

Artículo Científico

**Determinación del sistema de producción urbana y periurbana más eficiente para la
producción de hortalizas y otras especies vegetales**

*Determination of the most efficient urban and peri-urban production system to produce
vegetables and other plant species*

Fernando Ariel Zapata Urey¹ Mónica Natali²

1. Ingeniero industrial. Máster en Administración de Empresas. Docente de Preparación y Evaluación de Proyectos Gastronómicos; Compras y Almacenes; y Costos en el Departamento Académico de Gastronomía, Universidad Privada del Valle, Cochabamba. fernandozapata00@gmail.com ; <https://orcid.org/0000-0002-3792-4966>
2. Politóloga, Enóloga. Maestría de Segundo Nivel en Estudios de las Políticas Europeas y sistemas Electorales. Directora del Departamento Académico de Gastronomía, Universidad Privada del Valle, Cochabamba. mnatali@univalle.edu ; <https://orcid.org/0000-0003-3326-7134>

RESUMEN

En el presente artículo se exhibirán los resultados experimentales obtenidos en la producción de hortalizas y otras especies vegetales al combinar 3 métodos de producción urbana con 4 especies vegetales, teniendo como objetivos centrales: a) determinar cuál es el sistema de producción agrícola urbana más eficiente; y b) establecer los parámetros técnicos de producción para las

especies agrícolas cultivadas; desarrollando el trabajo de investigación en predios de la Universidad Privada del Valle - Campus Tiquipaya, en la Carrera de Licenciatura en Gastronomía. El trabajo utilizó como material vegetal: tomate manzana (*Solanum lycopersicum*); arveja china (*Pisum Sativum L.*); kale (*Brassica oleracea var. sabellica*); albahaca morada (*Ocimum sanctum L.*). Mientras que los sistemas de producción analizados fueron: pie cuadrado; circular y tradicional, combinando ambos factores a través del modelo experimental: “Diseño de bloques completamente al azar con arreglo de parcelas divididas”. Se obtuvo un total de 12 tratamientos con dos repeticiones. Con la aplicación de este modelo se pudo establecer que, al cabo de 6 meses de trabajo en invernadero, el sistema de producción de pie cuadrado es el que mejor rendimiento productivo, ya que presentó mayores valores de rendimiento por planta.

Palabras clave: Hortaliza. Parcela dividida. Tratamiento.

ABSTRACT

In this paper, the experimental results obtained in the production of vegetables and other plant species will be exhibited, by combining 3 urban production methods with 4 plant species, with the main objectives: a) to determine which is the most efficient urban agricultural production system; and b) to establish technical production parameters for cultivated agricultural species; developing research work at the Universidad Privada del Valle – Tiquipaya Campus, at the Gastronomy Degree Department. The work used as plant material: apple tomato (*Solanum lycopersicum*); Chinese pea (*Pisum Sativum L.*); kale (*Brassica oleracea var. sabellica*); purple basil (*Ocimum sanctum L.*). While the production systems analyzed were: square foot; circular

and traditional, combining both factors through the experimental model: “Design of completely random blocks with divided plots arrangement”. A total of 12 treatments with two repetitions were obtained. With the application of this model, it was established that after 6 months of greenhouse work, the square foot production system is the one with the best productive performance, since it presented higher yield values per plant.

Keywords: Divided plot. Treatment. Vegetable.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas a nivel mundial se ha ido incrementando la población, principalmente en las áreas urbanas, siendo esta más de la mitad. La población urbana del mundo actual alcanza los 3.7 mil millones de personas, que representan el 54% de la población mundial total, y se espera que este número se duplique para el año 2050. Según datos del Banco Mundial (2016) la población urbana en Bolivia alcanza al 69% del total.

Este contexto es muy similar al que vive hoy por hoy el Departamento de Cochabamba, puesto que los centros de producción que incorporaron una agricultura intensiva y mecanizada destinada a la producción de bienes agrícolas como las legumbres y hortalizas son cada vez más alejados de los centros de consumo en la ciudad, esto sumado al descontrolado crecimiento de la mancha urbana y las inclemencias climáticas, ha generado que mengüe la producción agrícola en los centros de producción tradicionales, desarrollando una cultura productiva de dependencia hacia el uso de fertilizantes y productos químicos para el control de plagas y enfermedades en los cultivos, obteniendo por este hecho productos alimenticios cada vez más contaminados.

Así mismo, el Oficial Principal de Producción Vegetal de la FAO, Juan Izquierdo, en América Latina y el Caribe en junio 2006, afirmó que son 2,7 millones de vidas las que podrían ser positivamente afectadas anualmente a través de una mejor nutrición incorporando frutas y verduras. Es decir, el consumo de estos productos es fundamental para la dieta humana y es en los segmentos más pobres donde se ve mayormente marginada, considerando que aquellas personas que viven con entre 3 y 4 dólares diarios, no asignan prioridad al consumo de hortalizas y frutas.

Por tanto, los proyectos relativos a agricultura urbana y periurbana que contemplan la producción, procesamiento y mercadeo de hortalizas y frutas, generan ciertas ventajas para los usuarios, tales como: contar con alimentos frescos, costos competitivos, usar de forma eficiente el agua, mantener parámetros de producción orgánica que además aporten a la diversificación de la dieta y se conviertan en una alternativa sustentable en el tiempo.

En este sentido, el presente trabajo de investigación busca cumplir con dos objetivos centrales: a) Determinar cuál es el sistema de producción agrícola urbana más eficiente, teniendo como variable de comparación principal el rendimiento productivo de cada cultivo estudiado.

b) Establecer los parámetros técnicos de producción para las especies agrícolas cultivadas, para lo cual se empleará como modelo experimental el “Diseño de bloques completamente al azar con arreglo de parcelas divididas”, en donde las parcelas serán los métodos de horticultura urbana y las subparcelas las especies de hortalizas elegidas; mientras que el número de repeticiones definidas será de dos.

METODOLOGÍA

La presente investigación tuvo como base de trabajo al estudio **correlacional**, dado que se deseaba evidenciar el efecto en productividad que tienen los sistemas de producción agrícola en huerto urbano (factor A), con los diferentes cultivos estudiados (factor B), obteniéndose 12 tratamientos, mismos que se detallan en la siguiente tabla:

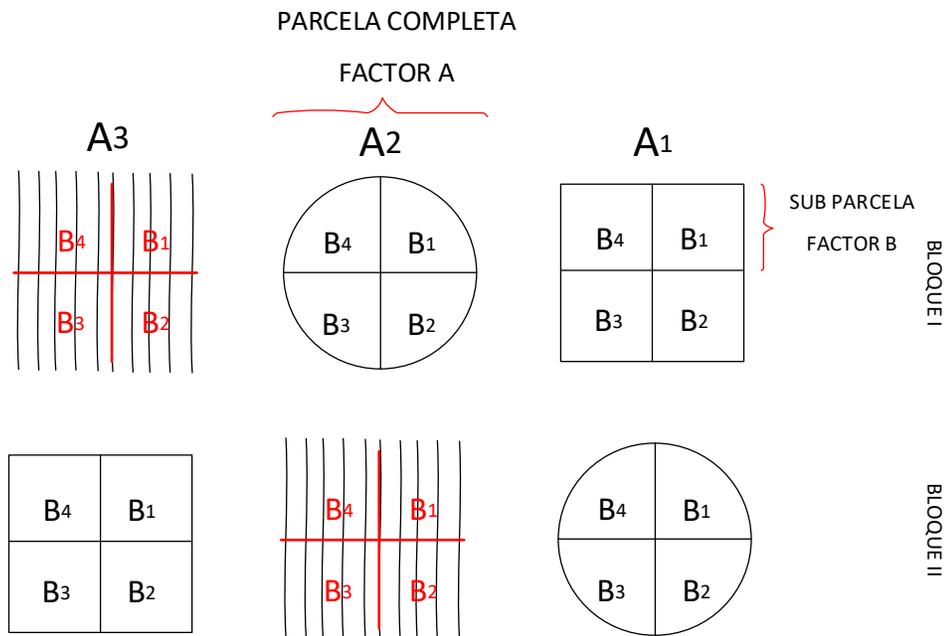


Figura 1. Croquis experimental

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dadas las características de la investigación el enfoque de investigación empleado fue el **cuantitativo**, obteniendo datos de fuente primaria a través del registro de las características de producción básicas como volumen de agua para riego, temperatura y humedad del ambiente, con la información recopilada se procedió a sistematizar la misma para el desarrollo de análisis estadístico.

