

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ACUAPONÍA URBANA COMO ALTERNATIVA PARA LA SOBERANÍA ALIMENTARIA EN EL MUNICIPIO DE CANDELARIA



**JUAN NICOLAS
CORDOBA
FUENTES**

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO
DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
SANTIAGO DE CALI, 2023





**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ACUAPONÍA URBANA COMO ALTERNATIVA PARA LA SOBERANÍA
ALIMENTARIA EN EL MUNICIPIO DE CANDELARIA**

PRESENTADO POR:

Juan Nicolas Córdoba Fuentes

Universidad del Valle

Facultad De Ingeniería

Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente

Programa Académico de Ingeniería Agrícola

Santiago de Cali

Noviembre de 2023



**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ACUAPONÍA URBANA COMO ALTERNATIVA PARA LA SOBERANÍA
ALIMENTARIA EN EL MUNICIPIO DE CANDELARIA**

PRESENTADO POR:

Juan Nicolas Córdoba Fuentes

Director y Codirectores:

Martin Alonso Moreno Santander

Juan Felipe Hernández Gaez

Hernel Marín Salgado

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Agrícola

Universidad del Valle

Facultad De Ingeniería

Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente

Programa Académico de Ingeniería Agrícola

Santiago de Cali

Noviembre de 2023

DEDICATORIA

A mis padres, Juan Carlos Córdoba González y Dunia Celene Fuentes Vallejo, quienes me dedicaron enteramente su vida y me llenaron de amor y alegría, enseñándome la importancia de la honestidad y el respeto por los ideales, el tener sueños que cumplir que le den motivo a la vida. Este trabajo de grado refleja un fuerte agradecimiento, por todo el esfuerzo de mi padre, quien día a día ha trabajado sin descanso desde que tengo memoria, por ser un padre ejemplar que ha estado para mí en todo momento, brindándome valiosos consejos que atesorare por el resto de mi vida. Por todo el esfuerzo de mi madre, quien desde que nací se ha encargado de hacer de mí el hombre que soy hoy, gracias por enderezar mi camino en cada etapa de mi vida, por ser tan paciente conmigo y amarme sin importar las dificultades, por transmitirme el amor por el arte, por el dibujo, la animación y la escritura, ejes centrales que me definen y me apasionan infinitamente.

*A ese Nicolas de quince años que entro a la universidad hace ya seis años, quien estaba tan deprimido por no lograr ganar esa beca, a quien creía que no era valioso y se sentía triste de estar estudiando Ingeniería Agrícola, quiero que sepas que lo lograste y que este trabajo representa el resultado de un esfuerzo del cual no soy consciente, y me llena de mucha felicidad comprender lo mucho que se significa este logro para ti, significa dejar una carga sumamente pesada atrás y ser libre de hacer con tu vida lo que desees, aquello que realmente te haga feliz. Así que dedícate al arte, a aquello que te apasione y haga de este mundo un mundo un poco mejor, explora el mundo y descubre todo ese potencial que durante estos largos años ha estado guardado en tu interior, deja ya de mirar atrás y **camina hacia el futuro**. Sin más que decir cito parte de la canción que me brindo luz en este largo camino llamado vida.*

*Deja ya, de cargar con ese peso
Ya verás
Se acaba el mal momento
Deja entrar
Que ser claro te defina
Y al final
Solo aquello que sentimos durará*

*La vida es, es un instante
De maravilla
Que nos hace cambiar
Y el tiempo se va
En dos instantes
Dos instantes
No se van*

*Deja ya
Los problemas que deprimen
Brilla más
Y haz que todo se ilumine
No importa que
Tenga yo que ser tu apoyo
Está bien
Lo que sientes es la única verdad*

~ Rob Thomas

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todas las personas que hicieron de esta etapa tan difícil de mi vida un recuerdo más feliz.

A María Alejandra Acevedo por enseñarme el valor que hay dentro de cada persona, por hacerme reír con sus ocurrencias durante a largo de la etapa final de la carrera.

A José Andrés Quiroz por brindarme una mano cuando me sentí solo, por apoyarme y acompañarme durante tanto tiempo desde aquella clase de Cálculo.

A Juan Sebastián Vargas por ser esa sonrisa alegre que me animó cuando estuve triste, por estar presente siempre que te necesite y brindarme compañía durante estos seis largos años de carrera.

A Jhonatan David Quiñones por ser ese modelo a seguir que necesitaba, por motivarme a convertirme en una mejor versión de mí mismo y por apoyarme siempre que me sentí perdido en los últimos años.

A todos aquellos docentes que me transmitieron algo de su pasión por esta carrera, y me motivaron a hacer de esta difícil etapa una oportunidad para aportar algo al mundo que realmente valga la pena.

A Martin Alonso Moreno por confiar en mi idea, y brindarme total libertad en la elaboración de este trabajo, por estar presente siempre que le necesité y por el apoyo que me brindó durante todo este tiempo.

A mis codirectores Juan Felipe Hernández y Hernel Marín Salgado por direccionarme en la elaboración de este trabajo, por la paciencia que tuvieron a pesar de las dificultades.

A todos aquellos estudiantes del Centro de Estudios de Ingeniería Agrícola que de una forma u otra me aceptaron este año, por brindarme su amistad y compañía cuando me sentía distante, por hacer de este último año de carrera el mejor año de mi vida.

Resumen

El desarrollo de soluciones tecnológicas que garanticen el derecho de todas las personas a disfrutar, de manera oportuna y permanente, del acceso a los alimentos que necesitan, en cantidad y calidad capaces de proporcionarles un estado de bienestar sostenible que contribuya a su desarrollo humano y social, aborda la evaluación de diversos sistemas hidropónicos en el contexto de la agricultura urbana y la acuaponía, a partir de la cual se buscó presentar una herramienta capaz de aumentar los índices de soberanía alimentaria de los habitantes del municipio de Candelaria, donde los altos precios de los alimentos dificultan el acceso a una canasta básica alimentaria suficiente y adecuada a sus necesidades. Un territorio donde las grandes extensiones de tierra cubiertas por el monocultivo de la caña de azúcar han obligado a gran parte de la población a desplazarse a centros urbanos dentro del municipio, zona donde el cultivo de alimentos se ve limitado por la escasez de tierras cultivables y la reducida disponibilidad espacial, por lo que la agricultura urbana se ha definido como una herramienta capaz de permitir a las familias que viven en estas zonas producir sus propios alimentos. Hablando de agricultura urbana, existe una gran variedad de sistemas de producción de este tipo que pueden ser aplicados, siendo la acuaponía uno de los sistemas con mayores ventajas en esta área, entre las que se encuentran una alta productividad, adaptabilidad a espacios reducidos y el no requerir de suelo para cultivo, por lo que el desarrollo y difusión de este tipo de agricultura en la región es de real importancia; tarea que sólo puede lograrse a través de la interacción directa con la población en el desarrollo conjunto de estas herramientas. Por lo anterior, se llevó a cabo la identificación de aquellos alimentos regionales del Valle del Cauca que son compatibles con los factores edafoclimáticos del territorio y la técnica de película de nutrientes (NFT), técnica seleccionada por poseer factores claves en el enfoque acuapónico, como la compatibilidad con la piscicultura y la alta eficiencia en la producción de alimentos. En base a lo anterior, se realizó un proceso de filtrado para seleccionar un alimento para el cultivo, no sólo capaz de tener un alto índice nutricional, sino que además cumpliera con los parámetros de preferencia alimentaria de los habitantes del territorio, factor de gran importancia a la hora de establecer una relación directa entre el proyecto y las necesidades reales de la comunidad, que a través de una encuesta realizada a una muestra significativa de la población, seleccionó el Frijol Calima como el alimento preferido por encima del resto de los alimentos propuestos, siendo en el caso de la Tilapia Roja el alimento seleccionado en base a su gran presencia en la producción piscícola a nivel nacional, su compatibilidad con las condiciones climáticas del territorio y su gran resiliencia a las variaciones de su entorno. Finalmente, se determina una propuesta a partir de la planta y el pez seleccionados, que atienda la problemática de inseguridad alimentaria observada a partir del estudio realizado en los corregimientos más poblados del municipio, reflejando un enfoque integral y sostenible para mejorar la calidad de vida de las personas, donde sobre todo se reconoce que para una implementación exitosa de esta propuesta se requiere de la colaboración continua de las comunidades, promoviendo la soberanía alimentaria y resaltando la importancia de la tecnología y el trabajo comunitario en la construcción de un futuro seguro y próspero para los habitantes del municipio de Candelaria.

Palabras clave: Acuaponía, agricultura urbana, compatibilidad, productividad, soberanía alimentaria, tecnología, resiliencia, sostenible.

Abstract

The development of technological solutions that guarantee the right of all people to enjoy, in a timely and permanent manner, access to the food they need, in quantity and quality capable of providing them with a state of sustainable well-being that contributes to their human and social development, addresses the evaluation of various hydroponic systems in the context of urban agriculture and aquaponics, from which we sought to present a tool able to increase the food sovereignty rates of the inhabitants from the municipality of Candelaria, where high food prices hinder access to a basic food basket sufficient and adequate to their needs. A territory where large tracts of land covered by sugarcane monoculture have forced a large part of the population to move to urban population centers within the municipality, an area where food cultivation is limited by the scarcity of arable land and the reduced spatial availability, which is why urban agriculture has been defined as a tool capable of enabling families living in these areas to produce their own food. Speaking of urban agriculture, there is a great variety of production systems of this type that can be applied, being aquaponics one of the systems with the greatest advantages in this area, among which are high productivity, adaptability to reduced spaces and the non-requirement of soil for cultivation, so the development and dissemination of this type of agriculture in the region is of real importance, a task that can only be achieved through direct interaction with the population in the joint development of these tools. Therefore, the identification of those regional foods of Valle del Cauca that are compatible with the edaphoclimatic factors of the territory and the nutrient film technique (NFT), a technique selected for having key factors in the aquaponic approach, such as compatibility with fish farming and high efficiency in food production, was carried out. Based on the above, a filtering process was carried out to select a food for cultivation, not only capable of having a high nutritional index, but also meeting the food preference parameters of the inhabitants of the territory, a factor of great importance when establishing a direct relationship between the project and the real needs of the community, who through a survey carried out with a significant sample of the population, the community selected the Calima Bean as the preferred food above the rest of the proposed foods, being in the case of Red Tilapia the selected food based on its great presence in fish production at national level, its compatibility with the climatic conditions of the territory and its great resilience to the variations of its environment. Finally, a proposal is determined from the selected plant and fish, which addresses the problem of food insecurity observed from the study conducted in the most populated villages of the municipality, reflecting a comprehensive and sustainable approach to improve the quality of life of people, where above all it is recognized that a successful implementation of this proposal requires the continued collaboration of communities, promoting food sovereignty and highlighting the importance of technology and community work in building a secure and prosperous future for the inhabitants of the municipality of Candelaria.

Key words: Aquaponics, urban agriculture, compatibility, productivity, food sovereignty, technology, resilience, sustainable.

Tabla de Contenido

1.	Introducción	13
2.	Planteamiento del problema	13
3.	Justificación	14
4.	Objetivos	14
4.1.	Objetivo general	14
4.2.	Objetivos específicos	14
5.	Revisión bibliográfica	15
5.1.	Marco conceptual	15
5.1.1.	Soberanía alimentaria	15
5.1.2.	Seguridad alimentaria	15
5.1.3.	Dinámica entre la soberanía y la seguridad alimentaria	15
5.1.4.	Pobreza multidimensional y conceptos para contrarrestar el hambre a nivel mundial	16
5.1.5.	Acuaponía urbana como herramienta para reducir el hambre	16
5.1.6.	Conceptos de sistema acuapónico	16
5.2.	Marco contextual	20
5.2.1.	Panorama de seguridad alimentaria global	20
5.2.2.	Panorama de soberanía alimentaria nacional	21
5.2.3.	Panorama de seguridad alimentaria nacional y departamental	21
5.2.4.	Panorama municipal de Candelaria	22
5.2.5.	Panorama de agricultura urbana	22
5.2.6.	Panorama de acuaponía	22
5.3.	Antecedentes	23
5.3.1.	Antecedentes de acuaponía a nivel mundial	23
5.3.2.	Antecedentes de acuaponía a nivel nacional	23
5.3.3.	Antecedentes de soberanía alimentaria a nivel nacional	24
5.3.4.	Antecedentes de seguridad alimentaria a nivel nacional	25
5.4.	Marco teórico	28
6.	Metodología	29
6.1.	Descripción de la zona de estudio	30
6.2.	Investigación de factores técnicos y edafoclimáticos	31
6.2.1.	Evaluación de sistemas hidropónicos	31
6.2.2.	Determinación de alimentos regionales	32
6.2.3.	Compatibilidad de alimentos con sistema hidropónico NFT	32
6.2.4.	Diagnóstico de factores edafo-climatológicos	33

6.3.	Investigación de factores nutricionales y de preferencia alimentaria	34
6.3.1.	Estudio de información nutricional de los alimentos	34
6.3.2.	Recolección de información acerca de la soberanía alimentaria del Municipio de Candelaria	34
6.3.3.	Estimación de indicadores de preferencia alimentaria para la selección de la planta a cultivar	35
6.3.4.	Estimación de parámetros a para la selección del pez a cultivar mediante el sistema acuapónico seleccionado	36
6.4.	Procesamiento de información	36
6.5.	Determinación de propuesta	36
7.	Análisis de resultados	37
7.1.1.	Determinación de requerimientos edafoclimáticos de los cultivos	37
7.2.	Evaluación de factores para la selección del alimento a cultivar	38
7.2.1.	Parámetros de selección del sistema hidropónico apto para la implementación de acuaponía urbana	38
7.2.2.	Investigación de alimentos regionales del Municipio de Candelaria	40
7.2.3.	Filtrado de cultivos compatibles con el sistema hidropónico NFT	41
7.2.4.	Filtrado de cultivos compatibles con las condiciones edafoclimáticas del territorio	42
7.3.	Selección del alimento en base a factores nutricionales y preferencia alimentaria	42
7.3.1.	Investigación de información nutricional de las plantas	42
7.3.2.	Cálculo de la muestra representativa de población para el análisis estadístico	45
7.3.3.	Resultados de estudio de soberanía alimentaria del Municipio de Candelaria	46
7.3.4.	Selección de la planta a cultivar con base a preferencia alimentaria	48
7.3.5.	Selección del pez a cultivar mediante la técnica de acuaponía urbana NFT	51
7.4.	Elaboración de la propuesta del sistema acuapónico urbano	53
7.4.1.	Requerimientos del cultivo de la planta seleccionada	53
7.4.2.	Requerimientos de cultivo del pez seleccionado	55
7.4.3.	Diseño hidráulico del sistema	56
7.4.4.	Diseño del plano del sistema acuapónico urbano	60
7.4.5.	Elaboración del presupuesto del sistema	65
8.	Conclusiones	66
9.	Futuras líneas de investigación	67
	Referencias	68
	Anexos	73

