una siembra directa de este cultivo por el hecho de que la raíz debe desarrollarse bien sin tener mucha intervención. Debido a que el ciclo dura 13 semanas, y que la vida útil de la zanahoria puede extenderse hasta los 14 días, se hace la segunda siembra en la semana 3. En la semana 2, la planta habrá germinado y las primeras hojas podrán verse. Es recomendable que, al momento de realizar la siembra de la zanahoria, se use algún material como hojas, aserrín o césped podado para cubrir la semilla para protegerla en caso de que se aproximen lluvias que puedan llevarla, también permite retener humedad en el sustrato. Luego de culminar este primer período, se producen libras de zanahoria considerando que no se alcance un 100% de producción con relación a la cantidad que se sembró. En la semana 15 se hace la cosecha del segundo ciclo que fue sembrado en la semana 3, para este momento se habrán comenzado ocho ciclos de producción. Siguiendo este patrón se desarrollará la producción de zanahoria durante las semanas restantes del período completo. Para el final de la semana 52, se habrán hecho 21 cosechas.

Yuca. Para la producción del cultivo de yuca se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en contenedores o recipientes que alcancen un metro de altura para un buen desarrollo de raíz. La yuca requiere un contenedor o recipiente para cumplir su período de producción de manera adecuada.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de yuca, donde se empieza el primer ciclo de producción con dos recipientes. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 13. Al finalizar semana 39, culmina el primer ciclo de cultivo, para este momento ya se habrá iniciado el cuarto ciclo de cultivo, pero las demás siembras seguirán en producción.

Una planta de yuca tiene un rendimiento promedio de 2 lb por planta, las familias hondureñas realizan muchos platos haciendo uso de este tubérculo, por esta razón se utilizan dos plantas para un ciclo de cultivo. Cada ciclo conlleva con 13 semanas de diferencia, la principal razón es para maximizar la cantidad de contenedores a usar, ya que estos no son tan disponibles como los recipientes plásticos de botella. Cada ciclo está destinado a producir un total de 4 lb de yuca.

Para producir yuca es necesario adquirir estacas provenientes de anteriores plantas. Es recomendable usar plantas que hayan mostrado un buen desarrollo durante el tiempo de producción para incrementar las posibilidades de éxito del cultivo. Como la yuca se produce por estacas, no es necesario realizar una germinación en bandejas. En los primeros dos meses, la yuca tiene un crecimiento lento, pues comienza a producir más estacas y el tallo crece. Luego de este período de tiempo, en los siguientes tres meses el tallo de la yuca comenzará a ramificarse y a desarrollarse más hojas, las raíces se engrosarán también, esto es el punto de cuando se debe cosechar. Cuando se cosecha, la planta centrará su desarrollo en la raíz y en el desarrollo de follaje. Al final del período de 52 semanas, se han producido cuatro ciclos en desarrollo, con un total de 8 lb de yuca.

Papa. Para la producción del cultivo de papa se debe tomar en consideración todas las condiciones óptimas detalladas para un sistema de agricultura vertical en casa mencionadas anteriormente. La producción se realizará en contenedores o recipientes que alcancen un metro de altura para un buen desarrollo de raíz. La papa requiere un contenedor o recipiente para cumplir su período de producción de manera adecuada.

El plan de siembra y cosecha se realizó en base al tiempo en semanas que dura el ciclo de cultivo de papa, donde se empieza el primer ciclo de producción con dos recipientes. Luego, la producción del segundo ciclo se hará en la semana 7. Al finalizar semana 13, culmina el primer ciclo de cultivo, y habrá un contenedor disponible para comenzar un nuevo ciclo en la semana 14, y el segundo ciclo estará a la mitad de su producción. Se debe considerar que, si la papa se encuentra en condiciones adversas, su desarrollo se puede ver prolongado unos meses más.

Una planta de papa produce un promedio de 4 lb, por esto es necesario producir dos plantas por ciclo de producción, para satisfacer la demanda del hogar. En el caso de este cultivo, cada ciclo comienza con 7 semanas de diferencia, y si está en condiciones óptimas, la planta se puede cosechar a los 90 días o 13 semanas de haber sido sembrada.