La metodología de trabajo empleada para la realización del proyecto de investigación completo

contó con 7 etapas puntuales descritas en la figura siguiente:

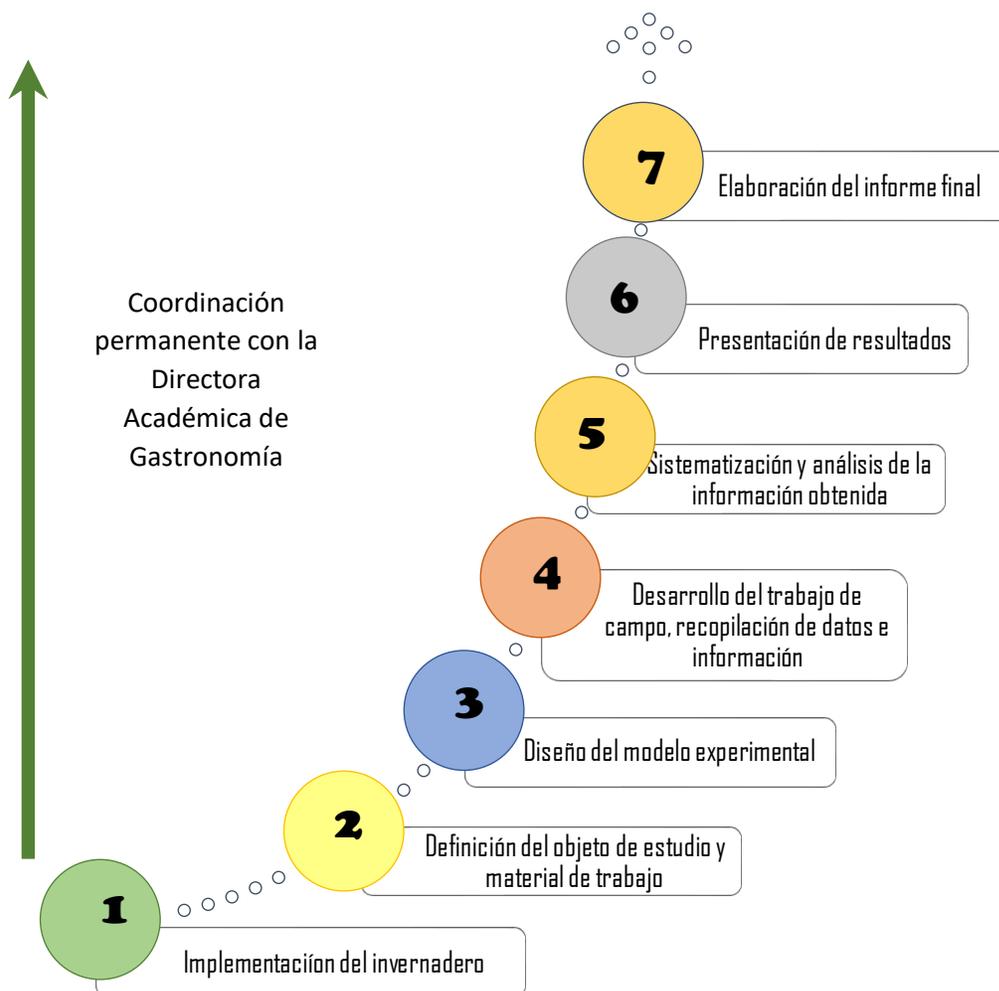


Figura 2. Metodología de trabajo

Fuente: Elaboración propia, 2018.

COMPÁS EMPRESARIAL N° 31

Vol. 10 – 2DO SEMESTRE 2020

ISSN: 2075-8960

Universidad Privada del Valle - Bolivia

<https://doi.org/10.52428/20758960.v10i31.79>

Etapa 1: Implementación del Invernadero

La primera etapa fue concluida al 100% en fecha 30 de septiembre de 2018 con la entrega del invernadero ubicado en la parte posterior de la carrera de Gastronomía en el campus Tiquipaya, cuyas coordenadas son: Latitud: 17°19'46.44"S; Longitud: 66°13'29.66"O, tal como se aprecia en la figura siguiente:



Figura 3. Ubicación invernadero – Proyecto de investigación

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Las características del invernadero construido son las siguientes:

Detalle Constructivo	Descripción/valor
Dimensiones	6 x 18 m
Altura a la 1era viga	3 m
Altura máxima	4,10 m
Zapatas de H°A°	0,25 x 0,25 x 0,60 m
Nro. de Columnas laterales	14
Dimensión unitaria de columna lateral	2” x 4” x 3 m
Material	Madera dura – Almendrillo
Nro. de Columnas centrales	3
Dimensión unitaria de columna lateral	2” x 4” x 4,10 m
Material	Madera dura – Almendrillo
Nro. de cerchas para soporte de techo:	7
Puertas de acceso	2
Dimensiones de puertas de acceso	0,80 x 1,80 m

Tabla 1. Detalles constructivos de invernadero

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En cuanto al diseño de arquitectónico de la nave de producción (invernadero), la figura siguiente nos presenta 3 vistas de la infraestructura empleada modeladas en 3 dimensiones:

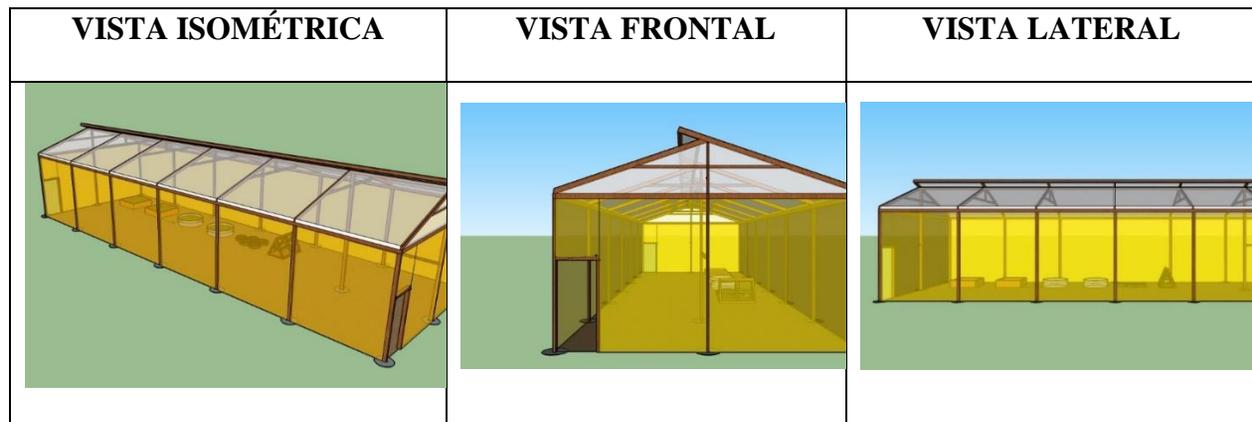


Figura 4. Vistas en 3D del invernadero

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cabe mencionar que las paredes laterales del invernadero están forradas por polietileno agrícola, llamado comercialmente Agrofilm, con un espesor de 200 micrones, color amarillo cubriendo un área de 108 m².

Etapas 2: Definición del objeto de estudio y material de trabajo

Objeto de estudio

La relación que existe entre el desarrollo productivo de 4 especies de hortalizas y los sistemas de producción urbana empleados para su desarrollo, estableciendo en base a esta relación qué sistema productivo es el más adecuado en términos de productividad, uso racional de agua y espacio empleado.