Lista de Figuras

Figura 1. Ilustración de un sistema hidropónico de mecha.	17
Figura 2. Ilustración de un sistema hidropónico de raíz flotante.	18
Figura 3. Ilustración de un sistema aeropónico.	18
Figura 4. Ilustración de un sistema hidropónico de goteo.	19
Figura 5. Ilustración de un sistema hidropónico de NFT.	19
Figura 6. Ilustración de un sistema hidropónico de <i>Ebb and Flow</i> .	20
Figura 7. Diagrama Metodológico.	29
Figura 8. Mapa de ubicación del municipio de Candelaria.	30
Figura 9. Mapa de rangos altitudinales del Municipio de Candelaria.	37
Figura 10. Gráfico circular de porcentajes de proveniencia de los alimentos en los hogares.	47
Figura 11. Gráfico circular de porcentajes de nivel de ingresos destinados a alimentos en los hogares.	47
Figura 12. Gráfico circular de porcentajes de aplicación de estrategias contra la inseguridad alimentaria en los hogares.	48
Figura 13. Gráfico de barras de los resultados de la encuesta de Preferencia Alimentaria realizada a una muestra de la población del Municipio de Candelaria.	48
Figura 14. Gráfico circular de porcentaje de intención de cultivo en el Municipio de Candelaria.	49
Figura 15. Gráfico de barras de los valores unitarios promedio de Preferencia Alimentaria e Índice Nutricional para la selección de la planta ideal a cultivar.	50
Figura 16. Interfaz de Adobe Illustrator 2022, herramienta utilizada para el diseño del plano general del sistema.	61
Figura 17. Interfaz de Adobe Illustrator 2022, herramienta utilizada para el diseño del plano isométrico del sistema.	61
Figura 18. Plano general del sistema acuapónico urbano.	63
Figura 19. Plano isométrico del sistema acuapónico urbano.	64

Lista de Tablas

Tabla 1. Tabla de Antecedentes globales de la temática de estudio.	26
Tabla 2. Consulta a la base de datos de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) de Cenicaña, para el municipio de Candelaria entre los años 1993 y 2023.	38
Tabla 3. Rúbrica de evaluación de tipos de sistemas hidropónicos aptos para la implementación de acuaponía urbana.	38
Tabla 4. Listado de productos comercializados por la central de abastecimiento CAVASA.	40
Tabla 5. Alimentos de cultivo de ciclo corto y su compatibilidad con sistema hidropónico NFT	41
Tabla 6. Alimentos compatibles con sistema hidropónico NFT de modalidad urbana y su capacidad de cultivo óptimo en el territorio de Candelaria.	42
Tabla 7. Información nutricional de alimentos cultivables en sistema hidropónico NFT de modalidad urbana, en el municipio de Candelaria.	43
Tabla 8. Ecuaciones del Índice NRF9.3 para las subpuntuaciones de nutrientes ricos (NR9) y nutrientes limitantes (LIM).	43
Tabla 9. Valores de referencia diarios y valores máximos recomendados de nutrientes basados en una dieta de 2.000 calorías.	44
Tabla 10. Cálculo del indicador NRF9.3 de los alimentos cultivables en sistema hidropónico NFT de modalidad urbana, en el municipio de Candelaria.	44
Tabla 11. Ecuación y cálculo del tamaño de la muestra de una población.	45
Tabla 12. Correlación de Z_{α} y el nivel de confianza seleccionado.	45
Tabla 13. Rangos de edad de la muestra encuestada.	46
Tabla 14. Valores unitarios de los parámetros estudiados para la selección del alimento a cultivar.	49
Tabla 15. Información agronómica de la especie vegetal.	51
Tabla 16. Especies continentales más cultivadas en Colombia.	51
Tabla 17. Cálculo del requerimiento hídrico para el cultivo de frijol calima.	53
Tabla 18. Requerimiento hídrico por planta de frijol calima.	54
Tabla 19. Cálculo de número de plantas totales a cultivar dentro del área disponible.	54
Tabla 20. Requerimiento hídrico total del cultivo de Frijol Calima.	54
Tabla 21. Requerimientos técnicos de la Tilapia Roja	55
Tabla 22. Alimentación recomendada para el cultivo de Tilapia Roja	55
Tabla 23. Entradas para el diseño hidráulico de los canales de cultivo.	57
Tabla 24. Ecuaciones para el cálculo de la velocidad de flujo y perdidas en tuberías.	58
Tabla 25. Entradas para el diseño hidráulico de la tubería de distribución.	59
Tabla 26. Entradas para el diseño hidráulico de la tubería de retorno.	60
Tabla 27. Presupuesto estimado para la elaboración del sistema en el año 2023.	65

Lista de Abreviaturas

<i>Abreviatura</i>	<i>Término</i>
BHP	Potencia Requerida por la Bomba
BPPA	Buenas Prácticas de Producción Acuícola
CAD	Centro de Atención Descentralizado de la Alcaldía de Candelaria
CAVASA	Central de Abastecimiento del Valle del Cauca S.A.
CDT	Carga Dinámica Total
CRIC	Consejo Regional Indígena del Cauca
DEM	Modelo de Elevación Digital
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FSANZ	Normas alimentarias de Australia & Nueva Zelanda
LIM	Nutrientes Limitantes
MUA	Mesa Nacional de Unidad Agraria
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio
NC	Nivel de Confianza
NFT	Técnica de Flujo Laminar de Nutrientes
NRF	Índice Nutricional de Alimentos Ricos en Nutrientes
NR9	Nutrientes Ricos
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PVC	Policloruro de Vinilo
RMA	Red Meteorológica Automatizada
SRTM	Misión Topográfica del Radar Shuttle
TLC	Tratado de Libre Comercio
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
USGS	Servicio Geológico de los Estados Unidos
UV	Ultravioleta
VMR	Valor Máximo Recomendado
VRD	Valor de Referencia Diario
WFP	Programa Mundial de Alimentos

1. Introducción

La alimentación es y será siempre una necesidad imprescindible para la supervivencia de la humanidad, motivo por el cual el ser humano busca constantemente satisfacer esta necesidad como le sea posible. Sin embargo, existen contratiempos a los que el hombre deberá enfrentarse si busca subsistir, motivo por el cual el desarrollo tecnológico de herramientas que den solución a estos problemas se vuelve indispensable para el futuro de la humanidad (Heinisch, 2013).

Es por ello por lo que mediante este proyecto se buscó seleccionar de manera teórica una herramienta capaz de enfrentar a un problema tan grave, como lo es la inseguridad alimentaria de la población del municipio de Candelaria, buscando a partir de una propuesta dar las pautas fundamentales para el desarrollo de la soberanía alimentaria en el territorio. Es así como la herramienta seleccionada debe ser capaz de producir alimentos nutritivos y saludables para la población más necesitada, la cual carece de los conocimientos y recursos necesarios para la elaboración de cultivos tecnificados en zonas urbanas, que además sean capaces de generar una elevada productividad, características por las cuales se identifica un sistema de acuaponía urbana.

El desarrollo de la propuesta se realizó mediante estudios y análisis previos, que permitan la elaboración de un diagnóstico del territorio. Este, se enfoca principalmente en las características geográficas y climatológicas del municipio; continuando con un estudio de la población a la cual el proyecto va dirigido. Esto se logró a través de un filtrado en base a los índices nutricionales y de saciedad de los alimentos, que permita seleccionar de la mano de la comunidad aquellos alimentos adecuados para el cultivo. Finalmente se seleccionó de manera teórica el tipo de sistema acuapónico urbano, capaz de enfrentar la problemática de inseguridad alimentaria que posee la población del municipio de Candelaria.

2. Planteamiento del problema

“Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud, el bienestar, y en especial la alimentación” Art.25 - Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948).

La inseguridad alimentaria es un problema grave que va en aumento a nivel global y cuando se habla de Colombia la situación no es para nada distinta. Según el panorama de necesidades humanitarias de 2022, Colombia posee alrededor de 7,3 millones de colombianos que padecen de inseguridad alimentaria y que necesitarán asistencia alimentaria en el futuro (FAO & WFP, 2022).

Los elevados precios de los alimentos son un factor de alta incidencia en los hogares más vulnerables en todo el país, motivo por el cual les es difícil acceder a una canasta básica de alimentos suficiente y adecuada a sus necesidades (Rodríguez, 2010). Siendo más concretos y sin ir demasiado lejos de la capital del Valle del Cauca, en el municipio de Candelaria un 43% de la población sufre un déficit en el consumo de alimentos variados y de manera saludable. Esto se debe principalmente a la pérdida de tierras dedicadas a la producción de alimentos, principalmente a causa de al desplazamiento por parte de la industria azucarera que llegó décadas atrás, generando a largo plazo una reducción en la producción de alimentos, de ingresos económicos y por ende de la calidad de vida de la población candelareña de la cual un 72% pertenece al área rural (Prosperidad Social, 2016).

Por lo anteriormente mencionado se buscó dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿Qué tipo de sistema de acuaponía urbana debe de seleccionarse para el incremento de la soberanía alimentaria de las comunidades del municipio de Candelaria?

3. Justificación

Desde los años 80's la agricultura urbana se ha definido como una herramienta capaz de permitir a las familias que habitan zonas urbanas en espacios reducidos, producir sus propios alimentos de una forma limpia y económica, esto gracias a la eliminación de gastos de transporte, mano de obra e insumos como fertilizantes químicos y pesticidas. Sin embargo, cuando se habla de agricultura urbana existen una gran variedad de sistemas de producción que se pueden aplicar, es por ello por lo que en base a las condiciones territoriales y la poca disponibilidad de espacio para cultivos convencionales, se presenta a la acuaponía como principal opción (Gómez, 2014).

¿Por qué Acuaponía? Considerada como la fusión de la acuicultura con la hidroponía, la acuaponía posee grandes ventajas en el ámbito de la agricultura urbana entre las cuales se encuentran una elevada productividad, y el ser amigable con el ambiente gracias a la poca utilización de agua y baja producción de desechos (Ramírez et al, 2008).

Teniendo en cuenta lo anterior se vuelve más fácil comprender la gran importancia que la acuaponía urbana posee a la hora de incrementar la soberanía alimentaria del municipio de Candelaria en la actualidad, territorio donde un 20,05 % de la población carece de ingresos suficientes para la compra de alimentos y donde el 53,77 % se ven obligados a reducir la porción de su alimento para poder subsistir diariamente (**Anexo 1**). De manera que, es indispensable el desarrollo y la divulgación de la importancia de este tipo de agricultura en las comunidades vulnerables, por tal motivo mediante este proyecto lo que se busca es, seleccionar de manera teórica un sistema de producción de alimentos que haga uso de una tecnología innovadora como lo es no solo la hidroponía, si no su posterior vertiente productiva, la acuaponía urbana.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Seleccionar de manera teórica un sistema de acuaponía urbana como alternativa para la soberanía alimentaria de las comunidades del municipio de Candelaria.

4.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de los factores climatológicos y geográficos del Municipio de Candelaria para la selección de los peces y plantas óptimos para el cultivo.
- Estudiar los parámetros de soberanía alimentaria de la población del centro poblado urbano Poblado Campestre para la selección de la planta y pez a cultivar.
- Determinar un sistema de acuaponía urbana adecuado para el cultivo de la planta y pez seleccionados para el Municipio de Candelaria.

5. Revisión bibliográfica

5.1. Marco conceptual

A continuación, se presenta la definición de los conceptos esenciales para la elaboración del trabajo final y su entendimiento, no solo en el ámbito técnico si no también en el ámbito socioeconómico:

5.1.1. Soberanía alimentaria

La **soberanía alimentaria** representa el derecho de las comunidades a tener acceso a alimentos nutritivos y culturalmente apropiados, que sean fácilmente alcanzables y producidos de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Este concepto también abarca la autonomía que estos poseen para determinar un sistema de producción propio y la distribución de sus alimentos, colocando a quienes participan en la producción, distribución y consumo de alimentos en el centro de las decisiones alimentarias, priorizando sus necesidades sobre las presiones de los mercados y las corporaciones. Se enfoca en fortalecer las economías locales y los mercados regionales y nacionales, otorgando poder a los agricultores, pescadores y pastores locales, situando a la producción, distribución y consumo de alimentos en un contexto de sostenibilidad ambiental, social y económica, mientras que fomenta un comercio transparente que garantiza ingresos justos para todos. Además, asegura que los derechos de acceso y gestión de la tierra, territorios, aguas, semillas, ganado y biodiversidad estén en manos de quienes producen los alimentos, siendo en última instancia, aquella que busca establecer nuevas relaciones sociales libres de opresión y desigualdades entre géneros, comunidades, razas, clases sociales y generaciones (Nyeleni, 2007).

5.1.2. Seguridad alimentaria

La **seguridad alimentaria** engloba el derecho esencial de cada persona a acceder a los alimentos necesarios para su desarrollo óptimo, considerando tanto la cantidad como la calidad de dichos alimentos, más allá de simplemente garantizar la disponibilidad de estos, procurando su consumo de manera adecuada. Su definición abarca también el acceso efectivo de las comunidades al agua potable, un elemento crucial para garantizar un estado de bienestar sostenible, siendo en su conjunto un término que no solo trata de satisfacer las necesidades nutricionales básicas, sino que también busca contribuir de manera holística al desarrollo humano y social, proporcionando los fundamentos necesarios para que las comunidades no solo sobrevivan, sino que prosperen y alcancen su pleno potencial, creando así un entorno propicio para el florecimiento de individuos y sociedades (Del Castillo, 2010).

5.1.3. Dinámica entre la soberanía y la seguridad alimentaria

A diferencia de la seguridad alimentaria, la cual es un conjunto de objetivos para políticas de alimentación y nutrición, el marco de la soberanía alimentaria está formulado como una postura alternativa de políticas a la agricultura industrial liberalizada, y conjuga elementos de diferentes áreas políticas (políticas alimentarias, agrícolas, comerciales, sociales, ambientales...) en un solo marco. Es por esto que la soberanía alimentaria va más allá de la seguridad alimentaria describiendo las condiciones de acceso a los alimentos; definiéndose entonces, como un medio y una precondition para llegar a la seguridad alimentaria a través de la preferencia para la producción local, como lo definió la Vía Campesina en su primera definición en 1996: "Soberanía alimentaria es una precondition para una seguridad alimentaria auténtica" (Heinisch, 2013).

En contraste con la seguridad alimentaria, que se define como un objetivo que se puede alcanzar por varios medios: producción interna o local, importaciones o ayuda alimentaria, el cual no contiene ninguna propuesta o recomendación para ser logrado y se enfoca en el acceso individual a los alimentos, la

soberanía alimentaria va mas alla, al enfocarse en el acceso a ingresos económicos o a recursos productivos. Así, al considerar a la soberanía alimentaria como una precondition para alcanzar la seguridad alimentaria, se concluye que esta última, mientras sea alcanzada mediante la producción interna o local gracias a la utilización de recursos productivos, dentro del marco general de la soberanía alimentaria, puede generar a su vez un incremento de la soberanía alimentaria en la población (Heinisch, 2013).

5.1.4. Pobreza multidimensional y conceptos para contrarrestar el hambre a nivel mundial

La pobreza multidimensional es un índice que se origina al analizar a fondo la pobreza como lo que es, un fenómeno complejo y que posee múltiples dimensiones, razón por la cual existen distintas definiciones y maneras de medirla. Tradicionalmente se ha definido la pobreza como privación material, medida a través del ingreso o del consumo del individuo o la familia. En este caso se habla de pobreza extrema o pobreza absoluta como la insuficiencia del ingreso necesario para satisfacer las necesidades de alimentación básicas, adicionalmente existe la definición de pobreza general o relativa, que es la falta de ingreso necesario para satisfacer tanto las necesidades alimentarias básicas como las necesidades no alimentarias básicas, tales como vestido, energía y vivienda (Conconi & Ham, 2007).