Cada semilla de papa tiene la capacidad de producir hasta cinco brotes. En el momento en que estos brotes pueden ser observados, la papa es apta para ser sembrada. Después de dos semanas de ser sembrada la semilla, se podrán observar brotes emergiendo a la superficie, lo que da inicio a la formación de los tallos, raíces y del follaje; esta etapa puede durar hasta cuatro semanas. De la

semana 5 hasta la 9 se desarrolla la etapa de tuberización, que es el momento donde comienza la creación de los tubérculos. La etapa final del cultivo comienza en semana 10, en este momento los tubérculos llegan a madurez fisiológica, lo que les permite estar listas para la cosecha en semana 13 o 14. Al finalizar el período de 52 semanas, se habrá hecho seis cosechas.

Agricultura vertical en casa como forma de producción

Un sistema de producción en casa tiene como objetivo principal el abastecer de alimento vegetal a una familia, la cantidad a producir se rige con relación al número de personas que la conforman. Los alimentos producidos y consumidos por la familia ayudan al buen mantenimiento de las funciones del organismo (SAG, 2005). Para poder crear un sistema de producción se debe considerar el costo de la inversión inicial. El problema con muchos sistemas de producción es que requieren de mucha inversión para ser establecidos, con este se busca minimizar los costos para que sea accesible para una mayor población y que cuenten con los alimentos vegetales esenciales en la dieta hondureña.

En el caso de este proyecto, se decidió por usar recipientes plásticos para promover el reciclaje de materiales que se crean con el tiempo de degradación corta y son contaminantes para el medio ambiente. Además de esto, no se requieren ningún costo para implementar más que el sustrato de producción, esta idea tiene oportunidad para poder invertir en otros insumos indispensables para el desarrollo del proyecto.

La agricultura vertical es una tarea que se puede hacer entre los miembros de una familia que permite llegar a un nivel más accesible. Este sistema se presta para la aplicación de conceptos de agricultura orgánica, como la asociación de cultivos. Esta práctica consiste en combinar cultivos buscando un beneficio con relación a la protección frente a plagas o el aprovechamiento de los recursos (agua, luz o nutrientes), (Vega, 2014). Esta es una cualidad del proyecto, crea la oportunidad de producir varios cultivos sin afectar el desarrollo entre sí, siempre que las asociaciones de cultivo se hagan correctamente.

Si se decide utilizar un sistema de producción vertical en casa, es necesario definir un plan de siembra para calendarizar en qué momento se vuelve a producir un determinado cultivo. Esto se rige según la época del año porque al tener los cultivos en condiciones óptimas, se obtiene una buena cosecha. Este concepto no es exclusivo de proyectos de esta naturaleza, los grandes y pequeños productores hacen uso de esta herramienta con el fin de optimizar la producción según la estación del año, de esta forma se pueden dedicar a producir varios cultivos en el año.

La agricultura vertical como forma de producción en casa muestra un gran potencial para ser aplicado entre familias que practiquen la agricultura urbana. Presenta un diseño que permite optimizar espacio, lo que es ideal para personas que viven en zonas urbanas, pues no suelen contar con un área suficiente para producir sus propios alimentos. Se pueden aplicar prácticas de agricultura orgánica, que es un concepto que ha tomado mucha fuerza en los últimos años, por el deseo de las personas de consumir un alimento que sea enteramente natural. Finalmente, adapta

una forma de producción relativamente nueva y costosa a un ambiente de hogar, aplicando la misma idea de producir verticalmente y sin dañar el ecosistema.

Agricultura vertical como nueva forma de producción

Ventajas

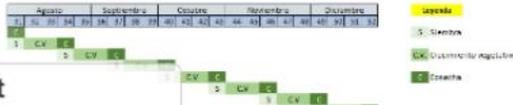
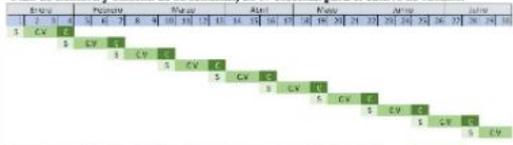
- Esta forma de producción tiene como concepto principal el producir alimentos en edificios o estructuras ascendentes, para cumplir una función importante que es optimizar el uso de tierra para suplir la demanda de alimento (Abtzeom, 2012).
- La agricultura vertical permite producir cultivos de estaciones específicas en cualquier época del año, pues todo se produce en un ambiente controlado, la producción de alimentos 4 - 6 veces o más dependiendo del cultivo en comparación al aire libre (Despommier, 2010).
- Producir con agricultura vertical permite optimizar no solo el uso de la tierra, pero también de varios insumos más como el agua, productos para el control de plagas y enfermedades.