Material de trabajo

El material empleado para el desarrollo de la investigación se detalla en la tabla siguiente:

INSUMOS

Cantidad	Unidad	Descripción
3	m ³	Lama negra
2	m ³	Tierra vegetal
1	m ³	Aserrín o viruta menuda
10	kilogramo	Humus de lombriz
5	Litro	Lixiviado de humus de lombriz
4	unid	Tablones de madera 1,25 m x 30cm
4	unid	Tablones de madera 1,20 m x 30cm
8	metro	Plástico 100-120 micrones
1	rollo	Malla de gallinero
7	litros	Caldo sulfocálcico
6	plantín	Tomate manzana
54	semilla	Arveja china
12	plantín	Albahaca morada
6	plantín	Kale

HERRAMIENTAS

Cantidad	Unidad	Descripción
2	unid	Regaderas plásticas de 6 lts
1	unid	Pala
1	unid	Azadones
1	unid	Picota (Agrícola)
1	unid	Rastrillos metálicos

2	unid	kit de jardinería tramontina de 3 piezas (2 palas y 1 rastrillo pequeños)
1	unid	Tanque de agua, 650 litros
2	unid	Termohidrometro
12	unid	Frascos de vidrio con tapa de (200 ó 250 ml)
1	unid	Atomizador de 5 litros

Tabla 2. Materiales empleados para el proceso de la investigación

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Sistemas de producción – huerto urbano

Los sistemas de agricultura urbana utilizados como base de experimentación fueron el sistema de pie cuadrado y el sistema circular, siendo el testigo de experimentación el sistema de producción tradicional. Las características de los sistemas empleados se detallan en la siguiente tabla:

Nro.	Sistema a implementar	Principal característica	Fotografía
1	Pie cuadrado	<i>Sistema de producción en camas de cultivo que utiliza una superficie mínima de 1 pie², cuyos lados no deben superar los 1,20 m²; siendo las dimensiones sugeridas de 0,60 x 0,60 m; 0,90 x 0,90 m; o 0,90 x 1,20 m. El sistema por su naturaleza permite reducir el trabajo en el huerto (menos maleza) y optimizar la cantidad de agua empleada en el riego de hasta un 50%.</i>	

Nro.	Sistema a implementar	Principal característica	Fotografía
2	Circular	<i>Huerto intensivo permanente construido en forma circular, que permite un fácil acceso para trabajar con todas las plantas sembradas en su interior. Una de las principales bondades del método es que posee un sustrato muy rico en nutrientes, gracias a la incorporación de materia orgánica, permitiendo producir hortalizas por espacios de 3 a 5 años solo adicionando algo de abono orgánico cada 4 meses aproximadamente.</i>	
3	Huerta en surcos - Tradicional	<i>En este sistema las áreas de siembra y definen según el tipo de cultivo que se quiere establecer y al espacio disponible, estas áreas son conocidas como “camas de siembra”, las cuales favorecen al buen drenaje y aireación del suelo, reduciendo las condiciones para el desarrollo de enfermedades.</i>	

Tabla 3. Características de los sistemas de producción empleados en el proyecto de investigación

Fuente: Elaboración propia en base a información extraída de Catálogo de agricultura – GAM Cochabamba, 2018.

Material Vegetal

Como parte del proceso de investigación y del modelo experimental, se decidió utilizar 4 especies diferentes de hortalizas de alto valor comercial descritas a continuación:

Nro.	Nombre comercial	Nombre científico
1	Tomate manzana	<i><u>Solanum lycopersicum</u></i>
2	Arveja china	<i><u>Pisum sativum L.</u></i>
3	Albahaca morada	<i><u>Ocimum sanctum L.</u></i>
4	Kale	<i><u>Brassica oleracea var. sabellica</u></i>

Tabla 4. Material genético a utilizarse en la investigación

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Preparación de sustrato

Una vez armados los diferentes sistemas, se procedió con la preparación del sustrato, que es básicamente la superficie en la que las diferentes especies de hortalizas vivirán y se desarrollarán, para ello se mezcló homogéneamente diferentes tipos de tierra, cuya composición y forma de preparación se detallan a continuación:

Detalle	Composición	Cantidad por m ³ (1 m ³ = 12 carretillas de construcción aproximadamente)
Formulación del sustrato	25% tierra vegetal	0,25 m ³ (3 carretillas)
	25% tierra agrícola	0,25 m ³ (3 carretillas)
	25% turba	0,25 m ³ (3 carretillas)
	25% lama amarilla	0,25 m ³ (3 carretillas)

Tabla 5. Composición del sustrato

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dimensionamiento de las áreas de producción

Ya implementados los sistemas de producción, se dimensionaron las diferentes áreas de cultivo para investigación, asignando un código específico para cada sección de invernadero, tal como se detalla a continuación:

Área de Trabajo	Bloque/Parcela	Dimensión cultivable (m)	Superficie (m ²)	Código de ubicación
Área de investigación	Bloque A/Pie cuadrado	1,25 x 1,19	1,49	PC-A
Área de investigación	Bloque B/Pie cuadrado	1,25 x 1,19	1,49	PC-B
Área de investigación	Bloque A/Huerto circular	Ø = 1,60	2,01	HC-A
Área de investigación	Bloque B/Huerto circular	Ø = 1,60	2,01	HC-B
Área de investigación	Bloque A/Cultivo Tradicional	1,80 x 1,56	2,81	PT-A
Área de investigación	Bloque B/Cultivo Tradicional	1,80 x 1,56	2,81	PT-B

Tabla 6. Dimensionamiento de las áreas de producción

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Etapa 3: Diseño del modelo experimental

El modelo experimental utilizado fue el de **diseño de bloques completamente al azar**, con arreglo de parcelas divididas, en donde las parcelas fueron **los métodos de horticultura urbana** y las subparcelas **las especies de hortalizas** elegidas; mientras que el número de repeticiones definidas fue de dos.

Siendo la hipótesis nula la siguiente: *“Los efectos de los tratamientos (T) son todos iguales”*; mientras que la hipótesis alterna fue que *“Hay al menos un efecto de tratamiento que es diferente a los demás”*.

Así mismo, el modelo aditivo lineal empleado durante el desarrollo de trabajo experimental se describe a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor estimado de la variable

μ = Media general

ρ_i = Efecto de los bloques

α_j = Efecto del factor A

β_k = Efecto del factor B

$(\alpha\beta)_{jk}$ = Efecto de la interacción AB

ϵ_{ijk} = Efecto del error experimental

i: iésimo bloque

j: jotaésimo factor A

k: Kaésimo factor B

Para fines de este modelo, se ha considerado 2 factores de análisis que formaran parte del modelo experimental descritos a continuación:

A. Métodos de horticultura urbana:

- a₁ Método Pie Cuadrado (PC)
- a₂ Método Huerto Circular (HC)
- a₃ Método Tradicional (TT)

B. Especies de hortalizas:

- b₁ Tomate manzana, *Solanum lycopersicum*
- b₂ Albahaca morada, *Ocimum sanctum L.*
- b₃ Arveja china, *Pisum sativum L.*
- b₄ Kale, *Brassica oleracea var. sabellica*

Los dos factores (métodos de horticultura urbana – especies de hortalizas) combinados dieron un total de 12 tratamientos, mismos que se detallan en la siguiente tabla:

Tratamiento	Combinación	Método de horticultura urbana	Especie de hortaliza
1	a1b1	Pie cuadrado	Tomate manzana
2	a1b2	Pie cuadrado	Albahaca morada
3	a1b3	Pie cuadrado	Arveja china
4	a1b4	Pie cuadrado	Kale
5	a2b1	Huerto circular	Tomate manzana
6	a2b2	Huerto circular	Albahaca morada
7	a2b3	Huerto circular	Arveja china
8	a2b4	Huerto circular	Kale
9	a3b1	Huerto tradicional	Tomate manzana
10	a3b2	Huerto tradicional	Albahaca morada
11	a3b3	Huerto tradicional	Arveja china
12	a3b4	Huerto tradicional	Kale

Tabla 7. Combinación de tratamientos

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Etapas 4: Desarrollo del trabajo de campo, recopilación de datos e información

Para el registro de los datos que se fueron obteniendo durante todo el proceso de investigación, se implementaron las diferentes especies de hortalizas en los sistemas de producción de huerto urbano bajo el siguiente detalle:

COMPÁS EMPRESARIAL N° 31

Vol. 10 – 2DO SEMESTRE 2020

ISSN: 2075-8960

Universidad Privada del Valle - Bolivia

<https://doi.org/10.52428/20758960.v10i31.79>

Cultivo	Siembra directa		Fecha de almacigado	Nro. de días de vida del plantín aprox.	Fecha de siembra o trasplante	Ubicación	Nro. de semillas y/o plantas trasplantadas
Tomate manzana	SÍ		S/D	45	11/01/2019	PC-A1	1
<i>Solanum lycopersicum</i>	No	x		45		HC-A1	1
				60		PT-A1	1
				45		PC-B1	1
				45		HC-B1	1
				60		PT-B1	1
Arveja china	Sí	X	S/D	0	11/01/2019	PC-A2	9
<i>Pisum sativum L.</i>	No			0		HC-A2	9
				0		PT-A2	9
				0		PC-B2	9
				0		HC-B2	9
				0		PT-B2	9
Albahaca morada	Sí		S/D	21	11/01/2019	PC-A3	2
<i>Ocimum sanctum L.</i>	No	X		21		HC-A3	2
				21		PT-A3	2
				21		PC-B3	2