5.1.5. Acuaponía urbana como herramienta para reducir el hambre

Para entender lo que es la acuaponía urbana, primero se deben definir ciertos conceptos fundamentales, siendo el primero de ellos la **agricultura urbana**, esta se refiere al cultivo intensivo realizado en superficies reducidas situadas en las zonas urbanas, tales como solares vacíos, patios y terrazas que se transforman en huertos comunitarios y familiares, siendo practicada exclusivamente por personas que viven y trabajan en las ciudades (Zaar, 2011). De la anterior se pueden clasificar diversas técnicas de agricultura que cumplan con los requisitos necesarios para ser consideradas agricultura urbana, motivo por el cual se presenta a continuación a la **hidroponía**, técnica que se define como una herramienta que permite el cultivo de plantas sin la utilización de suelo, situación que es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídricos y nutricionales, a través de agua y solución nutritiva en contacto directo con las raíces de las plantas en un espacio determinado (Beltrano & Giménez, 2015).

Es por lo previamente mencionado, que la acuicultura es un concepto interesante a tener en cuenta dentro del campo de la hidroponía, ya que el agua recirculante dentro del sistema es común a ambos procesos, lo que se puede entender mejor definiendo antes lo que es la **acuicultura**, técnica que se define como el cultivo de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas, bajo la intervención de mano de obra en el proceso de cría para el aumento de la productividad, en operaciones como la siembra, la alimentación, la protección frente a depredadores, etc... (Rueda, 2011). Los conceptos anteriormente mencionados llegaron a unificarse como una sola técnica, la **acuaponía**, la cual se define en síntesis como una combinación entre la acuicultura recirculante y la hidroponía, siendo en síntesis el cultivo de peces, que permite a su vez el cultivo de plantas hidropónicas, haciendo uso del agua y los nutrientes provenientes de los desechos orgánicos que circulan por el sistema (Ramírez et al, 2008).

5.1.6. Conceptos de sistema acuapónico

El **biofloc** se define como “Los sistemas acuícolas basados en microorganismos se basan en la promoción de la proliferación microbiana (autótrofa o heterótrofa), y se espera que estos microbios usen, reciclen y transformen el exceso de nutrientes de heces, organismos muertos, alimentos no consumidos y diversos metabolitos en biomasa” (Martínez et al, 2017).

Un **proceso productivo** se define como el proceso que “Consiste en transformar entradas en salidas por medio de recursos naturales, físicos tecnológicos, humanos, económicos, etc. Este proceso incluye acciones que ocurren en forma planificada y producen un cambio o transformación de materias, objetos y sistemas al final de los cuales se obtiene el producto” (Nakata, 2014).

Las **buenas prácticas de producción acuícola** (BPPA) “son procedimientos rutinarios que tienen como objetivo asegurar un producto aceptable al público y a los consumidores en términos de inocuidad, precio y calidad. Los códigos de buenas prácticas deben ser guías flexibles que puedan ser utilizados en sistemas específicos y que están dirigidas a asegurar la producción sostenida y la inocuidad alimentaria del producto, minimizando el impacto al medio ambiente, logrando así la sustentabilidad de la actividad” (De la Oliva, 2011).

Una **solución nutritiva** es, por definición, una solución acuosa que contiene oxígeno disuelto y todos los nutrientes minerales esenciales, necesarios para el normal crecimiento de las plantas, totalmente disociados. El éxito del cultivo hidropónico está determinado por la constitución de dicha solución nutritiva, la relación existente entre los diferentes iones minerales, la conductividad eléctrica y el pH. Es necesario conocer la calidad del agua a utilizar para la preparación de la solución nutritiva, debiendo chequearse previamente la cantidad de cationes presentes en ella y por ende verificar el grado de dureza de esta (Beltrano & Giménez, 2015).

Existen distintos **tipos de sistemas hidropónicos** que han sido desarrollados en base al tipo de planta que se desea cultivar, así como también de los recursos disponibles para su elaboración, ya sea económicos como también recursos energéticos, hídricos o un espacio adecuado para su implementación. A continuación, se presentan los seis tipos de sistemas hidropónicos más implementados:

Sistema hidropónico de mecha o pabilo: Esta técnica es una de las más simples, ya que no requiere de bombas para transportar la solución nutritiva desde el depósito hasta la zona de crecimiento. En vez de eso, las plantas reciben la solución nutritiva mediante la acción capilar del agua, que sube a través de una fibra sintética como el nailon en forma de mechas o pabilos; las plantas se colocan dentro de una bandeja llena de un sustrato que les brinda estabilidad, con una mecha en la base de la raíz la cual se deja colgar libremente, extendiéndose más allá del fondo del recipiente. A continuación, este se coloca encima de un depósito de solución nutritiva donde las cuerdas de nailon o mechas absorben la sustancia y la transportan hasta las raíces de la planta. (Castañares, 2020).

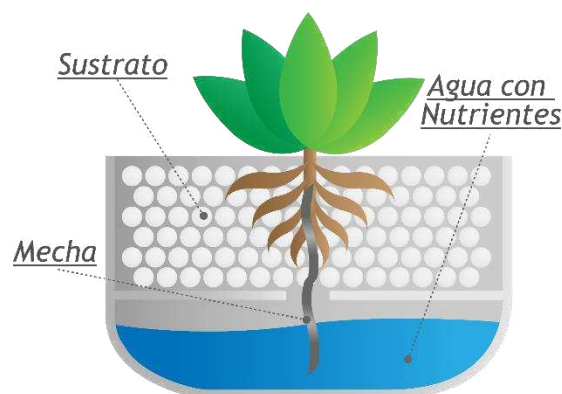


Figura 1. Ilustración de un sistema hidropónico de mecha.
Fuente: Elaboración Propia (2023).

Sistema hidropónico de suspensión: Esta técnica de hidroponía es la más sencilla que se puede encontrar entre las más utilizadas, esto es debido principalmente a la simplicidad de su funcionamiento, consistiendo únicamente en dejar a las plantas suspendidas en la solución nutritiva, la cual debe de ser oxigenada continuamente mediante la utilización de bombas, para permitir el paso óptimo de oxígeno en las raíces. Este tipo de cultivo se realiza en recipientes pequeños para plantas sembradas de manera individual o en recipientes más grandes para plantas sembradas en cantidades considerables (Muhammed, 2018).

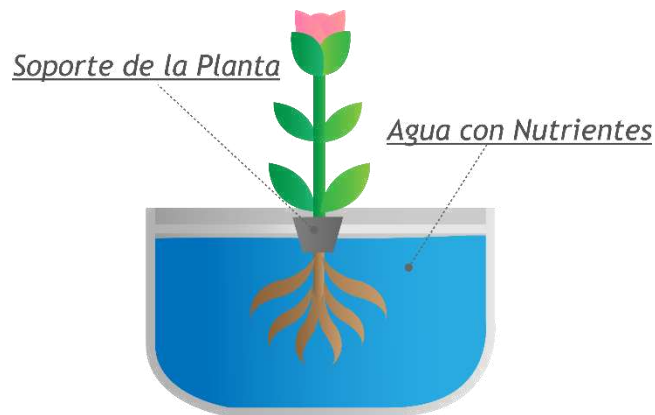


Figura 2. Ilustración de un sistema hidropónico de raíz flotante.
Fuente: Elaboración Propia (2023).

Sistema aeropónico: En la aeroponía, las raíces de las plantas están suspendidas en el aire y obtienen sus nutrientes mediante una niebla de aerosol generada por micro aspersores, en lugar de estar directamente sumergidas en la solución nutritiva. Una ventaja significativa de este sistema es la elevada aireación de las raíces de las plantas y su poca utilización de un medio cultivo, por lo que proporciona mayor velocidad de crecimiento de la planta (Muhammed, 2018).

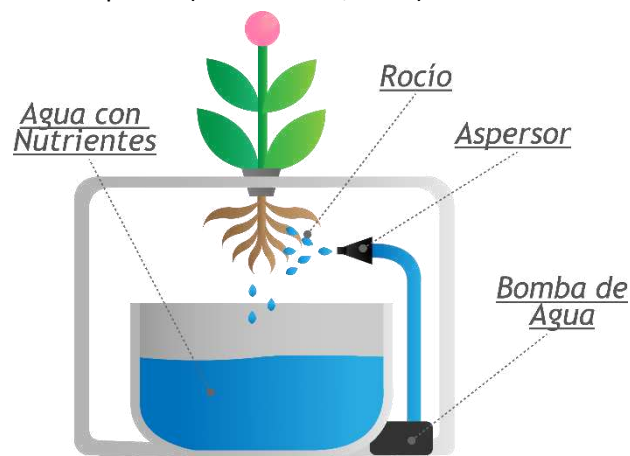


Figura 3. Ilustración de un sistema aeropónico.
Fuente: Elaboración Propia (2023).

Sistema hidropónico de goteo: En este sistema, como se muestra en la Figura 4, la solución nutritiva se bombea desde un depósito a través de una línea de goteo hasta las raíces de las plantas. La solución se suministra a intervalos fijados por un temporizador y se devuelve al depósito donde vuelve a circular. La gran ventaja de este sistema es que permite un control total de la cantidad de nutrientes suministrados a cada una de las plantas, así como también permite una adecuada oxigenación de sus raíces (Muhammed, 2018).

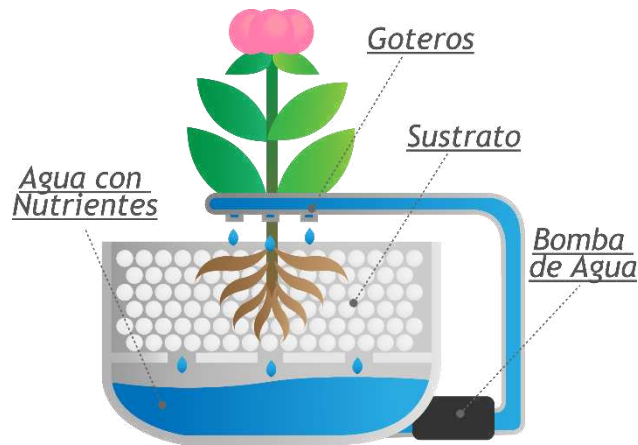


Figura 4. Ilustración de un sistema hidropónico de goteo.
Fuente: Elaboración Propia (2023).

Sistema hidropónico de NFT: También conocido como técnica de lámina de nutrientes, es un sistema en el que las raíces de las plantas están expuestas y suspendidas en canales, por los que pasa una fina película de solución nutritiva que mantiene húmedas las raíces. Los nutrientes necesarios se mezclan en un depósito primario desde donde fluyen a través del sistema, alimentando continuamente a las plantas a un ritmo constante. Posee además múltiples beneficios como la capacidad adaptarse a espacios reducidos y un consumo de agua reducido (Castañares, 2020).

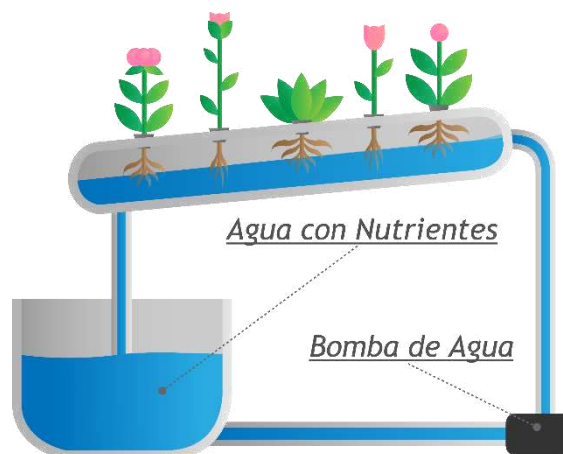


Figura 5. Ilustración de un sistema hidropónico de NFT.
Fuente: Elaboración propia (2023).

Sistema hidropónico de *Ebb and Flow*: También conocido como sistema de inundación y drenaje, este consiste en bombear el agua con nutrientes almacenado en un recipiente inferior hacia un recipiente superior, donde se encuentran suspendidas en un sustrato las raíces de las plantas. Esto se hace a intervalos de tiempo, accionando la bomba manualmente o mediante temporizadores, con la finalidad de llenar el recipiente superior y alimentar con nutrientes las raíces de las plantas. Para así vaciar nuevamente el recipiente en la parte inferior proporcionándole oxígeno a las raíces (Castañares, 2020).

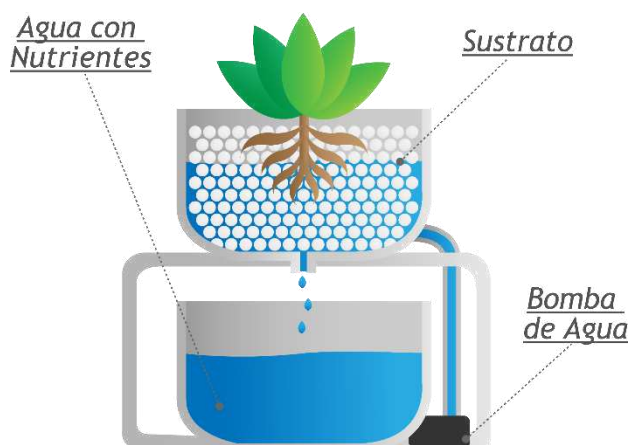


Figura 6. Ilustración de un sistema hidropónico de *Ebb and Flow*.
Fuente: Elaboración Propia (2023).

5.2. Marco contextual

5.2.1. Panorama de seguridad alimentaria global

La cantidad de personas con hambre en el mundo siguió aumentando en el 2020, año que sufrió la presencia del COVID-19 y que se puede contrastar con años anteriores, donde, entre el 2014 y el 2019 se mantuvo estable la subalimentación de la población a nivel mundial, sin embargo, esta aumentó del 8,4% a cerca del 9,9% entre 2019 y 2020, hecho que complica el reto de eliminar por completo el hambre mundial para el año 2030 propuesto por la FAO. Por lo que se refiere a la población, se estima que en el año 2020 padecieron hambre en todo el mundo de 720 a 811 millones de personas. Tomando como un valor intermedio 768 millones, en 2020 sufrieron hambre 118 millones de personas más que en 2019, cuando lo que se tenía previsto eran solo entre 70 y 161 millones de personas. Lo anterior indica que las desigualdades a nivel mundial siguen siendo bastante preocupantes, donde una de cada cinco personas (21%) sufre hambre en África en el año 2020, proporción que supera por más del doble al resto de población de cualquier continente, seguido de América latina con un 9,1 % y Asia con 9% como los continentes con mayor proporción de hambre en el planeta, los cuales aún presentan incrementos considerables en lo que se estima a futuro (FAO et al, 2021).

5.2.2. Panorama de soberanía alimentaria nacional

La soberanía alimentaria en Colombia como concepto ha sido minimizada y opacada por la seguridad alimentaria hasta la actualidad, donde la política pública colombiana ha sido construida en su totalidad a favor de la seguridad alimentaria, al punto que, en la mesa de negociaciones de la Habana representantes del Gobierno y las FARC, durante el Acuerdo General para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera, se refirieron al “derecho a la alimentación” usando la expresión “Seguridad Alimentaria”, sin mencionar en ningún momento a la “Soberanía Alimentaria”.

Lo anterior genera cierto desconcierto cuando se logra evidenciar que esta política pública creada en torno a la seguridad alimentaria posee gran cantidad de discusiones y controversias, debido a su incapacidad de solventar por completo los problemas de hambre y desnutrición, los impactos socioeconómicos de los TLC, los ecocidios propiciados por la producción agrícola a gran escala y la destrucción de saberes y prácticas tradicionales. Estando así la seguridad alimentaria del país marcada por una tendencia neoliberal que se distancia de la soberanía alimentaria, debido a su fuerte postura en contra la importación de alimentos a nivel internacional (Laverde, 2019).