Desventajas

- Se requiere de una gran inversión para implementar esta tecnología, ya que se utiliza luz artificial para estimular los rayos del sol, y la luz solar llegue a todas las plantas (Zabro, 2012).
- Es necesario estar capacitado para poder manejar toda la infraestructura involucrada en la producción de los cultivos, es decir que se debe asignar a alguien de confianza que esté monitoreando todo el proceso y que sea capaz de solucionar algún problema que se pueda presentar.
- El uso de tecnologías que no muestran igual disponibilidad en todas las regiones del mundo. Estos son: energía renovable (i.e. los paneles solares, paneles de vidrio), la misma arquitectura del edificio, el plan económico y el sistema de riego que tendrá la misma (González, 2016).

ANEXOS

Plan de siembra y cosecha de 52 semanas, en 17 cosechas para el cultivo de rábano.



Plan de siembra y cosecha de 52 semanas, en 23 cosechas para el cultivo de mostaza de hoja.



<http://flipbuilder.it>
 Flip PDF Professional Demo.
 Purchase from <http://flipbuilder.it>

20077 Manual de produccion vertical como modalidad de huerto familiar para autoabastecimiento de un hogar

Final Audit Report

2020-11-23

Created:	2020-11-23
By:	Luis Sandoval (lsandoval@zamorano.edu)
Status:	Signed
Transaction ID:	CBJCHBCAABAA532aQoEzI60SRqGXskY_iaCFyZwoN11g

"20077 Manual de produccion vertical como modalidad de huerto familiar para autoabastecimiento de un hogar" History

-  Document created by Luis Sandoval (lsandoval@zamorano.edu)
2020-11-23 - 1:51:26 PM GMT- IP address: 190.99.22.59
-  Document emailed to Julio Rendón C. (jrendon@zamorano.edu) for signature
2020-11-23 - 1:52:43 PM GMT
-  Email viewed by Julio Rendón C. (jrendon@zamorano.edu)
2020-11-23 - 2:10:43 PM GMT- IP address: 190.242.26.12
-  Document e-signed by Julio Rendón C. (jrendon@zamorano.edu)
Signature Date: 2020-11-23 - 2:11:02 PM GMT - Time Source: server- IP address: 190.242.26.12
-  Document emailed to Ana Maier (amaier@zamorano.edu) for signature
2020-11-23 - 2:11:04 PM GMT
-  Email viewed by Ana Maier (amaier@zamorano.edu)
2020-11-23 - 4:21:00 PM GMT- IP address: 190.181.198.48
-  Document e-signed by Ana Maier (amaier@zamorano.edu)
Signature Date: 2020-11-23 - 4:21:12 PM GMT - Time Source: server- IP address: 190.181.198.48
-  Document emailed to Raul Soto (rsoto@zamorano.edu) for signature
2020-11-23 - 4:21:14 PM GMT
-  Email viewed by Raul Soto (rsoto@zamorano.edu)
2020-11-23 - 6:33:10 PM GMT- IP address: 186.32.241.103

 Document e-signed by Raul Soto (rsoto@zamorano.edu)

Signature Date: 2020-11-23 - 6:33:30 PM GMT - Time Source: server- IP address: 186.32.241.103

 Document emailed to Luis Fernando Osorio (ctrejo@zamorano.edu) for signature

2020-11-23 - 6:33:32 PM GMT

 Email viewed by Luis Fernando Osorio (ctrejo@zamorano.edu)

2020-11-23 - 6:40:13 PM GMT- IP address: 181.115.63.130

 Document e-signed by Luis Fernando Osorio (ctrejo@zamorano.edu)

Signature Date: 2020-11-23 - 6:41:20 PM GMT - Time Source: server- IP address: 181.115.63.130

 Agreement completed.

2020-11-23 - 6:41:20 PM GMT