Cultivo	Siembra directa		Fecha de almacigado	Nro. de días de vida del plantín aprox.	Fecha de siembra o trasplante	Ubicación	Nro. de semillas y/o plantas trasplantadas
				21		HC-B3	2
				21		PT-B3	2
Kale	Sí	X		21		PC-A4	1
<u><i>Brassica oleracea var. sabellica</i></u>	No			21		HC-A4	1
			S/D	21	11/01/2019	PT-A4	1
				21		PC-B4	1
				21		HC-B4	1
				21		PT-B4	1

Tabla 8. Detalle de hortalizas implementadas en el área de investigación

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El periodo de observación y registro del crecimiento y comportamiento vegetativo de las especies estudiadas fue de 150 días calendario, comenzando el 11/01/2019, y concluyendo el 10/06/2019, para esta etapa se emplearon diferentes herramientas de recolección de datos como planillas de registro y/o planillas de control, cuyo detalle se presenta en la tabla siguiente:

N°	Herramienta	Objetivo	Variables de control
1	Planilla de control de plagas y enfermedades	Realizar el registro de los productos orgánicos aplicados para el control de plagas y enfermedades, por tipo de producto, dosis y fecha de aplicación.	Cultivo
			Ubicación
			Fecha de Aplicación
			Producto aplicado
			Dosis Aplicada
2	Planilla de registro de fertilización	Realizar el registro de los productos orgánicos empleados para la fertilización de los cultivos, por tipo de producto, dosis y fecha de aplicación.	Cultivo
			Ubicación
			Fecha de Aplicación
			Producto aplicado
			Dosis Aplicada
3	Planilla de riego	Realizar el registro del volumen de agua de riego empleado por cultivo, temperatura y humedad del ambiente.	Cultivo
			Ubicación
			Fecha de riego
			Volumen de agua empleado por riego
			Hora de ingreso/Hora de salida
			Temperatura entrada/salida
			Humedad entrada/salida

Tabla 9. Herramientas de recolección de datos e información

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El registro de datos e información fue realizado manualmente, a través del llenado de las 3 planillas de control elaboradas para tal fin.

Etapas 5: Sistematización y Análisis de la información obtenida

El proceso de sistematización y análisis de información obtenida durante la fase experimental se desarrolló utilizando la hoja electrónica MS-Excel 2013 y el Programa de Análisis Estadístico InfoStat versión 2015. Finalmente, para las etapas 6 y 7, se elaboró un informe detallado con todas las actividades desarrolladas durante el proceso de investigación.

RESULTADOS

Después de 5 meses de crecimiento y producción de los diferentes cultivos estudiados bajo el sistema de producción de huerto urbano, se obtuvieron los siguientes resultados:

Control de Plagas y Enfermedades

Los cultivos investigados bajo sistemas de producción en huerto urbano tuvieron un total de **5 aplicaciones** de bioinsecticidas y biofungicidas permitidos en producción orgánica en diferentes fechas durante el ciclo productivo de las hortalizas cultivadas en el invernadero, con un intervalo de aplicación de 14 a 21 días, siendo los productos utilizados los siguientes:

PRODUCTO APLICADO	DOSIS APLICADA	USOS PREVENTIVOS
Caldo Bordelés	3 l/1 l de agua	Es un fungicida cuprocálcico con un amplio campo de acción y eficaz contra un gran número de enfermedades fungosas.
Caldo sulfocálcico	0,5 l/20 l de agua	El caldo sulfocálcico o polisulfuro de calcio, después de la aspersión en la superficie foliar, se convierte rápidamente en azufre elemental con una excelente acción fungitóxica.

PRODUCTO APLICADO	DOSIS APLICADA	USOS PREVENTIVOS
Mezcla de ajo y jengibre	1 l/5l de agua	Mezclas utilizadas principalmente para repeler vectores y otros insectos, gracias a los componentes activos con los que cuenta, principalmente, el ajo que tiene una acción insecticida comprobada.
Mezcla de ajo, cebolla y locoto	1 l/5l de agua	

*Tabla 10. Productos empleados en la prevención de plagas y enfermedades**Fuente: Elaboración propia en base a pruebas de dosificación en invernadero. 2019.*

El resumen de las aplicaciones de los productos mencionados, se detallan en el cuadro y gráfico siguientes:

PRODUCTO APLICADO	FECHA DE APLICACIÓN					Total de aplicaciones
	18/01/2019	04/02/2019	27/02/2019	22/03/2019	13/05/2019	
Caldo Bordelés				1		1
Caldo sulfocálcico	1		1		1	3
Mezcla de ajo, cebolla y locoto		1				1
Total	1	1	1	1	1	5

*Cuadro 1. Resumen de aplicaciones de productos orgánicos para el control de plagas y enfermedades**Fuente: Elaboración propia, 2019.*

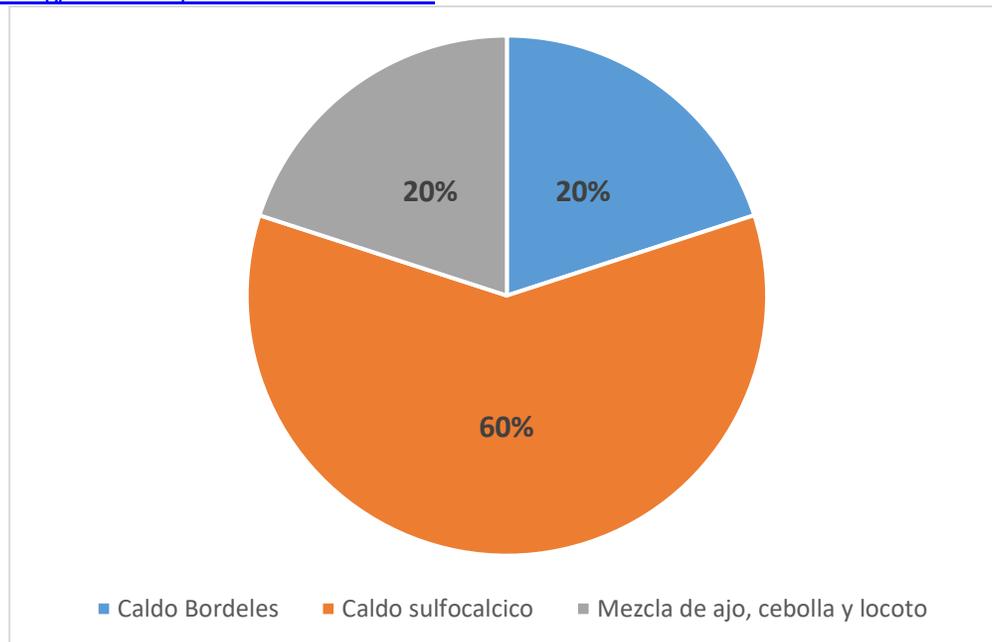


Figura 5. Relación de uso - bioinsecticidas y biofungicidas

Fuente: Elaboración propia. 2019.

Como se aprecia en el gráfico anterior, un 60% del total de aplicaciones se lo realizó con caldo sulfocálcico, debido principalmente a su efectividad en la prevención de aparición de hongos y como un excelente repelente de insectos, gracias a ello no se detectó la presencia de ningún tipo de plaga o enfermedad que afectase a los cultivos estudiados.