5.2.3. Panorama de seguridad alimentaria nacional y departamental

Colombia ha sufrido en el último año 2021 gran cantidad de conflictos, condiciones climáticas extremas, desaceleraciones y debilitamientos de la economía provenientes de las secuelas que dejó la pandemia global del Coronavirus, la cual de manera colateral ha incrementado en gran medida el valor de los fertilizantes provenientes del exterior, y por ende el valor de los alimentos producidos a partir de ellos en toda América Latina (FAO et al, 2021).

La inseguridad alimentaria es un problema de gran magnitud y en constante crecimiento entre la población colombiana, el cual se ha generado en primer lugar debido a la imposibilidad que esta posee para acceder a alimentación de buena calidad y en la cantidad necesaria, estando en segundo lugar y no por ello menos grave la escasez de alimentos producidos en el país, el cual con un territorio potencial cultivable de 39,2 millones de hectáreas registro en el 2021 un total de 5,3 millones de hectáreas sembradas, es decir, tan solo un 13,5% del territorio potencial (Rico, 2022). Situación que es aún más crítica en las capitales del país, donde se encuentra no solo la mayor parte de la población, sino que además son los lugares a donde llegan los habitantes de zonas rurales desplazados por la violencia, en búsqueda de mejores oportunidades y mayor seguridad para ellos y sus familias (Rodríguez, 2010).

Es por este creciente problema que el departamento del Valle del Cauca ha generado un plan de soberanía, seguridad alimentaria y nutricional para el periodo 2018-2032, el cual se enmarca en la Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Nación como una herramienta que dé solución a la problemática de inseguridad alimentaria y nutricional de la población Vallecaucana. Esto mediante un total de siete ejes esenciales, la disponibilidad, la accesibilidad, el consumo, el aprovechamiento, la calidad, el enfoque diferencial y la transversalidad institucional. De los siete ejes, es importante destacar el número 1, correspondiente a la Disponibilidad y Abastecimiento de Alimentos para el Valle del Cauca, el cual dentro de su línea de acción 1.13 menciona la importancia de “Implementar estrategias de agricultura urbana, huertas escolares, comunitarias, entre otras, como fomento de la producción de alimentos para autoconsumo y autoabastecimiento” (Ordenanza N° 480, 2018).

5.2.4. Panorama municipal de Candelaria

El municipio de Candelaria, en contraste con el resto del país, posee un 72% de su población habitando la zona rural, presentando además deficiencias en cuanto a los niveles de nutrición se refiere (Prosperidad Social, 2016). Esto a su vez se encuentra íntimamente relacionado a un problema que no es para nada nuevo en la región, el apropiamiento de las tierras cultivables por parte de la industria azucarera, que se ha adueñado de casi la totalidad del territorio del Valle del Cauca, desde su introducción por parte de Sebastián Belalcázar en el año 1541 en el municipio de Yumbo, y el aposento de los ingenios azucareros sobre el río Amaime en el año 1550 (Castillo et al, 2020).

La implantación del modelo técnico productivo de la caña de azúcar se vio reflejada por el proceso de industrialización que llegó cerca del siglo veinte, este trajo consigo desplazamientos, torturas, alteración ecológica y cultural, así como también la pérdida del sentido de pertenencia y de la humanidad. Junto con la llegada de la revolución verde las formas de vida terminaron por ser destruidas, pues todo aquello que sobrevivió en pequeñas fincas fue derrumbado, al igual que gran número de cultivos diversificados de pan coger y árboles frutales nativos de la zona del Valle (Castillo et al, 2020).

5.2.5. Panorama de agricultura urbana

Dentro de la agricultura urbana en el país existen datos interesantes, entre ellos y según el censo nacional de población y vivienda del 2018, en Colombia un 84,2% de la población del país vive en la zona urbana (Cabeceras municipales y centros poblados), dejando tan solo a un 15,8% de la población en la zona rural, dato que parece extraordinario cuando se habla de un país cuyo territorio rural es de aproximadamente un 94%, lo que hace indispensable el desarrollo tecnológico de la agricultura urbana en el país, buscando antes que nada incrementar la productividad de alimentos mediante tecnologías innovadoras como la acuaponía (DANE, 2018).

5.2.6. Panorama de acuaponía

En la actualidad, la acuaponía en Colombia muestra un bajo nivel de tecnificación y uso de técnicas artesanales, condiciones que pueden ser mejoradas a través del desarrollo de investigaciones que se enfoquen en estructurar, desarrollar e implementar las buenas prácticas y herramientas de ingeniería en la producción sostenible de plantas y peces mediante las técnicas de acuaponía. Panorama que se enfoca además en el área de producción industrializada para la comercialización en masa debido a su elevada rentabilidad. Sin embargo, si se habla de desarrollo en el ámbito urbano, este es bastante difícil de localizar, lo cual es debido principalmente a su complejo manejo e implementación, los cuales requieren de cierto nivel de conocimientos que no se poseen en las zonas donde más se requieren (Barrera & Arias, 2018).

5.3. Antecedentes

5.3.1. Antecedentes de acuaponía a nivel mundial

La acuaponía como proceso tecnificado posee un origen bastante reciente, sin embargo, se le estudia como una técnica que integra el cultivo hidropónico de plantas y de peces en un sistema de recirculación del agua, esta se remonta a antiguas sociedades como los Aztecas, donde se realizaba la crianza de peces junto a las cosechas de maíz, zapallo y otras plantas, en islas artificiales construidas como pantanos y lagos. Esto es algo característico en su modalidad de cultivo en la antigüedad, que se puede observar en los canales navegables que rodeaban las islas donde estos solían habitar, estos canales fueron usados así para la crianza de gran variedad de peces, los cuales generarían desechos que, al ser recogidos del fondo, servían de fertilizante para los cultivos en la superficie (Rakocy, 2012).

Aun así, la antigua cultura Azteca no es la única que llegó a aplicar este tipo de técnica en la antigüedad, investigaciones realizadas dan indicios de que las raíces de la acuaponía yacen en la antigua China y zonas antiguas de Tailandia, donde la densidad poblacional influyó en la identificación de las relaciones existentes que ocurrían de forma natural entre los cultivos, los peces y otros organismos (López, 2019).

Las primeras publicaciones de investigaciones relacionadas a la acuaponía fueron realizadas a comienzos de los años setenta, en las cuales se demostró de manera científica como los desechos generados por los peces podrían ser útiles para el cultivo de plantas en sistemas hidropónicos (Lewis et al, 1978).

Es así que desde mediados de los años noventa, las técnicas acuapónicas han sido desarrolladas para su aplicación comercial a gran escala gracias a su enseñanza y estudio en los centros de aprendizaje agropecuarios, escuelas técnicas e incluso universidades a nivel mundial, creándose un gran interés en el desarrollo de esta tecnología. Por lo anterior estas fueron tratadas como un nuevo arte en el área de la agricultura, proveyendo más información acerca de sus distintos procedimientos, el uso de equipos y técnicas especializadas para la producción y promovería la investigación en esta rama (Rakocy, 1999).

5.3.2. Antecedentes de acuaponía a nivel nacional

En Colombia la implementación de sistemas acuapónicos tecnificados no es algo relativamente común, o que se presente de manera recurrente en las zonas agrícolas comerciales, es por ello por lo que es de alta importancia fomentar nuevas técnicas que permitan el fortalecimiento de los mercados de piscicultura y agricultura sostenibles como fuentes de abastecimiento de alimentos en centros poblados en el país.

Se destaca la investigación de Ramírez et al (2009) donde documentan la implementación de sistemas acuapónicos para las especies *Goldfish* y lechuga a nivel experimental aplicando las buenas prácticas y recomendaciones de las técnicas de acuaponía para estas especies. Los resultados y evaluaciones muestran la viabilidad técnica de implementación de estas técnicas con proyección al uso acuapónico comercial en mercados y economías locales.

Actualmente, existen emprendimientos destacables como el realizado por la empresa “Acuaponía Casanare S.A.S.”, en donde mediante la implementación de técnicas de acuaponía e hidroponía están generando experiencia de gran valor que promueven el desarrollo, y fomento del uso de estas técnicas en las economías locales y regionales. Estos emprendimientos que contribuyen a la producción de alimento para consumo humano, a la vez que reduce el impacto sobre los ecosistemas hídricos y brindan fuentes de trabajo tecnificado en la región.

5.3.3. Antecedentes de soberanía alimentaria a nivel nacional

Tras las primeras medidas de apertura económica en 1990 Colombia paso de ser un país autosuficiente en cuanto a la producción de alimentos, a importar cerca de cinco millones de toneladas de alimentos al año una década después, tendencia que va en aumento mientras que reduce la producción agrícola nacional y el empleo rural. Llegando posteriormente una contrarreforma agraria que en un lapso de 6 años despojó a los campesinos de cerca de seis millones de hectáreas, las cuales fueron otorgadas a manos de narcotraficantes y paramilitares que poseían relación con socios políticos de la nación, otro fuerte golpe para la producción nacional de alimentos que agravó el panorama crítico (Laverde, 2019).

Desde los movimientos campesinos, las luchas por la tierra progresivamente han transitado a la defensa de los territorios y la soberanía alimentaria, quienes han realizado importantes reivindicaciones a nivel nacional, desde la creación de zonas de reserva campesina a través de la Ley 160 de 1994 promovida por FENSUAGRO y considerada una conquista del sector campesino frente a los latifundistas, hasta el Mandato Nacional Agrario que se traduce en una iniciativa popular legislativa en 2013. Estas Organizaciones campesinas de la Mesa Nacional de Unidad Agraria (MUA) construyeron así un Proyecto Alternativo de Ley de Desarrollo Rural y Reforma Agraria, el cual se fundamenta en el objetivo de la Soberanía Alimentaria, así como, en la defensa de la diversidad étnica y cultural y los derechos territoriales de los grupos étnicos; la reivindicación de la importancia del fortalecimiento de la economía campesina y del papel de la mujer rural y el establecimiento de medidas que conduzcan a la protección del ambiente, el adecuado aprovechamiento del suelo y la reversión de la extrema concentración de la propiedad de la tierra a su redistribución (Laverde, 2019).

Posteriormente apareció un referéndum sobre el tratado de libre comercio de Colombia con Estados Unidos realizado en las comunidades indígenas del departamento del Cauca, en el cual, después de un proceso amplio, democrático y participativo, resulto en un 90% de los votantes posicionados rotundamente en contra de dicho tratado, así como sus efectos negativos en términos de soberanía alimentaria, la mercantilización de la naturaleza y la vida, y su amenaza a la diversidad cultural. Así, desde las comunidades del Consejo regional indígena del Cauca (CRIC) fueron convocadas numerosas mingas de liberación de la Madre Tierra en las que, desde una cosmovisión biocéntrica y ancestral, se planteó oposición a la contaminación, los monocultivos y la agroindustria de combustibles. Por consiguiente, en el Foro de Desarrollo Agrario Integral convocado por PNUD y la Universidad Nacional se empezaron a generar movimientos sociales que dieron origen a la actual Cumbre Agraria, Campesina, Étnica y Popular (2014), movimiento derivado de la unión de los grupos subalternos en su disposición de generar política pública. Dentro de sus pliegos aparece el principio del “buen vivir” y la economía propia frente al modelo de desarrollo neoliberal extractivista, el reconocimiento del agua como derecho fundamental para el consumo humano, la defensa de la producción de alimentos para la soberanía alimentaria y la recuperación de semillas nativas (Laverde, 2019).

5.3.4. Antecedentes de seguridad alimentaria a nivel nacional

La probabilidad de que la inseguridad alimentaria en Colombia se incremente en los próximos tiempos es cada vez aún mayor, y esto se debe a la acumulación de grandes problemas que el país afronta de manera particular. Entre estos se puede mencionar una creciente inestabilidad política, múltiples desafíos económicos y el impacto continuo de la crisis migratoria regional, la cual se amplifica por el desplazamiento de las personas a las ciudades y los retrasos en la implementación del acuerdo de paz del año 2016, entre el Gobierno y los grupos armados no estatales (FAO & WFP, 2022).

Grupos armados que han provocado nuevas oleadas de ataques violentos, que desencadenan en 61 000 nuevos desplazados por la violencia entre enero y septiembre de 2021, número que equivale a tres veces los niveles de desplazamiento presentados en todo el 2020. El malestar social y la elevada probabilidad de que las perturbaciones económicas continúen en el 2023, podrían contribuir a que altos niveles de desplazados se presenten durante los próximos meses. La pandemia de COVID-19 ha amplificado aún más las disparidades existentes y sus efectos económicos seguirán sintiéndose en los hogares vulnerables, ya que, si bien las pérdidas de empleo relacionadas con la pandemia ya se han recuperado casi por completo, la tasa de desempleo sigue siendo alta, siendo mayor al 11% en octubre de 2021 (FAO & WFP, 2022).

Colombia sigue albergando el mayor número de migrantes venezolanos en la región latinoamericana. Donde tan solo a agosto de 2021, más de 1,8 millones de migrantes de Venezuela fueron reportados en el país, lo que representa un aumento de 100.000 inmigrantes desde principios del año 2021, a pesar de los cierres oficiales de fronteras entre los dos países hasta el mes de octubre. El Estatus de Protección Temporal otorgado a migrantes venezolanos en febrero de 2021, junto con la reciente apertura de las fronteras, podría impulsar un mayor aumento de flujos migratorios en los próximos meses. Además, el número de personas en tránsito desde América del Sur y el Caribe a través del cruce de Darién a Panamá aumentó considerablemente en 2021; proyectándose un aumento adicional en el año 2022, principalmente debido a las repercusiones económicas de la pandemia en Colombia. Entre enero y septiembre de 2021, más de 91 000 migrantes cruzaron el Paso del Darién, tres veces el récord anterior de 30 000 migrantes en todo 2016 (FAO & WFP, 2022).

Aproximadamente el 64% (1,1 millones) de migrantes venezolanos en Colombia tenían inseguridad alimentaria en julio de 2021, incluido el 14% severamente inseguro. Los datos muestran una leve mejora en la situación de hace un año, cuando el 73% eran inseguridad alimentaria. Sin embargo, la situación de seguridad de los migrantes venezolanos en Ecuador (0,5 millones) y Perú (1,3 millones) muestra un panorama similar: la proporción de personas en situación de inseguridad alimentaria inmigrantes sigue siendo alto, en 66 y 57% respectivamente, a pesar de una mejora respecto a 2020. Hay restricciones de acceso humanitario muy altas en Colombia. El acceso se ha deteriorado durante la segunda mitad de 2021 y es probable que empeoran significativamente en las zonas afectadas por el conflicto (FAO & WFP, 2022).

A continuación, se presenta la **Tabla 1** sitio donde se encuentran debidamente ordenadas investigaciones referentes a la temática del trabajo final, enfocándose así principalmente en el área de la acuaponía, la hidroponía, la acuicultura y la inseguridad alimentaria.

Tabla 1. Tabla de Antecedentes globales de la temática de estudio.