Fertilización

Como parte del proceso de fertilización del sustrato que sirve de soporte esencial a las hortalizas cultivadas en el invernadero, además de mejorar y fortalecer a las plantas a través de la incorporación de nutrientes (macro y micro), se empleó 2 productos que cumplen perfectamente con este propósito, además de ser de origen 100% orgánico, dichos productos son el Humus de

lombriz y el lixiviado de humus de lombriz cuya dosificación para aplicación y características principales se resumen en el cuadro siguiente:

PRODUCTO APLICADO	DOSIS APLICADA	DESCRIPCIÓN Y UTILIDAD
Humus de lombriz	150 g/m ²	Abono ecológico de gran calidad, se genera con los excrementos de las lombrices . Es un abono natural muy rico en nutrientes para usar en el cultivo de nuestro huerto o en el jardín, ya que tiene flora microbiana con nitrógeno, potasio y fósforo.
Lixiviado de humus de lombriz	100 ml/20 l de agua	Fertilizante líquido orgánico contiene todos los elementos o nutrientes mayores de Nitrógeno, Fósforo, y Potasio; así como, de los elementos o nutrientes menores de Zinc, Hierro, Cobre, Manganeso, Molibdeno, Boro, Calcio, Magnesio, Azufre y Sodio, siendo abono ideal para su aplicación en todos los cultivos, ya sea por medio del riego o por aplicación en forma foliar, que resulta de la dilución de los elementos más aprovechables y solubles en el agua.

Tabla 11. Fertilizantes orgánicos

Fuente: Elaboración propia en base a pruebas de dosificación en invernadero, 2019.

El proceso de fertilización de todas las plantas al interior del invernadero se llevó a cabo en 3 diferentes fechas con un espacio de aplicación promedio de 60 días.

Riego

Sin duda el proceso de riego fue una de las tareas más largas durante el ciclo productivo de las hortalizas cultivadas bajo invernadero, registrándose un total de 38 días de riego con un intervalo de 1,5 días y una duración promedio de 1 hora por aplicación, haciendo un total de 570 litros por especie cuyos detalles se presentan en el cuadro siguiente:

CULTIVO	Sistema de Huerto urbano	Consumo de agua total (litros)	Nro. de días con riego	Consumo promedio de agua (litros/día)	Nro. de plantas total	Consumo promedio de agua (litros/planta)	Superficie (m ²)	Consumo promedio de agua (litros/m ²)
Albahaca morada	Huerto circular	228	38	6	4	57	2,01	113
	Pie Cuadrado	114	38	3	4	29	1,49	77
	Producción Tradicional	228	38	6	4	57	2,81	81
Total Albahaca M.		570						
Arveja China	Huerto circular	228	38	6	18	13	2,01	113
	Pie Cuadrado	114	38	3	18	6	1,49	77
	Producción Tradicional	228	38	6	18	13	2,81	81

Total Arveja								
China		570						
Kale	Huerto circular	228	38	6	2	114	2,01	113
	Pie Cuadrado	114	38	3	2	57	1,49	77
	Producción Tradicional	228	38	6	2	114	2,81	81
Total Kale		570						
Tomate manzana	Huerto circular	228	38	6	2	114	2,01	113
	Pie Cuadrado	114	38	3	2	57	1,49	77
	Producción Tradicional	228	38	6	2	114	2,81	81
Total Tomate M.		570						

Tabla 12. Principales datos de riego por cultivo

Fuente: Elaboración propia en base a datos recopilados durante el proceso de riego. 2019.

El detalle de consumo de agua por tipo de sistema de huerto urbano se describe en el gráfico siguiente:

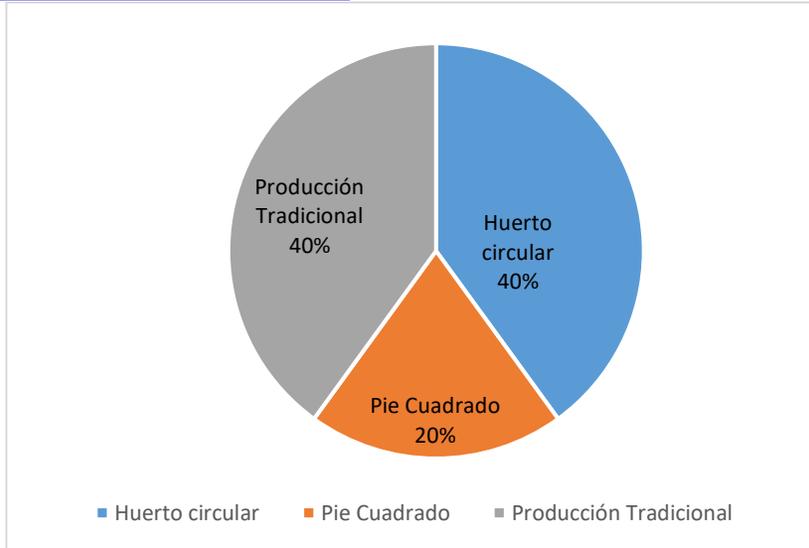


Figura 6. Consumo de agua por sistema (porcentaje)

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de las planillas de control de riego, 2019.

Como se aprecia en el gráfico, el sistema de Pie cuadrado es más eficiente en cuanto al consumo de agua, ya que solamente se utilizó el 20% del total de agua de riego, siendo el tomate y el kale las hortalizas con mayor requerimiento de líquido, tal como se aprecia en el gráfico siguiente:

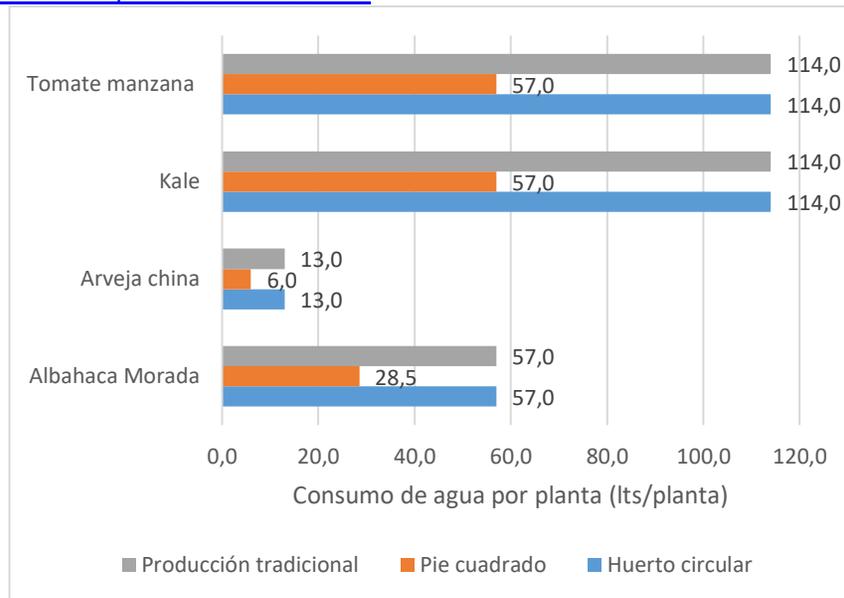


Figura 7. Consumo de agua por especie (litros)

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de las planillas de control de riego, 2019.

Temperatura

Uno de los factores decisivos en el crecimiento y desarrollo de las plantas fue la temperatura del ambiente. En el caso del invernadero, gracias al ambiente controlado se pudo trabajar a una temperatura mínima de 16,5 °C y una máxima de 33 °C, siendo la temperatura promedio durante gran parte del día 23,5 °C, tal como se puede apreciar en el gráfico siguiente:

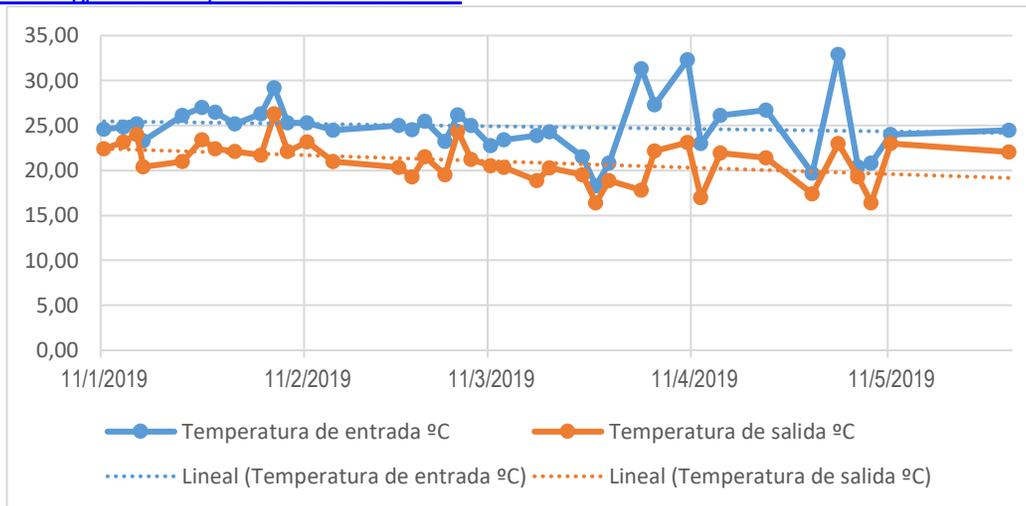


Figura 8. Variación de temperatura

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de las planillas de control de riego, 2019.

Humedad relativa

Al igual que la temperatura, la humedad del ambiente tomó un papel importante en el desarrollo de los cultivos para el caso específico del presente proyecto de investigación la humedad interna mínima registrada fue de 21,50%, mientras que la humedad máxima registrada fue de 79%, tal como se aprecia en el gráfico siguiente:

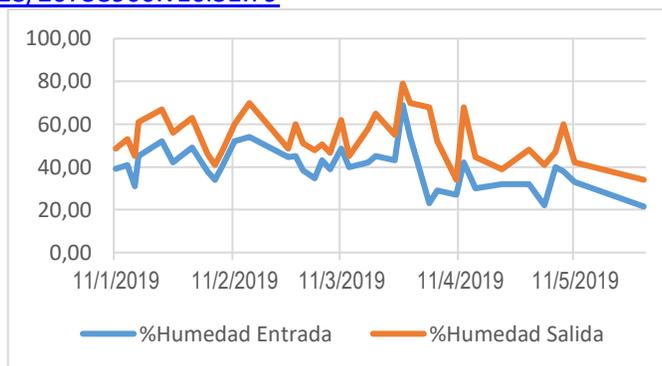


Figura 9. Humedad relativa del ambiente al interior del invernadero

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de las planillas de control de riego, 2019.

Crecimiento vegetativo

Al igual que los parámetros de humedad y temperatura, se realizó un control del crecimiento vegetativo de los cultivos investigados obteniendo se los siguientes resultados:

Especie	Fechas de control			Promedio de crecimiento (cm/día)
	18/01/2019	30/01/2019	08/02/2019	
	Altura (cm)	Altura (cm)	Altura (cm)	
Tomate manzana	15,08	24,92	29,67	1,41
Arveja china	1,67	8,17	13,33	0,63
Albahaca morada	0,00	2,58	7,42	0,35
Kale	7,92	10,00	13,33	0,63

Tabla 13. Resultados de crecimiento por cultivo

Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo, 2019.

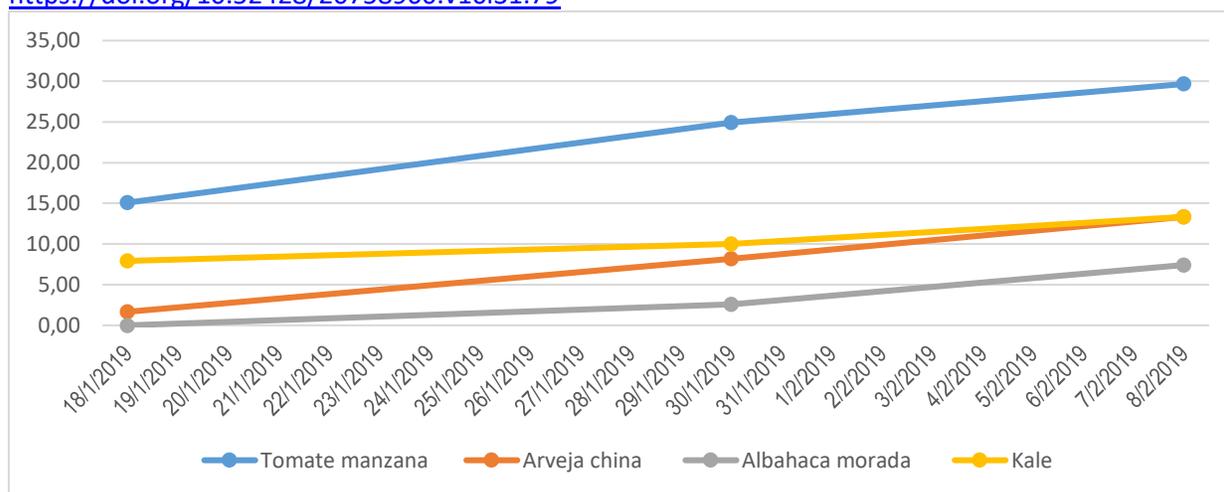


Figura 10. Perfil de crecimiento vegetativo por cultivo

Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo, 2019.

Como se aprecia en la cuadro y figura previos, luego de un periodo de observación de 21 días, se estableció que el cultivo que presenta un crecimiento más acelerado en relación al resto es el tomate manzana creciendo en promedio 1,41 cm por día, hecho justificable por el tipo de planta y la especie de la misma, siendo la que cuenta con mayor envergadura en relación al resto de hortalizas estudiadas, el opuesto de este cultivo es la albahaca morada que solo crece por día un promedio de 0,35 cm.

Cosecha

El proceso de producción de cada uno de los cultivos investigados y otros incluidos en el invernadero, tuvieron como actividad final la cosecha de los mismos, alcanzando un total de aproximadamente 112 kg de producto distribuido entre las diferentes hortalizas cultivadas según el siguiente detalle:

Cultivo	Parámetros de cosecha		
	Total (kg)	Nro. de cosechas	Nro. de días a la primera cosecha
Albahaca morada	0,08	1	60
Arveja china	1,21	3	60
Brócoli	15,10	3	80
Kale	9,10	3	49
Tomate cherry	1,70	2	82
Tomate manzana	77,60	6	82
Lechuga	7,00	1	42

Tabla 14. Resultados de cosecha por cultivo al 10/06/19

Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo, 2019.

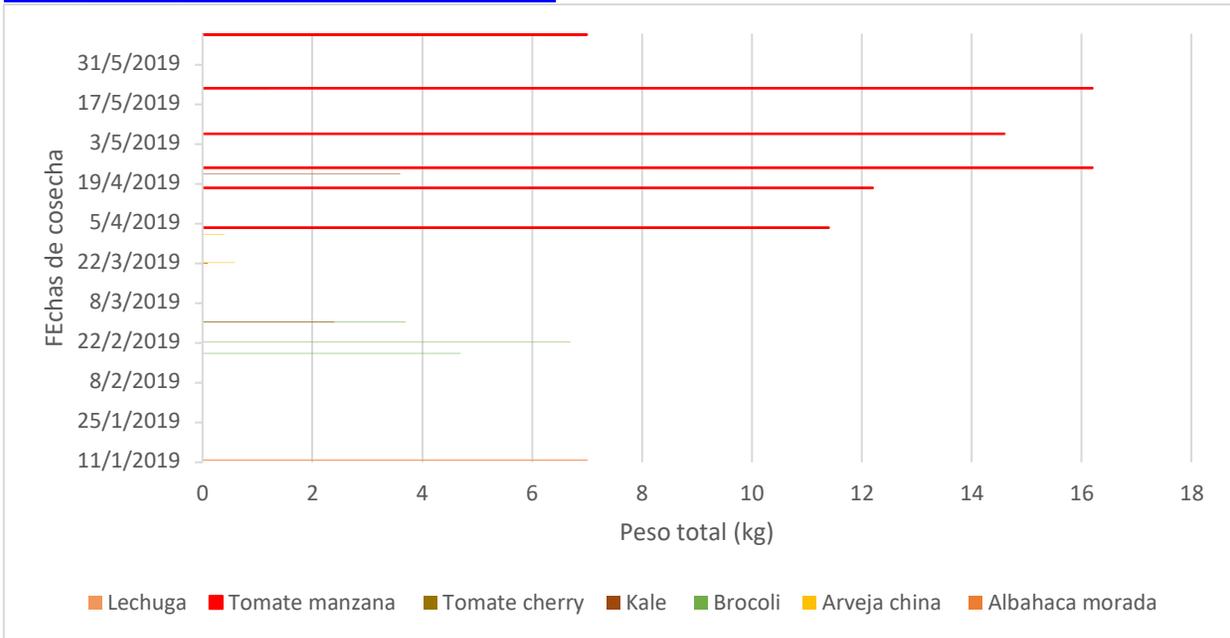


Gráfico 1. Resultados de cosecha por cultivo y fecha

Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo, 2019.

Como se aprecia en el gráfico, el tomate es el cultivo con mayor número de cosechas por planta llegando a cosecharse hasta el 10/06/19 un total de 6 veces, con un promedio de 13 kg de tomate por cosecha.