Año - Localización	Autor - Título	Tipo de fuente	Objetivo de la investigación	Aporte para el trabajo
1978 - Illinois - Estados Unidos	Lewis, et al. (1978). Uso de hidroponía para mantener la calidad del agua recirculada en un sistema de cultivo de peces.	Trabajo de Investigación publicado en: Transacciones de la Sociedad Americana de Peces, Vol. 107, número 1.	Examinar el uso de la hidroponía como un medio para prevenir la acumulación de nitrato-N y fosfato-P, mientras se produce tomate como subproducto comercializable.	Esta investigación es indispensable para conocer los primeros pasos de la acuaponía en el ámbito científico, siendo de las primeras en examinar sus efectos en la productividad de un cultivo.
1999 - Arkansas - Estados Unidos.	Rakocy. (1999). Ingeniería de acuicultura: el estado de la acuaponía, parte 1.	Artículo de: Revista de acuicultura Arkansas-, 25, 4, 83-88.	Analizar el estado de la acuaponía en el área de la investigación y sus antecedentes a nivel global.	El estudio de este artículo permite conocer el desarrollo de la acuaponía en el ámbito de la investigación, así como su estado en el mundo durante los años 90's.
2009 -Bogotá - Colombia.	Ramírez, et al. (2009). Montaje y evaluación preliminar de un sistema acuapónico <i>goldfish</i> lechuga.	Artículo de Revista Facultad de Ciencias Básicas, 5, 1, 154-170.	Definir de forma preliminar el crecimiento de peces <i>goldfish</i> y lechuga, así como también el comportamiento de algunos de los parámetros fisicoquímicos principales que involucran los sistemas acuapónicos.	A partir de este artículo se puede obtener información valiosa sobre el desarrollo de la acuaponía en Colombia, ampliando conceptos sobre el apartado técnico de la acuaponía y su viabilidad en el área comercial.

2012 -Estados Unidos.	Rakocy. (2012). Acuaponía - Integrando el Cultivo de Peces y Plantas.	Capítulo 14 del libro: Sistemas de producción acuícola, 344-386.	Describir a la Acuaponía como un sistema de producción acuícola que integra el cultivo de peces y plantas.	Mediante este capítulo se puede llegar a información importante acerca del funcionamiento de sistemas acuapónicos modernos y su desarrollo tecnológico.
2019 - Málaga - España.	López. (2019). Referencias Históricas de cultivos acuapónicos.	Capítulo del libro: Cultivo Acuapónico, Guía Especializada. CIFAL - UNITAR, 21 - 25.	Investigar acerca del origen histórico de la acuaponía como un concepto en distintos instantes de la historia de la humanidad.	A partir de la guía especializada se puede obtener información en el ámbito histórico y técnico de la acuaponía.
2022 - Roma - Italia.	FAO-WFP. (2022). Puntos críticos del hambre. Alertas tempranas sobre la inseguridad alimentaria aguda.	Reporte de puntos críticos del hambre a nivel global, Febrero - Mayo 2022.	Presentar un panorama global de las condiciones de inseguridad alimentaria de las poblaciones y sus posibles causas directas e indirectas.	Gracias a este tipo de reporte se puede observar de manera mucho más clara la problemática a nivel global y como esta afecta los índices de inseguridad alimentaria del Colombia, dando además un análisis detallado de la situación actual en la que se vive.

5.4. Marco teórico

❖ La técnica de la acuaponía:

La acuaponía es una técnica que se deriva de la unión de dos sistemas complejos completamente distintos como lo son la acuicultura y la hidroponía los cuales, al combinarse con buenas prácticas y técnicas de estandarización, estructuración, optimización de producción y procesos organizacionales pueden desarrollar una economía próspera y sostenible para la población que contribuya a los motores de cambio como la seguridad alimentaria y la nutrición (Dawe & Ghanem, 2015).

Cabe destacar que la implementación de sistemas acuapónicos es actualmente una de las alternativas o soluciones más prometedoras para la producción de alimentos a nivel mundial, dado que este tipo de sistemas no genera afectaciones ni deterioros a ecosistemas como el suelo y los cuerpos de agua. Lo anteriormente mencionado se suma a una implementación sencilla y adaptable, lo cual en parte se refiere a la flexibilidad de instalación de estos sistemas en las áreas urbanas, zonas donde se encuentran el mayor porcentaje de consumidores, eliminando así grandes gastos de transporte y reduciéndose en el camino la contaminación que este genere (Ramírez et al, 2008).

Los sistemas acuapónicos poseen un principio fundamental que se basa en los desechos orgánicos de organismos acuáticos, en su mayoría peces que son convertidos en fuente de alimento para plantas en forma de nitritos y nitratos gracias al trabajo de bacterias nitrificadoras, las cuales además son capaces de trabajar como un filtro biológico que limpia los desechos suspendidos en el agua, creándose así un ecosistema en que todos los organismos que interactúan trabajan en beneficio del equilibrio (Nelson & Pade, 2007). Es así como los sistemas de recirculación se diseñan específicamente para el cultivo de grandes cantidades de peces en volúmenes de agua relativamente pequeños, los cuales requieren del tratamiento de los desechos generados de forma biológica. Los nutrientes no tóxicos y la materia orgánica se acumulan, siendo posible reutilizarlos si se les canaliza en un cultivo secundario, este cultivo puede generar un valor económico adicional que de algún modo beneficia al sistema de producción de peces (Barrera & Arias, 2018).

Los sistemas acuapónicos poseen varios beneficios en lo que se refiere a la reutilización de los desechos orgánicos, entre los cuales se encuentra una reducción en la expulsión de desechos, gracias a que los nutrientes residuales disueltos son recuperados por las plantas y no descargados al ambiente externo, permitiendo reutilizar una gran parte del agua gracias a la filtración de la misma por parte de las bacterias nitrificadoras mediante el proceso de nitrificación. Esto no solo es un beneficio en la parte ambiental, ya que la reducción de utilización de agua reduce también los costos de operación de estos sistemas acuapónicos, lo cual cuando se habla de climas áridos e invernaderos climatizados, representa una reducción de gastos bastante significativa. Este tipo de ventajas permiten al agricultor tener una cosecha secundaria de plantas que promuevan una economía adicional apalancada por la producción primaria de peces (Barrera & Arias, 2018).

Estos ahorros en el consumo de agua son además aún mayores cuando se tienen en cuenta otros factores que van directamente ligados con este proceso, entre ellos se encuentran los factores operacionales e infraestructurales tales como bombas, depósitos, calentadores y sistemas de alarma, además, la producción intensiva e integrada de peces y plantas requiere menos tierra que estanques y jardines (Barrera & Arias, 2018).

Algo que se debe destacar es que los sistemas acuapónicos requieren de una inversión de capital inicial considerable, pero que en la balanza de beneficios y costos llega a demostrar una elevada rentabilidad, siempre y cuando se posea una buena gestión del sistema, de acuerdo al conocimiento técnico que se requiere para su manejo (Nelson & Pade, 2007). Por último, es importante mencionar como los sistemas acuapónicos son capaces de obtener una ventaja en la productividad cuando se tiene una similitud relativa entre los desechos orgánicos del pez y los requerimientos nutricionales de la planta a cultivar, esto determina la facilidad con la cual se desarrollará el ecosistema para ambos organismos permitiéndoles así crecer y desarrollarse (Rakocy, 1999).

6. Metodología

Se definió una metodología cualitativa con la finalidad de llevar a cabo un análisis interpretativo, retrospectivo y social de la comunidad de habitantes del Poblado Campestre en el municipio de Candelaria, con el fin de presentar una propuesta que pueda ser tomada en cuenta para el incremento de la soberanía alimentaria del municipio, todo a partir de una investigación descriptiva con un enfoque epistemológico.

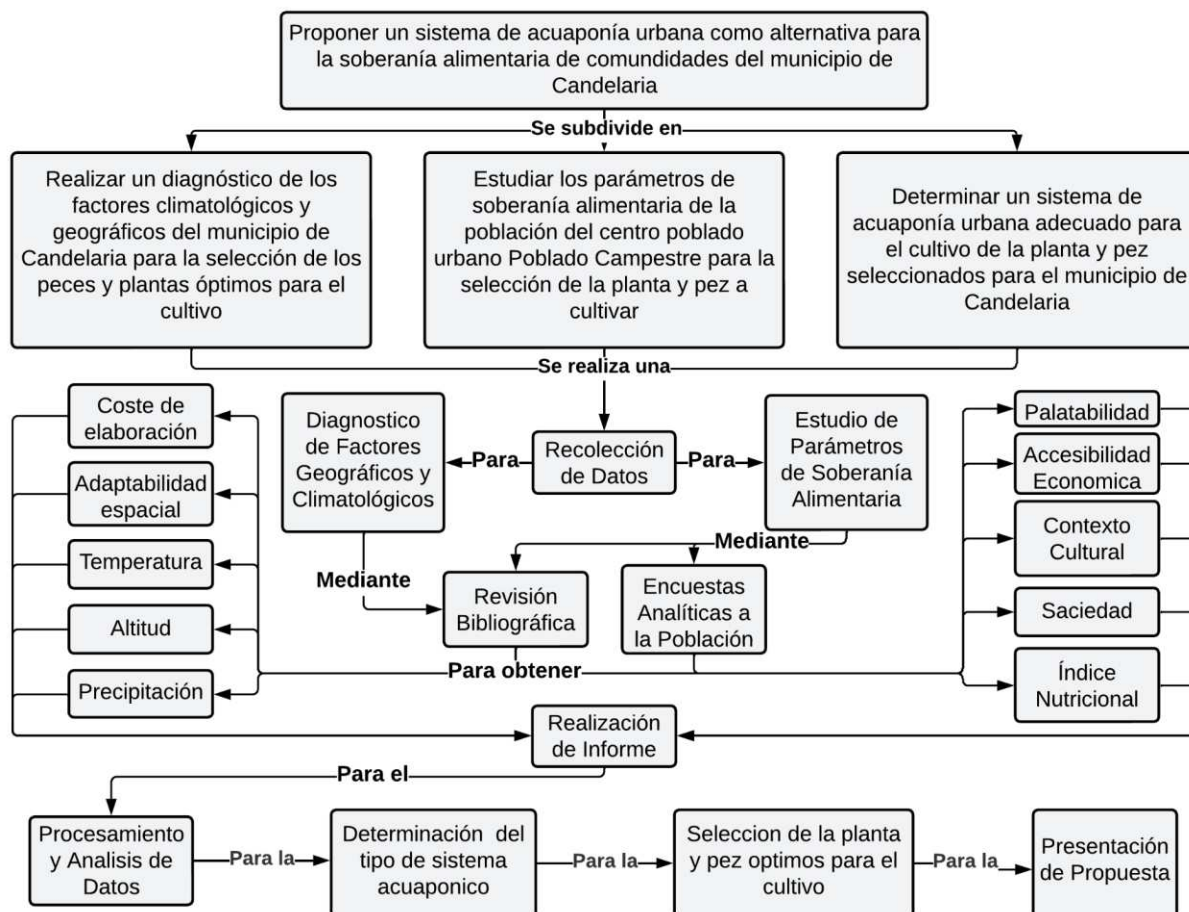


Figura 7. Diagrama Metodológico.

Fuente: Elaboración Propia.

6.1. Descripción de la zona de estudio

Para el desarrollo de la investigación se seleccionó a la comunidad de habitantes del Poblado Campestre en el municipio de Candelaria, centro urbano ubicado al km 5 de la vía Cali - Candelaria, al nororiente del municipio, ubicado en las coordenadas 3° 24' 43" Latitud Norte 76° 21' 1" Longitud Oeste con una altitud entre 945 m.s.n.m. en el corregimiento de Juanchito y 995 m.s.n.m. en su punto más alto el corregimiento de Cabuyal, la altitud en la cabecera Municipal es de 973 m.s.n.m. La temperatura promedio es de 23 °C y precipitación promedio anual de 1.000 mm, limita al Norte con el Municipio de Palmira, al Sur con el Departamento del Cauca, al Occidente con Santiago de Cali y al Oriente con los municipios de Pradera y Florida.

Este centro urbano fue seleccionado teniendo en cuenta que posee un 23,4% de la población del municipio, siendo el tercer corregimiento con mayor población del mismo, superado solo por Villagorgona y la Cabecera municipal; y la sobrepoblación que se da en la zona debido a nuevos proyectos de vivienda urbana que generan un gran desequilibrio entre la población y la seguridad alimentaria de los mismos, es por ello que a partir del Centro de Atención Descentralizado de la Alcaldía de Candelaria (CAD) ubicado en el Poblado Campestre, se realizó gran parte de la recolección de información necesaria para la estimación de ciertos parámetros socioculturales de soberanía alimentaria (Alcaldía Municipal de Candelaria, 2020).

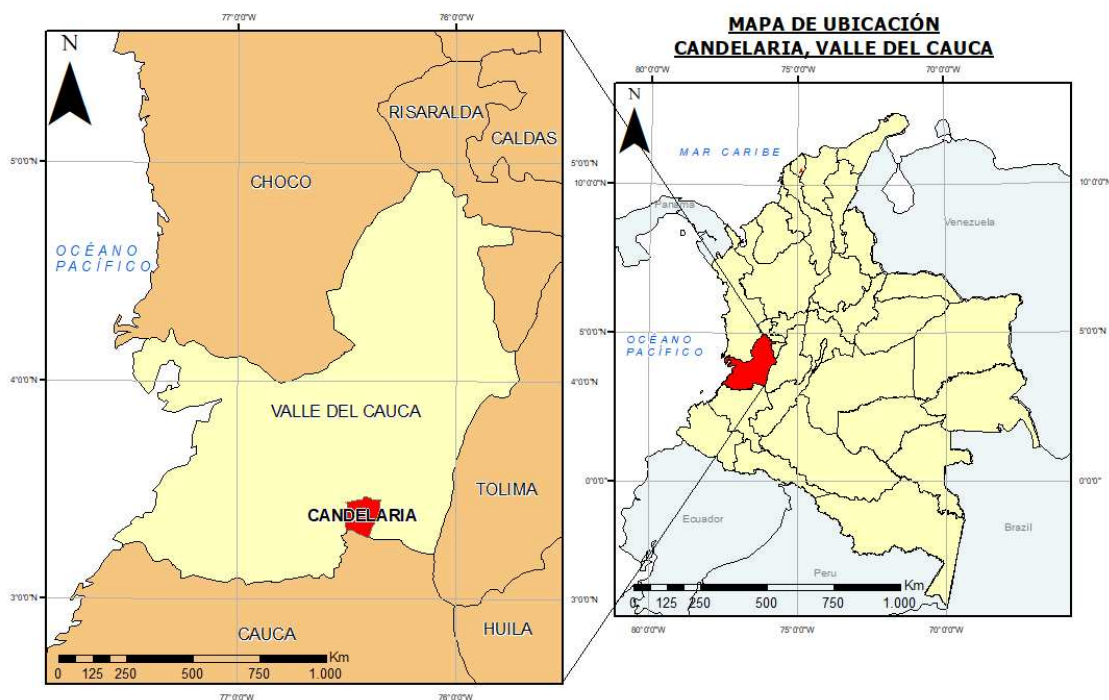


Figura 8. Mapa de ubicación del municipio de Candelaria.
Fuente: Elaboración Propia.