Resultados del análisis experimental

Para el análisis de los datos obtenidos durante el proceso de investigación se empleó el software INFOSTAT, acondicionando el modelo experimental para un mejor trabajo de la siguiente forma:

Parcela Grande	Bloque\Sistema*Bloque
	Sistema\Sistema*Bloque
	Sistema*Bloque
Parcela pequeña	Especie
Interacción	Especie *Sistema

Una vez ajustado el modelo se procedió a realizar el análisis de varianza para las variables independientes y para la interacción entre el sistema de producción en huerto urbano y la especie de hortaliza analizada, obteniéndose los siguientes resultados:

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	10,8	11	0,98	4,58	0,0001	
Bloque	0,48	2	0,24	Sd	sd	(Sistema*Bloque)
Sistema	0	0	0	Sd	sd	(Sistema*Bloque)
Sistema*Bloque	0	0	0	Sd	sd	
Especie	9,77	3	3,26	15,2	<0,0001	
Especie*Sistema	0,54	6	0,09	0,42	0,8611	
Error	12,86	60	0,21			
Total	23,65	71				

Tabla 15. Análisis de Varianza SC tipo I

Fuente: Elaboración propia, 2019.

COMPÁS EMPRESARIAL N° 31

Vol. 10 – 2DO SEMESTRE 2020

ISSN: 2075-8960

Universidad Privada del Valle - Bolivia

<https://doi.org/10.52428/20758960.v10i31.79>

Como se observa en el cuadro, el p-valor para la interacción especie por sistema no dio satisfactorio, es decir, que para el desarrollo de las diferentes especies producidas la incidencia del sistema de producción no es significativa (hipótesis nula), bajo el modelo propuesto.

Sin embargo, ampliando el análisis y luego de realizar el Test de Duncan como método de comparación de las medias de los factores analizados: Especie y Sistema tenemos:

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: NAN gl: 0

Sistema	Medias	n	E.E.
PC	0,45	24	0 A
HC	0,36	24	0 A
PT	0,25	24	0 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,2143 gl: 60

Especie	Medias	n	E.E.
Tomate			
manzana	0,88	18	0,11 A

COMPÁS EMPRESARIAL N° 31

Vol. 10 – 2DO SEMESTRE 2020

ISSN: 2075-8960

Universidad Privada del Valle - Bolivia

<https://doi.org/10.52428/20758960.v10i31.79>

Kale	0,51	18	0,11	B
Arveja china	0,01	18	0,11	C
Albahaca morada	0,01	18	0,11	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,2143 gl: 60

Sistema	Especie	Medias	n	E.E.			
PC	Tomate manzana	1,1	6	0,19	A		
HC	Tomate manzana	0,83	6	0,19	A	B	
PT	Tomate manzana	0,71	6	0,19	A	B	
PC	Kale	0,67	6	0,19	A	B	
HC	Kale	0,58	6	0,19	A	B	C
PT	Kale	0,27	6	0,19		B	C
PC	Arveja china	0,01	6	0,19			C
HC	Arveja china	0,01	6	0,19			C
PC	Albahaca morada	0,01	6	0,19			C
HC	Albahaca morada	0,01	6	0,19			C
PT	Albahaca morada	0,01	6	0,19			C

COMPÁS EMPRESARIAL N° 31

Vol. 10 – 2DO SEMESTRE 2020

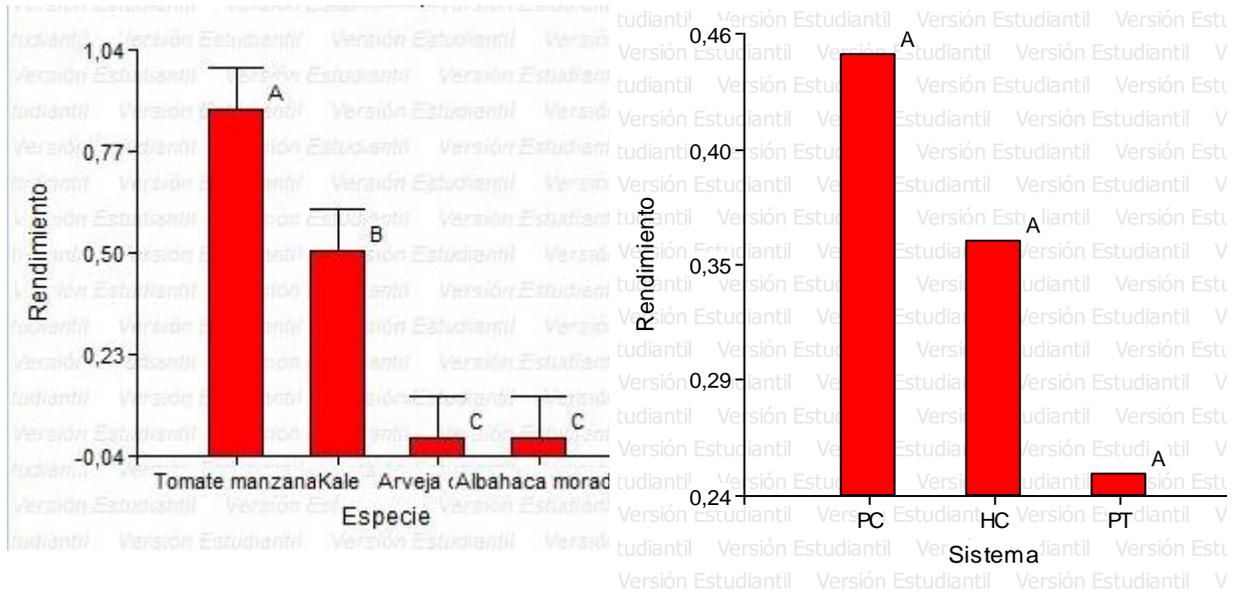
ISSN: 2075-8960

Universidad Privada del Valle - Bolivia

<https://doi.org/10.52428/20758960.v10i31.79>

PT	Arveja china	0,01	6	0,19			C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)							

Determinando los valores de las medias para las especies de hortalizas analizadas y los sistemas de producción, se pudo obtener los siguientes datos para los factores de forma independiente y para la interacción:



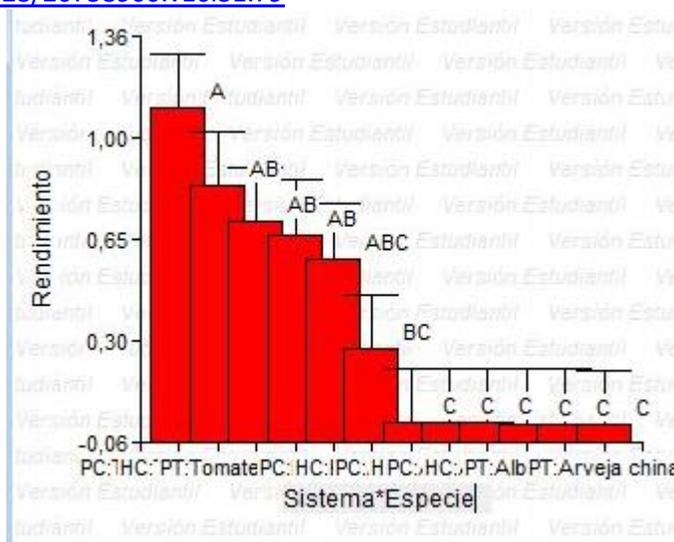


Figura 11. Resultados del test de Duncan

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se puede apreciar en la figura, el sistema de producción de Pie cuadrado es el que mejor rendimiento productivo presenta para los cultivos probados como parte del estudio de investigación, para entender esto con mayor detalle se preparó el siguiente gráfico de interacción:

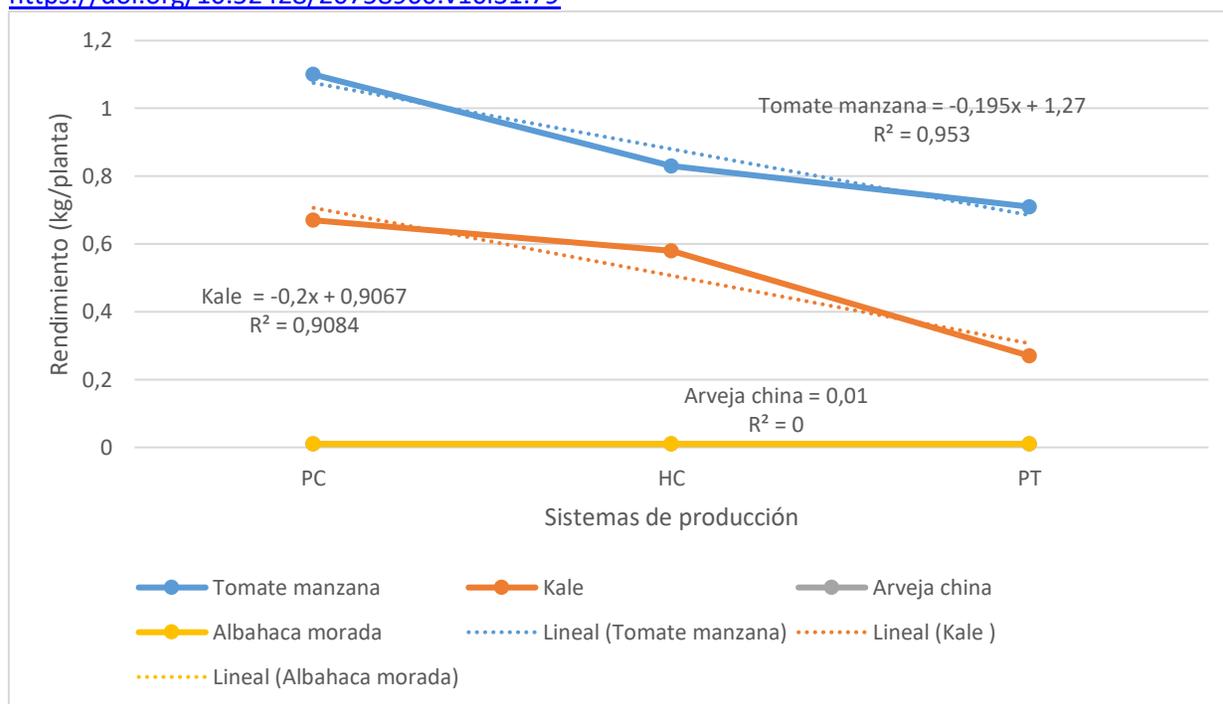


Figura 12. Relación del rendimiento por especie en función al sistema de producción

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se aprecia en la figura, tanto para el kale como para el tomate, la producción bajo el sistema de Pie cuadrado presentó mayores valores de rendimiento por planta, mientras que para la arveja china y la albahaca morada el sistema de producción es indiferente.

DISCUSIÓN

Como se estableció en los resultados del análisis experimental, y dado que el p –valor (0,8611) de la interacción especies por sistema no dio significativa, hace pensar que la hipótesis nula es correcta. Sin embargo, ampliando el análisis con el Test Duncan con un valor de significancia de 0,05, se pudo establecer que en el análisis Sistema por especie, el método de producción Pie

cuadrado presenta los mejores valores de rendimiento, tal como se verifica en la figura N° 11 del presente documento, por lo que podemos concluir que el sistema de producción más eficiente y con mejores rendimientos es el sistema de huerto urbano **Pie cuadrado**.

Un tema importante a destacar en el experimento es que, si bien en el análisis se consideraron 4 especies de hortalizas distintas como variables de clasificación, las especies seleccionadas no eran homogéneas en cuanto al tiempo de producción, cantidad de plantas por bloque, rendimiento productivo o forma de siembra, por lo que sería interesante repetir el experimento empleando especies más afines o variedades de una misma especie.

Finalmente, mencionar que si bien los parámetros de temperatura promedio (23,5 °C), humedad relativa (21,50 – 79%) y riego por cada tratamiento fueron iguales y, de hecho, estas variables permitieron homogenizar las condiciones climáticas para el desarrollo de los cultivos, sería necesario realizar comparaciones futuras, combinando, por ejemplo, los sistemas x, especies x temperatura, para evidenciar cuál sería la incidencia de este factor en el rendimiento de los cultivos analizados.

CONCLUSIONES

El trabajo de investigación llevado a cabo cuyos principales resultados se presentaron en el apartado 6 del presente documento, conllevó diferentes parámetros de análisis e interpretación, así mismo permitió establecer con certeza las condiciones productivas de diferentes cultivos en ambiente controlado, en este contexto se presenta las siguientes conclusiones:

- Se ha logrado implementar al 100 % un invernadero de 108 m² (6 x 18 m) en predios de la Universidad Privada del Valle, acondicionado para la producción intensiva de diferentes tipos de hortalizas.
- Durante todo el ciclo productivo de los cultivos estudiados se evitó el uso de agentes químicos en el control de plagas y enfermedades, siendo el producto más utilizado en el control de hongos el caldo sulfocálcico, cuya dosis de aplicación fue de 0,5 litros de producto por 20 litros de agua, así mismo se empleó en menor proporción caldo bordelés y preparados orgánicos de ajo, jengibre, cebolla y locoto.
- La fertilización de los diferentes cultivos se la realizó esencialmente con humus de lombriz y su lixiviado, presentando muy buenos resultados en términos productivos.
- En total durante los casi 6 meses de producción se emplearon aproximadamente 570 litros de agua para los sistemas de producción en huerto urbano, siendo el tomate y el kale los cultivos más exigentes en cuanto a este elemento.
- El rango de temperatura al interior del invernadero con el que se trabajó durante todo el ciclo productivo fue de 16,5 a 33 °C.
- El rango de humedad al interior del invernadero fue de 21,5% a 79%, hecho que permitió una producción homogénea para los diferentes sistemas de huerto urbano estudiados
- El tomate manzana fue el cultivo que presentó un mayor crecimiento vegetativo, desarrollándose en promedio a una tasa de 1,41 cm por día. Por otro, la albahaca morada fue el cultivo con la menor tasa de crecimiento, registrando un valor de 0,35 cm por día.
- Durante el ciclo productivo se lograron cosechar un total de 112 kg de las diferentes hortalizas cultivadas al interior del invernadero de los cuales 77,6 kg corresponde

únicamente al tomate manzana que representa un 69% de la producción total, sin embargo, se debe mencionar que con relación al resto de hortalizas el tomate tuvo mayor número de días de cosecha y el peso relativo de sus frutos son mucho mayores a las vainas de arveja o a las hojas de albahaca, kale o lechuga.

- Realizado el análisis estadístico para los 4 sistemas de producción en huerto urbano, se determinó que el sistema “Pie Cuadrado”, resultó ser el más eficiente en términos de consumo de agua y volumen de producción, presentando los mejores valores de rendimiento para los 4 cultivos estudiados.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a los estudiantes que colaboraron en la ejecución de este proyecto: Candy Rojas Rondo, Faviola Nicole Vergara Prado, Carmen Díaz Quisbert, María Elena Huallpa Rivera, Lizet Bautista Patzi, Carola Alejandra Rodríguez Rivero, Jon Jairo Flores Mamani, Adriana Suárez Paniagua, Juan José Castro Méndez, Gheslyn Lindsen Guzmán Mamani, y Angi Marisol Fuentes Copa.

REFERENCIAS

Catálogo de agricultura Urbana, Ed. Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba (2018)

Catálogo huerto urbano ecológico. Ed. Área Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad del Ayuntamiento de Madrid. (2009)

Gianfrancesco, R. (2012), *Cultiva tu propio huerto*, Ed. Círculo de lectores

Manual de compostaje, <http://www.tierra.org>

Manual del huerto urbano ecológico, <http://www.asociacióngrama.org>

COMPÁS EMPRESARIAL N° 31

Vol. 10 – 2DO SEMESTRE 2020

ISSN: 2075-8960

Universidad Privada del Valle - Bolivia

<https://doi.org/10.52428/20758960.v10i31.79>

Manual del huerto urbano, <http://www.hortuba.com>

Perez, G., Velasquez C. (2013), *Huerto Urbano Sostenible*, España: Mundi-Prensa (libro base)

Serrano Florez, J. (2009), *Agricultura Ecológica*, España: Mundi-Prensa

Fuentes de financiamiento: Esta investigación fue financiada con fondos de la autora.

Declaración de conflicto de intereses: La autora declara que no tiene ningún conflicto de interés.

Copyright (c) 2020 Fernando Ariel Zapata Uriel; Mónica Natali



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Textocompletodela licencia](#)