6.2. Investigación de factores técnicos y edafoclimáticos

6.2.1. Evaluación de sistemas hidropónicos

La evaluación de cada uno de los sistemas hidropónicos estudiados fue esencial para la determinación del sistema óptimo y la elaboración de la propuesta, por ende se verificó el cumplimiento de distintos factores importantes en la agricultura urbana y la acuaponía, como lo son la compatibilidad con el cultivo de peces, la adaptabilidad a espacios reducidos, un costo económicamente asequible por parte de la población y finalmente pero no menos importante, una elevada eficiencia en la producción de alimentos. Es por lo anterior que a continuación se plantean a profundidad las principales características que conforman al sistema hidropónico deseado:

- **Poseer una elevada productividad:** Cuando se busca una elevada productividad, el sistema a elegir sin duda se encuentra entre los sistemas de goteo, aireación y NFT respectivamente, nivel que varía en cierta medida dependiendo de la planta que se desee cultivar. En el caso de la lechuga, la espinaca y otras hierbas siempre será más productivo un sistema NFT: en cambio si se trata de cultivos como tomates y fresas los sistemas ideales serán los de aireación y goteo según el caso.
- **Tener un bajo costo de inversión:** El costo de inversión de un sistema hidropónico puede llegar a ser elevado, dependiendo de los materiales y elementos utilizados para la elaboración de este, sin embargo, los sistemas que requieren de una menor inversión son los sistemas de mecha y de suspensión, al no requerir de bombas ni dispositivos de aplicación como goteros o aspersores, siendo además innecesario el uso de energía eléctrica para su funcionamiento. También se pueden elaborar sistemas económicos de tipo NFT y *Ebb and Flow* dependiendo del nivel de inversión.
- **Ser compatible con el cultivo de peces:** Al hablar de la compatibilidad con el cultivo de peces, los sistemas de goteo, suspensión, aireación, mecha y *Ebb and Flow* comparten el mismo problema, los cinco poseen cantidades de agua recirculante reducidas, intermitentes o nulas, que hacen que implementar el cultivo de peces en un sistema, cuya recirculación de agua no es lo suficientemente elevada influya en la calidad del agua, y por lo tanto en la salud y el crecimiento de los peces.
- **Capacidad de ocupar un espacio reducido:** Los sistemas hidropónicos poseen tamaños distintos y en ciertos casos variables, sin embargo, si se habla de un espacio reducido los sistemas NFT, de mecha y de suspensión son los más adecuados, dependiendo principalmente de la productividad y el tipo de planta que se desee cultivar (Muhammed, 2018).

Tras la evaluación de los sistemas hidropónicos estudiados se seleccionó de manera concreta un tipo de sistema en particular, capaz de cumplir de manera eficiente con todos y cada uno de los requerimientos planteados, destacando de manera notable entre el resto de los sistemas que le acompañaron en el proceso de evaluación. La información obtenida se almacenó mediante un informe corto, que permitió condensar los datos de manera ordenada y clara, para su análisis y comprensión.

6.2.2. Determinación de alimentos regionales

A los alimentos que se consumen en una región, independientemente de donde fueron cultivados se les conoce primordialmente como alimentos regionales, este término hace referencia a los alimentos que son característicos de una región o zona geográfica determinada y que forman parte de la cultura culinaria y la identidad de las comunidades locales. Es importante destacar que algunos alimentos pueden ser originarios de una región específica, pero se pueden cultivar y producir en otros lugares. Sin embargo, si estos alimentos son consumidos y forman parte de la gastronomía y cultura de una determinada región, se les puede considerar como alimentos regionales o de la cocina local de esa zona.

Conocer los alimentos presentes en la región es de suma importancia para la selección de la planta y el pez a cultivar, estando sumamente ligados al contexto cultural que engloban, la presencia de estos representa la forma en que las personas se alimentan, y por ende el cómo lo hace la sociedad a la que pertenecen; motivo por el cual el componente cultural define de alguna u otra forma, la variedad de aquello que es comestible para la comunidad.

Por este motivo, el sitio principal donde se indagó para obtener los alimentos regionales pertenecientes al territorio estudiado fue el punto de origen de la gran mayoría de alimentos comercializados en el Municipio de Candelaria, la Central de Abastecimiento del Valle del Cauca S.A. (CAVASA). Lugar desde donde se procedió a buscar listados completos de los productos presentes en la zona, a partir de los cuales se sintetizó la información mediante una única lista que agrupara estos productos según su tipo, dividiéndose particularmente en origen animal, verduras, frutas, granos, productos no comestibles entre otros.

6.2.3. Compatibilidad de alimentos con sistema hidropónico NFT

En general se pueden realizar una gran variedad de cultivos hidropónicos, sin embargo, se debe tener en cuenta que las plantas tienen raíces distintas y que deben ser acogidas por un sistema de producción que garantice un nivel de oxígeno adecuado para su desarrollo. Algunos de los cultivos más populares en la hidroponía son las hierbas como la albahaca, el cebollino, el apio, el romero, la salvia, el orégano, el cilantro, el cimarrón, la menta y la lavanda; hortalizas como la col, el pepino, el pimentón, la berenjena, el zapallo, la cebolla, la lechuga, los guisantes, la coliflor, el repollo, el brócoli y los espárragos; frutas como el tomate, la sandía, los arándanos, las fresas, las moras y las uvas (Muhammed, 2018).

Además de lo anterior, es importante saber que el cultivo seleccionado no solo debe ser apto para el cultivo hidropónico, sino que además debe ser cultivable en un espacio reducido de acorde al enfoque establecido, realizar un cultivo acuapónico urbano. Por lo que una vez seleccionados los alimentos que pueden ser cultivados en un sistema NFT, se realizó un segundo filtro con base al espacio requerido por cada uno de estos, descartando directamente aquellos cultivos que requieren de un espacio amplio para su óptimo desarrollo, teniendo así finalmente un listado de aquellos alimentos ideales para el cultivo en un sistema hidropónico enfocado en el área urbana del municipio de Candelaria.

Para finalizar con este componente de la investigación se realizó un estudio de los ciclos vegetativos de los cultivos analizados, característica importante para la elaboración del proyecto debido a la compatibilidad que se busca entre el cultivo de la planta y el pez en el sistema acuapónico. Por lo anterior se estableció un ciclo vegetativo máximo de cinco meses para la planta, ciclo aproximado que posee el cultivo de peces comerciales en el territorio de Candelaria, y que permitiría que las plantas obtuvieran un suministro ininterrumpido de nutrientes provenientes del cultivo de los peces en el sistema acuapónico (Pollock, 2003).

6.2.4. Diagnóstico de factores edafo-climatológicos

El término compuesto edafo-climatología, se refiere a la unión entre la edafología y la climatología, ciencias que juntas estudian la interacción entre la planta y los fenómenos meteorológicos que le rodean. Teniendo en claro este concepto se procedió a realizar una investigación acerca de las condiciones climatológicas del municipio de Candelaria, pero al tratarse de un cultivo realizado de forma hidropónica se realizó una búsqueda de los requerimientos edafoclimáticos de los cultivos en este contexto tales como el rango altitudinal y las temperaturas óptimas para su desarrollo vegetativo, siendo la precipitación una variable que se desprecia cuando se trata de sistemas hidropónicos. Estos requerimientos fueron considerados sin la implementación de estructuras externas como invernaderos que generen condiciones artificiales al cultivo seleccionado, tarea que conllevaría a un incremento considerable de los costos de producción y fabricación del sistema hidropónico urbano, el cual busca funcionar con los mínimos costos de inversión posibles dentro del marco del proyecto.

Rangos altitudinales de los cultivos

Los límites de altitud sobre el nivel del mar en los cuales un cultivo es capaz de desarrollarse de manera óptima se conocen como "rangos altitudinales" o "zonas altitudinales óptimas". Estos rangos varían dependiendo del tipo de cultivo y de sus requerimientos específicos. Algunos cultivos tienen una amplia tolerancia altitudinal, mientras que otros son más sensibles y requieren condiciones específicas. En general, a medida que aumenta la altitud, las condiciones ambientales cambian, lo que puede afectar el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Factores como la temperatura, la radiación solar, la disponibilidad de oxígeno, la presión atmosférica y la duración de la estación de crecimiento pueden variar con la altitud y tener un impacto en los cultivos (Pollock, 2003).

Temperatura ideal de los cultivos

La influencia de la variación de la temperatura es altamente importante para los agricultores, siendo la encargada de estimular todos los procesos de crecimiento de las plantas, desde su fase inicial de siembra o la apertura de las yemas florales de los árboles frutales, hasta la etapa de madurez de la cosecha. Cuando se trata de zonas calurosas y soleadas, se logra aumentar la actividad de los insectos, situación esencial para lograr una efectiva polinización de plantas de clima cálido, lo que incrementa la actividad fotosintética y acelera en gran medida el crecimiento de los cultivos. Sin embargo, cuando se trata de plantas de clima frío una temperatura demasiado elevada puede llegar a generar un estrés térmico, lo que resulta en daños, marchitez y por ende una reducción en la producción del cultivo (Pollock, 2003).

Teniendo en claro los parámetros a estudiar para la selección de la planta, se procedió a investigar inicialmente las condiciones climatológicas presentes en el municipio de Candelaria, lo cual se logró gracias a la base de datos de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) de Cenicaña, donde se solicitó información acerca de valores mínimos y máximos registrados en variables tales como temperatura, precipitación media, humedad relativa, evaporación y radiación solar. Por otro lado, para poder encontrar información acerca del rango altitudinal en el cual se encuentra ubicado el municipio de Candelaria, se procedió a descargar un modelo de elevación digital (DEM) dentro de la base de datos del *United States Geological Survey* (USGS), entidad que cuenta con una amplia cantidad de imágenes satelitales dentro del territorio, gracias a la *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) desde donde un sensor voló a bordo del transbordador espacial *Endeavour* durante la misión STS-99 tomando mediciones entre el 11 y el 22 de febrero del año 2000. SRTM recopiló datos topográficos sobre casi el 80% de la superficie terrestre, creando el primer conjunto de datos casi global de elevaciones del terreno (NASA, 2023).

6.3. Investigación de factores nutricionales y de preferencia alimentaria

6.3.1. Estudio de información nutricional de los alimentos

Sin dejar de lado factores más teóricos como lo son los indicadores nutricionales de los alimentos planteados, el primer paso a seguir fue realizar un estudio de la información nutricional de las plantas previamente filtradas, filtrado que se realizó con base a la disponibilidad regional, su adaptabilidad al sistema hidropónico seleccionado y la permisibilidad de cultivo en el municipio de Candelaria, bajo las condiciones geográficas y climatológicas estudiadas. A partir de lo anterior se procedió a recopilar la información nutricional de los alimentos planteados y se estimó un indicador nutricional que permitiese su clasificación, esto se realizó mediante el cálculo del Índice NRF (*Nutrient Rich Foods*), el cual proporciona una métrica validada para evaluar la densidad de nutrientes de un alimento de manera individual.

6.3.2. Recolección de información acerca de la soberanía alimentaria del Municipio de Candelaria

Al empezar la realización de esta investigación fue complejo encontrar información reciente acerca de la situación de soberanía alimentaria del municipio, información importante si se quiere justificar de manera consistente el por qué la propuesta a plantear es realmente necesaria, y sin la cual toda la investigación carece de sentido. Por lo anterior se realizó una encuesta analítica a una muestra significativa de la población del Municipio de Candelaria presente en el **Anexo 2**, la cual se hizo con el objetivo de identificar indicadores generales sobre el acceso, disponibilidad y el origen de los alimentos dentro de los hogares de la región.

Es así como para identificar la situación de soberanía alimentaria de la población se hizo uso de indicadores de seguridad alimentaria, los cuales son herramientas útiles para evaluar la disponibilidad de alimentos que sean nutritivos e inocuos, capaces de satisfacer las necesidades nutricionales y preferencias alimentarias de las personas, los cuales se evaluaron dentro del contexto de soberanía alimentaria, buscando ante todo descubrir el nivel de seguridad alimentaria real de la población, es decir quienes realmente poseen la capacidad de cultivar sus propios alimentos. Es así que estos indicadores de seguridad alimentaria se conformaron a partir de cinco dimensiones principales: la disponibilidad física de los alimentos que se refiere a la oferta presente, el acceso económico y físico a los alimentos que se refiere a la capacidad que se tiene de adquirirlos, la utilización de los alimentos que se enfoca en cómo son aprovechados los nutrientes, el origen de los alimentos consumidos por los habitantes y la estabilidad en el tiempo de las cuatro dimensiones anteriores.

La encuesta fue realizada a una muestra determinada (418 Habitantes) de la población total del municipio de Candelaria (94.211 Habitantes), la cual fue distribuida de forma equitativa con un aproximado del 33% de encuestas para cada uno de los tres corregimientos con mayor número de habitantes del municipio, como lo son la Cabecera Municipal, Juanchito y Villagorgona. A partir de las cuales se logró dimensionar el estado de la soberanía alimentaria de la población de la región, viéndola de manera particular como la capacidad que estos poseen a producir y acceder a alimentos de forma sostenible y ecológica; lo que permitió obtener insumos suficientemente fuertes para construir un panorama claro a partir del cual plantear la propuesta, propuesta cuyo objetivo principal es incrementar la soberanía alimentaria del municipio y sus habitantes.

6.3.3. Estimación de indicadores de preferencia alimentaria para la selección de la planta a cultivar

El proceso de filtrado de los alimentos regionales del Municipio de Candelaria, el cual fue elaborado con base a la compatibilidad con el sistema acuapónico seleccionado y las condiciones climatológicas del municipio, facilitó en gran medida la evaluación de estos mediante distintos indicadores tales como su índice nutricional y como se presenta a continuación, los índices de preferencia alimentaria. Índices que representan uno de los componentes más importantes dentro de la investigación, lo cual se debe principalmente al enfoque planteado en la elaboración del proyecto, presentar una alternativa que incremente los niveles de soberanía alimentaria de la población del municipio.

La población misma escogió de manera consciente aquellos alimentos, que desde el contexto sociocultural y económico son más adecuados para el cultivo en su territorio. Por lo que una vez estimados los índices nutricionales de los alimentos, se realizó una encuesta analítica a una muestra representativa de la población, donde se logró estimar las preferencias que poseen con base a parámetros importantes como lo son la palatabilidad, la saciedad y la accesibilidad económica de la población al alimento. Todo con la finalidad de clasificar cada una de estas categorías y seleccionar el alimento ideal para la elaboración de la propuesta.

Estos índices se establecieron conforme a la búsqueda de un alimento que sea adecuado para la población y cuyo objetivo principal es incrementar la soberanía alimentaria del municipio, a la cual se espera dar más visibilidad y por ende promover mediante la implementación de la propuesta planteada al finalizar la elaboración del proyecto. Por todo lo anterior se presenta a continuación la metodología empleada en la que se estimaron los valores de palatabilidad, accesibilidad económica, nivel de saciedad y frecuencia de consumo de los seis alimentos analizados.

Teniendo ya en claro el enfoque establecido para la selección del alimento a cultivar, se determinaron los índices de preferencia alimentaria con la misma población del municipio a partir del alimento del que prefieren para alimentarse. Esta encuesta presente en el **Anexo 3** fue diseñada además de tal forma que permita a la población tener un contexto claro de la problemática presente, así como también del trabajo de filtrado realizado antes de la elaboración de esta, enfatizando de manera firme en el nivel de confidencialidad de las respuestas recibidas, con el objetivo de brindar confianza a la población a la hora de contestar las preguntas planteadas. Por consiguiente, se realizaron preguntas a la población acerca del sabor de los alimentos, el nivel de accesibilidad económica que poseen a la hora de adquirirlos, la sensación de llenura que les provocan y la frecuencia con la que son consumidos normalmente. A continuación, se presentan las preguntas realizadas mediante la elaboración de la encuesta de preferencia alimentaria a la población del Municipio de Candelaria:

Teniendo en cuenta los alimentos propuestos para la elaboración del proyecto:

Cebolla Cabezona.	Frijol Calima.	Cilantro.
Pimentón.	Cimarrón.	Habichuela.

- ¿Cuál de los alimentos presentados posee un mejor sabor?
- ¿Cuál de los alimentos presentados puede comprar con mayor facilidad?
- ¿Cuál de los alimentos presentados consume con mayor frecuencia?
- ¿Cuál de los alimentos presentados le produce mayor sensación de llenura?

Esta encuesta contó con una pregunta adicional realizada tras las preguntas presentadas anteriormente, con la cual se buscó determinar el nivel de receptibilidad de la población frente a la implementación de cultivos en la zona urbana.

- ¿De contar con los medios y conocimientos necesarios, cultivaría sus propios alimentos?

Una vez finalizadas la totalidad de las encuestas se realizó el debido procesamiento de la información recolectada y se escogió la planta a cultivar en el sistema acuapónico previamente seleccionado para la elaboración de la propuesta.

6.3.4. Estimación de parámetros para la selección del pez a cultivar mediante el sistema acuapónico seleccionado

A la hora de seleccionar el pez óptimo para el cultivo en el sistema acuapónico, se tuvieron en cuenta ciertos parámetros importantes que permitieran facilitar la implementación de estos en el entorno hidropónico. Es por lo anterior que a la hora de determinar estos parámetros se tuvieron en cuenta factores importantes del pez tales como, su nivel de resiliencia frente a las condiciones del agua, la posibilidad de cultivo de estos bajo las condiciones climáticas del Municipio de Candelaria y la presencia del pez en la dieta alimentaria de la población. Finalmente, se seleccionó aquel pez que no solo fuera capaz de desarrollarse de manera adecuada en el territorio, sino que además estuviese presente en la dieta de la población del municipio.

6.4. Procesamiento de información

Una vez realizada la recolección de los datos, se procedió a recopilar los informes realizados en cada una de las actividades de investigación, se organizaron y clasificaron de acuerdo con el enfoque que poseen dentro de la selección de la planta y pez óptimo para el cultivo, en la búsqueda de cumplir con los objetivos específicos. Teniendo ya organizados todos los datos a partir de las respectivas actividades, se hizo uso de softwares como Excel y ArcGIS Pro para la elaboración de Gráficos de barras, Tablas y Mapas que permitan visualizar de manera más clara los resultados obtenidos, lo que a su vez permitió un mejor análisis de cada una de las actividades realizadas.

Para finalizar, es importante remarcar como durante la investigación, siempre se buscó que la misma sea vista como una lectura de la realidad social de la comunidad, además de comprender la adaptación que los individuos se han visto obligados a hacer para sobrevivir a las dinámicas territoriales, sociales, culturales, entre otras; por este motivo, el presente trabajo encontró puntos de análisis distintos que finalmente acabarían relacionándose entre sí, gracias a información recolectada mediante encuestas e investigación previa.

6.5. Determinación de propuesta

Tras elaborarse el procesamiento y análisis de los datos recolectados, se logró determinar a partir de un balance de cada uno de los parámetros estudiados, cuál es el pez y la planta óptimos para el cultivo dentro del municipio mediante la técnica de acuaponía urbana. Esta selección se realizó entonces bajo un sustento lo suficientemente elaborado, capaz de representar aquel alimento que la población del municipio no solo necesita sino también del cual quiere alimentarse. Tras lo anterior se procedió a elaborar un plano del sistema acuapónico requerido para el cultivo de la planta y el pez seleccionados, este plano cuenta con las medidas y materiales necesarios para la elaboración del sistema, con el cual se busca presentar de manera clara su funcionamiento y requerimientos, tanto de espacio como a nivel energético como de otros insumos necesarios para el crecimiento de los peces y las plantas.

Para terminar, se realizó un presupuesto del sistema, en el cual se detalla el costo de cada uno de los materiales e insumos requeridos, este se hace con la intención de presentar a la comunidad una idea del costo que conlleva elaborar el sistema, y a su vez el beneficio que puede generar la implementación de este en las comunidades. La propuesta presentada como alternativa para la soberanía alimentaria del municipio de Candelaria es capaz de cumplir con todos los requerimientos planteados y, por ende, se puede considerar como una base firme sobre la cual se pueda trabajar en el desarrollo tecnológico de una herramienta altamente necesaria para incrementar la soberanía alimentaria del municipio de Candelaria.

7. Análisis de resultados

7.1.1. Determinación de requerimientos edafoclimáticos de los cultivos

Haciendo uso de un modelo de elevación digital del territorio demarcado, se procedió a generar un mapa de curvas de nivel mediante sistemas de información geográfica a través del software ArcGIS Pro (**Figura 9**) que permite ver la variación altitudinal del terreno, con una altitud mínima de 947 m.s.n.m. y una altitud máxima de 1.070 m.s.n.m.

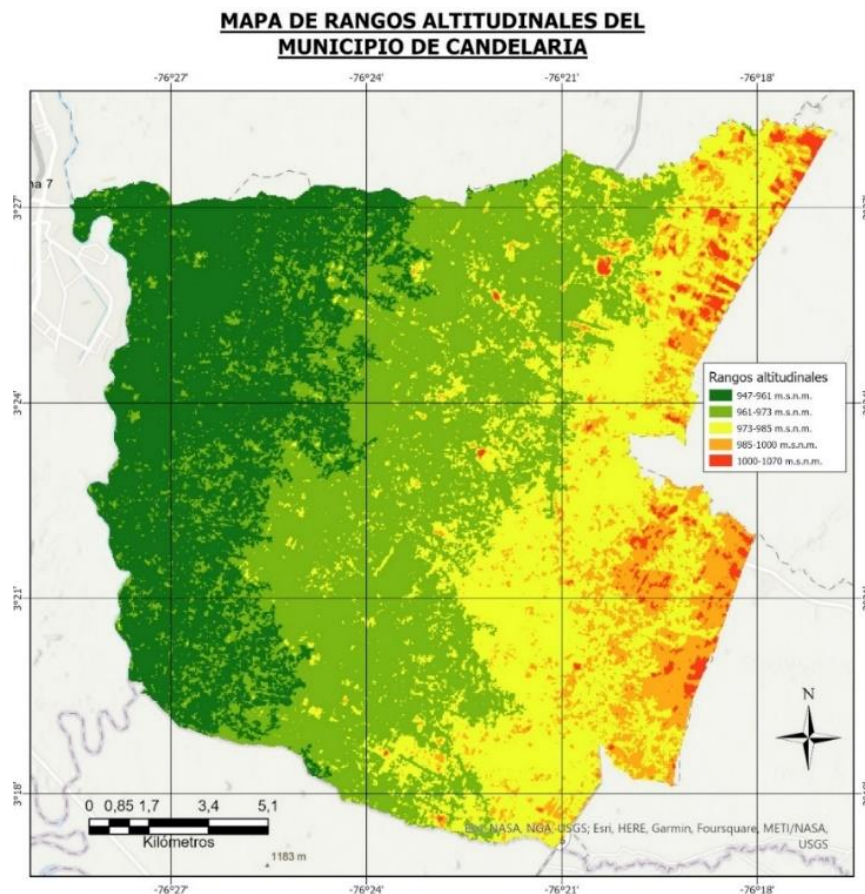


Figura 9. Mapa de rangos altitudinales del Municipio de Candelaria.
Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, a partir de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) de Cenicaña, se solicitaron todos los valores de temperatura media obtenidos por la estación meteorológica correspondiente al municipio de Candelaria, los cuales corresponden a mediciones tomadas desde el año 1993 hasta el presente año (2023). Esta información se presenta sintetizada en la **Tabla 2** donde se puede visualizar el valor mínimo, medio y máximo registrado para el valor de temperatura media.

Tabla 2. Consulta a la base de datos de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) de Cenicaña, para el municipio de Candelaria entre los años 1993 y 2023.

Temperatura Media (°C)	
Mínima	18,6
Media	23,3
Máxima	26,8
Desviación Est.	1,1
Núm. Datos	10.821

Nota. Adaptado de Cenicaña (2023).

7.2. Evaluación de factores para la selección del alimento a cultivar

7.2.1. Parámetros de selección del sistema hidropónico apto para la implementación de acuaponía urbana

A la hora de elegir un tipo de sistema hidropónico apto para la acuaponía urbana, se tuvieron en cuenta factores importantes, tales como la productividad deseada, el tipo de cultivo, la compatibilidad con el cultivo de peces, la capacidad de ocupar un espacio reducido y el coste de inversión requerido. Es por lo anterior que a continuación se plantean a profundidad las principales características que conforman al sistema hidropónico deseado. Es por todos y cada uno de los parámetros anteriormente mencionados que se presenta a continuación, en la **Tabla 2**, la rúbrica de evaluación utilizada para definir finalmente el sistema hidropónico ideal para la elaboración del proyecto.

Tabla 3. Rúbrica de evaluación de tipos de sistemas hidropónicos aptos para la implementación de acuaponía urbana.

Parámetros	Sistema de goteo	Sistema de suspensión	Aeroponía	Sistema de mecha	Sistema de NFT	Sistema de Ebb and Flow
Elevada productividad	☒		☒		☒	
Bajo costo de Inversión		☒		☒	☒	☒
Compatibilidad con cultivo de peces					☒	
Espacio reducido		☒		☒	☒	
Puntuación total	☒	☒ ☒	☒	☒ ☒	☒ ☒ ☒ ☒	☒

Nota. Adaptado de Muhammed (2018).

❖ **Sistema seleccionado: Técnica de película nutritiva (NFT)**

La técnica de la película nutritiva, más conocida por sus siglas en inglés “NFT” (*Nutrient Film Technique*), es considerada el tipo de sistema más utilizado en el área de la hidroponía, cuya teoría principal de la NFT es el principio por el cual las soluciones nutritivas en forma de película fina se introducen en el sistema y recirculan para la producción de cultivos. Este sistema se adapta ampliamente a una gran variedad de plantas y es ideal para cultivos a corto plazo como pueden ser la lechuga y las hortalizas. Los sistemas NFT más grandes se adaptan a la producción de cultivos a más largo plazo, como pepinos y tomates, lo que hace de la hidroponía un sistema productivo económicamente atractivo, cuyas múltiples ventajas le hacen ideal para reducir la degradación de los recursos naturales (Muhammed, 2018).

♦ **Ventajas de la utilización de la técnica de película nutritiva (NFT)**

- No es necesaria la utilización de suelo y su biorremediación.
- Sistema económicamente viable con altos rendimientos.
- Mejor control de los nutrientes.
- Utilización de semillas tratadas contra enfermedades.
- Conservación del agua.
- Estadísticas constantes.
- Elimina problemas medioambientales.
- Aumenta el rendimiento, el tamaño, la calidad y el sabor de los productos cultivados.
- Aumenta la resistencia de las plantas a insectos y enfermedades.
- Elimina la contaminación del agua y del suelo (principales fuentes de contaminación microbiana).
- Se necesita menos espacio: ahora se cultivan más plantas en menos espacio.
- Se requiere menos tiempo de cultivo.
- Se reduce la mano de obra y el mantenimiento del cultivo.
- Los nutrientes son reciclables.
- Las plantas pueden crecer desde la fase de plántula en el sistema hidropónico.
- No es necesaria la rotación de cultivos.
- Menor impacto al medio ambiente (Menos pesticidas e insecticidas).

♦ **Desventajas de la utilización de la técnica de película nutritiva (NFT)**

- Se requiere personal cualificado.
- Rápida propagación de una enfermedad una vez que entra en el sistema.
- El coste inicial de la instalación puede ser elevado si no se consulta adecuadamente.
- El fallo de una bomba puede provocar la pérdida de cosechas si no hay un sistema de reserva.
- Obstrucción del sistema a causa de las raíces de las plantas.

En general, las ventajas de la hidroponía superan a sus desventajas de manera amplia, lo que ocurre gracias al cambio constante que este sistema posee para adaptarse a las necesidades de quienes lo implementan. La eliminación del suelo en esta forma de cultivo ha aportado innumerables beneficios al reducir los costos y el tiempo asociados a todos los inconvenientes generados por el suelo. Ha pasado de ser una práctica unipersonal para convertirse en un negocio comercial e industrializado (Muhammed, 2018).

7.2.2. Investigación de alimentos regionales del Municipio de Candelaria

Los datos relacionados a esta área se obtuvieron mediante el acceso a un listado de precios de los alimentos comercializados por la Central de Abastecimiento del Valle del Cauca S.A. (CAVASA), a partir del cual se lograron filtrar aquellos alimentos de origen pecuario y vegetal que poseen una elevada compatibilidad con el sistema hidropónico seleccionado. Se presenta a continuación en la **Tabla 3** el listado general de los productos comercializados por la central de abastecimiento (Valencia, 2014).

Tabla 4. Listado de productos comercializados por la central de abastecimiento CAVASA.

Origen Animal	Verduras	Frutas	Otros
Lomo Viche de Res	Ajo Blanco	Banano	Aceite Vegetal
Bola Negra de Res	Arveja Verde	Curuba	Café
Pecho de Res	Brócoli	Guayaba Pera	Chocolate
Leche Mega litro	Cebolla Cabezona Blanca	Limón Tahití	Harina de Trigo
Carne Pulpa de Cerdo	Cebolla Larga	Lulo	Leche en Polvo
Espinazo de Cerdo	Choclo	Mandarina Arrayana	Panela
Pechuga de Pollo	Cilantro	Mango Tommy	Pasta
Pollo Despresado	Cimarrón	Manzana Roja	Sal
Pollo sin Visceras	Coliflor	Maracuyá	Azúcar Refinada
Huevo Rojo	Habichuela	Mora de Castilla	Azúcar Sulfitada
	Lechuga Batavia	Naranja Valencia	Salsa de Tomate
	Papa Amarilla	Papaya Maradol	Mayonesa
	Papa Parda	Pera Verde	Atún
	Papa Guata	Piña Manzana	Sardina
	Pepino Cohombro	Piña Oromiel	Condimento
	Pimentón	Tomate de Árbol	
	Plátano Maduro		
	Plátano Verde	Granos	No Alimentos
	Repollo Blanco	Arroz	Detergente
	Remolacha	Arveja Seca	Crema Dental
	Tomate Chonto	Frijol Calima Verde	Jabón
	Tomate Milano	Frijol Calima	Servilletas
	Yuca Chirrosa	Lenteja	Papel Higiénico
	Zanahoria		
	Zapallo Común		

Nota. Adaptado de Valencia (2014).

7.2.3. Filtrado de cultivos compatibles con el sistema hidropónico NFT

Una vez obtenido un listado completo de aquellos alimentos comercializados en la región, se realizó un filtro de los alimentos de origen vegetal, siendo uno de los principales requerimientos para que un alimento pueda ser cultivado de esta forma en primer lugar. Seguido de esto, se hizo énfasis en los parámetros que un cultivo debe poseer para poder ser cultivado por medio de la técnica de película nutritiva (NFT), con el propósito de continuar descartando aquellos alimentos que no cumplen con los requisitos necesarios para ser cultivados como parte del proyecto.

A continuación, se presenta en la **Tabla 4** un listado completo de los alimentos de origen vegetal cuyo ciclo vegetativo es igual o menor a cinco meses, los cuales fueron extraídos del listado de productos comercializados en la región presentado anteriormente. En esta lista además se logra identificar, el ciclo vegetativo cada uno de los alimentos, el espacio que requieren para su cultivo y su compatibilidad con el sistema hidropónico NFT.

Tabla 5. Alimentos de cultivo de ciclo corto y su compatibilidad con sistema hidropónico NFT

Alimentos	Ciclo Vegetativo (meses)	Espacio Requerido	Compatibilidad con NFT
Arveja Verde ⁽¹⁾	5	Reducido	Si
Brócoli	4	Amplio	Si
Cebolla Cabezona Blanca ⁽¹⁾	4	Reducido	Si
Cebolla Larga ⁽¹⁾	4	Reducido	Si
Choclo	3	Amplio	No
Cilantro ⁽¹⁾	3	Reducido	Si
Cimarrón ⁽¹⁾	3	Reducido	Si
Coliflor	5	Amplio	Si
Habichuela ⁽¹⁾	2	Reducido	Si
Lechuga Batavia ⁽¹⁾	2	Reducido	Si
Pepino Cohombro	3	Amplio	Si
Pimentón ⁽¹⁾	3	Reducido	Si
Repollo Blanco	4	Amplio	Si
Remolacha	4	Reducido	No
Tomate Chonto	3	Amplio	Si
Tomate Milano	3	Amplio	Si
Zanahoria	5	Reducido	No
Zapallo Común	4	Amplio	Si
Arroz	4	Reducido	No
Frijol Calima Verde ⁽¹⁾	3	Reducido	Si
Frijol Calima ⁽¹⁾	4	Reducido	Si
Lenteja ⁽¹⁾	4	Reducido	Si
⁽¹⁾ Compatible con sistema hidropónico urbano.			

Nota. Adaptado de Mohammed (2018) & Pollock (2003).

7.2.4. Filtrado de cultivos compatibles con las condiciones edafoclimáticas del territorio

Tras ser obtenida la información relacionada a las condiciones edafoclimáticas del territorio, se procedió a evaluar el cumplimiento de los requerimientos que poseen los cultivos estudiados, en la búsqueda de descartar aquellos alimentos que no puedan tener un óptimo desarrollo bajo las condiciones dadas. Esto se logró mediante la revisión de material bibliográfico de los cultivos planteados, a partir de la cual se elaboró la **Tabla 6** presentada a continuación, donde se puede visualizar la información recolectada, y el cómo se realizó la selección de aquellos alimentos óptimos para el cultivo bajo las condiciones edafoclimáticas del municipio.

Tabla 6. Alimentos compatibles con sistema hidropónico NFT de modalidad urbana y su capacidad de cultivo óptimo en el territorio de Candelaria.

Alimentos	Rango Altitudinal (m.s.n.m.)	Temperatura Ideal de Cultivo (°C)
Arveja Verde	1700-2800 ⁽¹⁾	13-20
Cebolla Cabezona Blanca ^(a)	0-2800 ⁽²⁾	12-28
Cebolla Larga	1500-3000 ⁽³⁾	12-20
Cilantro ^(a)	800-2800 ⁽⁴⁾	10-30
Cimarrón ^(a)	5-1600 ⁽⁵⁾	15-30
Habichuela ^(a)	1000-2000 ⁽⁶⁾	15-27
Lechuga Batavia	2514-2890 ⁽⁷⁾	15-18
Pimentón ^(a)	0-2300 ⁽⁸⁾	15-30
Frijol Calima Verde ^(a)	500-2400 ⁽⁹⁾	15-27
Frijol Calima ^(a)	400-2400 ⁽⁹⁾	15-27
Lenteja	2400-2800 ⁽¹⁰⁾	13-17
Parámetros Territorio ⁽¹¹⁾	947-1070	18,6-26,8
^(a) Capacidad de cultivo óptimo en el Municipio de Candelaria.		

Nota. Adaptado de Galindo (2020) ⁽¹⁾, Salinas et al (2020) ⁽²⁾, Huertas et al (2020) ⁽³⁾, Avilez (2019) ⁽⁴⁾, Pérez & Arbeláez (1956) ⁽⁵⁾, Argüello (2020) ⁽⁶⁾, Zuloaga (2008) ⁽⁷⁾, Zamora (2015) ⁽⁸⁾, Samboni (2021) ⁽⁹⁾, Peralta et al (2013) ⁽¹⁰⁾ & Cenicaña (2023) ⁽¹¹⁾.

7.3. Selección del alimento en base a factores nutricionales y preferencia alimentaria

7.3.1. Investigación de información nutricional de las plantas

Una vez finalizado el proceso de selección teórica de los alimentos cultivables en el territorio de Candelaria bajo la modalidad de cultivo acuapónico NFT, se pasó al siguiente ámbito en la determinación del alimento a cultivar. La investigación de la información nutricional de los alimentos, como medida de evaluación de estos en su desempeño contra de la inseguridad alimentaria, la cual se logró obtener gracias a la revisión bibliográfica de múltiples investigaciones acerca de los alimentos y su análisis nutricional, como también a partir de bases de datos nutricionales como *FoodData Central* del *United States Department of Agriculture* (USDA), y la base de datos *Australian Food Composition Database* del *Food Standards Australia New Zealand* (FSANZ). Los datos obtenidos se presentan a continuación en la **Tabla 7**, lugar donde se puede apreciar el contenido nutricional de los seis alimentos filtrados a lo largo de la investigación, y cuyos valores fueron estandarizados a partir de doce nutrientes y su cantidad aporte calórico por cada 100 gramos del alimento analizado.

Tabla 7. Información nutricional de alimentos cultivables en sistema hidropónico NFT de modalidad urbana, en el municipio de Candelaria.

Nutriente / 100g	Cebolla Cabezona Blanca ⁽¹⁾	Frijol Calima - Verde ⁽¹⁾	Cilantro ⁽¹⁾	Pimentón ⁽¹⁾	Habichuela ⁽²⁾	Cimarrón ⁽³⁾
Proteína (g)	1,1	23	2,13	0,86	1,8	1,9
Fibra (g)	1,7	24,7	2,8	1,7	2,8	2,1
Vitamina A (IU)	2	2	6750	370	0	1266,66
Vitamina C (mg)	7,4	0	0	0	4	0,7
Vitamina E (mg)	0,02	0	2.5	0,37	0	0
Calcio (mg)	21	127	67	10	45	195
Hierro (mg)	0,15	5	1,77	0,34	0,69	4,9
Potasio (mg)	141	1330	521	175	280	310
Magnesio (mg)	9,3	156	26	10	24	21
Grasas saturadas (g)	0,042	0,316	0,014	0,058	0	0,5
Azúcares añadidos (g)	0	0	0	0	0	0
Sodio (mg)	2	6	46	3	0	41
Calorías (cal)	36	335	23	20	25,335	38

Nota. Adaptado de U.S.D.A. (2019) ⁽¹⁾, FSANZ. (2022) ⁽²⁾ & Moreira, M. (2015) ⁽³⁾.

Tras ser obtenidos los contenidos nutricionales de los alimentos seleccionados, se generó una duda respecto al como sintetizar estos valores de una manera homogénea que permita clasificarlos de una manera clara y elaborada, la cual fue resuelta de manera óptima gracias a la implementación de los índices nutricionales *Nutrient Rich Foods* (NRF). Este índice nutricional proporciona una métrica validada para evaluar la densidad de nutrientes de alimentos individuales, cuya variante actual, conocida como NRF9.3, se basó en la suma del porcentaje de los valores diarios para 9 nutrientes necesarios, menos la suma del porcentaje de valores máximos recomendados para 3 nutrientes a limitar, esto se hizo en base a los valores diarios calculados por cada porción y con un límite del 100%.

En la **Tabla 8** presentada a continuación se presentan las ecuaciones y variables utilizadas para el cálculo del índice NRF9.3, el cual fue calculado para cada uno de los 6 alimentos planteados anteriormente.

Tabla 8. Ecuaciones del Índice NRF9.3 para las subpuntuaciones de nutrientes ricos (NR9) y nutrientes limitantes (LIM).

Modelo	Ecuación	Notas
NR9 _{RACC}	$\sum_{i=1}^9 \left(\frac{\text{Nutriente } i}{VRDi} \right) \times 100$	Nutriente i = Valor aportado del Nutriente i VRDi = Valor de Referencia Diario de Nutriente i
LIM _{RACC}	$\sum_{i=1}^3 \left(\frac{\text{Nutriente } i}{VMRi} \right) \times 100$	Nutriente i = Valor aportado del Nutriente i VMRi = Valor Máximo Recomendado de Nutriente i
NRF9.3 _{RACC}	$NR9_{RACC} - LIM_{RACC}$	—

NR9_{RACC}, subpuntaje basado en los 9 nutrientes a suplir por porción.

LIM_{RACC}, subpuntaje basado en los 3 nutrientes a limitar por porción.

Nota. Adaptado de Drewnowski (2010).

Tal y como se mencionó previamente, el indicador NRF9.3 se obtuvo mediante el cálculo de porcentajes de nutrientes con base a sus valores de referencia diarios y valores máximos recomendados, los cuales se extrajeron para una dieta basada en 2.000 calorías y se muestran de manera sintetizada en la **Tabla 9** presentada a continuación.

Tabla 9. Valores de referencia diarios y valores máximos recomendados de nutrientes basados en una dieta de 2.000 calorías.

Nutriente	VRD	VMR
Proteína (g)	50	-
Fibra (g)	25	-
Vitamina A (IU)	5000	-
Vitamina C (mg)	60	-
Vitamina E (mg)	20	-
Calcio (mg)	1000	-
Hierro (mg)	18	-
Potasio (mg)	3500	-
Magnesio (mg)	400	-
Grasas saturadas (g)	-	20
Azúcares añadidos (g)	-	50
Sodio (mg)	-	2400

VRD, Valor de referencia diario del nutriente.

VMR, Valor máximo recomendado del nutriente.

Nota. Adaptado de Drewnowski (2010).

Con los valores de referencia diarios y los máximos recomendados establecidos, se procedió a realizar el cálculo del indicador NRF9.3 de cada uno de los alimentos analizados mediante el uso de las ecuaciones presentes en la **Tabla 8**, dando como resultado los índices nutricionales de cada uno de los alimentos presentados, los cuales se presentan a continuación en la **Tabla 10**, lugar donde se evidencia un índice nutricional bastante superior por parte del Frijol Calima frente al resto de alimentos, con un índice NRF9.3 de 260,488. Por el otro lado el Pimentón fue el alimento con un menor índice nutricional cuyo valor fue de 27,744.

Tabla 10. Cálculo del indicador NRF9.3 de los alimentos cultivables en sistema hidropónico NFT de modalidad urbana, en el municipio de Candelaria.

Modelo	Cebolla Cabezona	Frijol Calima - Verde	Cilantro	Pimentón	Habichuela	Cimarrón
NR9 _{RACC}	30,760	262,318	200,879	28,159	43,800	99,529
LIM _{RACC}	0,293	1,830	1,987	0,415	0,000	4,208
NRF9.3 _{RACC}	30,467	260,488	198,892	27,744	43,800	95,321

NR9_{RACC}, subpuntaje basado en los 9 nutrientes a suplir por porción.

LIM_{RACC}, subpuntaje basado en los 3 nutrientes a limitar por porción.

Nota. Elaboración propia.

7.3.2. Cálculo de la muestra representativa de población para el análisis estadístico

A continuación, se presenta la ecuación empleada para el cálculo de la muestra a encuestar en la **Tabla 11**, la cual se estimó con un porcentaje de confianza del 96% (Tabla 12) y un error estimado máximo del 5%, sin un resultado claro esperado de manera previa. Esta muestra fue dividida entre los tres corregimientos con mayor población del territorio, La Cabecera Territorial, Villagorgona y Juanchito, los cuales suman entre los tres un total aproximado del 75% de la población del municipio (Alcaldía de Candelaria, 2021).

Tabla 11. Ecuación y cálculo del tamaño de la muestra de una población.

Variable	Ecuación	Notas
n	$\frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$	N = Tamaño de la población Z _α = Parámetro dependiente del nivel de confianza e = Porcentaje de error estimado máximo p = Probabilidad de que ocurra el evento q = Probabilidad de que no ocurra el evento
418,39 habitantes	$\frac{94.211 * 2,05^2 * 0,5 * 0,5}{0,05^2 * (94.211 - 1) + 2,05^2 * 0,5 * 0,5}$	N = 94.211 Habitantes Z _α = 2,05 para un NC del 96 % e = 5,00 % de error estimado máximo p = 50,00 % de probabilidad de que ocurra q = 50,00 % de probabilidad de que no ocurra
n, tamaño de la muestra para el análisis estadístico.		

Nota. Elaboración propia a partir de datos extraídos del anuario estadístico del Municipio de Candelaria (2021).

Tabla 12. Correlación de Z_α y el nivel de confianza seleccionado.

NC	Z _α .
99,7%	3,00
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95%	1,96
90%	1,645
80%	1,28
50%	0,67
NC, nivel de confianza seleccionado.	
<i>Nota.</i> Elaboración propia.	

7.3.3. Resultados de estudio de soberanía alimentaria del Municipio de Candelaria

Tras realizar la recolección de datos de soberanía alimentaria, se lograron crear una serie de gráficos que evalúan características de los encuestados, tales como rangos de edad, genero, nivel educativo, habitantes por vivienda y la ocupación de la cabeza de hogar, esto con la finalidad de permitir a las personas establecer relaciones entre estas características y los parámetros de soberanía alimentaria obtenidos a partir de indicadores de seguridad alimentaria, los cuales se evaluaron a partir de preguntas relacionadas al origen de los alimentos consumidos, la capacidad económica destinada a alimentación por parte de las familias y por último, pero no menos importante la implementación de estrategias frente a la inseguridad alimentaria que cierta parte de la población enfrenta.

La distribución etaria se dio en rangos irregulares cuya muestra menor a los 26 años fue del 12,95%, mientras que en cambio un 28,24% de la muestra superaban los 61 años tal como se observa en la **Tabla 13**. Por otro lado, en lo que respecta al género de los encuestados se tuvo una muestra con un 44,71% de la población identificada bajo el género masculino y un 55,29% con el femenino, dejando finalmente un 0% de las personas identificadas con otro género (**Anexo 1**).

Tabla 13. Rangos de edad de la muestra encuestada.

Rangos de edad (años)	Encuestados	Porcentaje
0-4	0	0,00%
5-13	1	0,24%
14-26	54	12,71%
27-45	145	34,12%
46-60	105	24,71%
61-100	120	28,24%
TOTAL	425	100,00%

Nota. Elaboración propia a partir de Anexo 1.

Seguidamente en lo que respecta al nivel educativo, el 46,82% de las personas tienen un nivel educativo máximo de bachiller, mientras que tan solo un 18,35% poseen una educación técnica o superior. Con relación a la ocupación laboral de la cabeza de hogar de los encuestados se obtuvo que un 41,41% trabajan de manera independiente, mientras que por otro lado el 23,29% de la muestra se encuentra en situación de desempleo, hecho que fue considerado alarmante durante la recolección de la información. Por último, antes de dar paso a la evaluación de los índices de soberanía e inseguridad alimentaria, cabe destacar que el número de habitantes por vivienda de la muestra encuestada presenta a un 28,54% de los hogares con un total de 3 habitantes, mientras que el 19,34% poseen 5 o más habitantes bajo un mismo techo (**Anexo 1**).

A partir de la **Figura 10** se puede observar claramente como con un 51,29% de los encuestados, la gran mayoría de los habitantes del municipio obtienen sus alimentos a través de compras diarias, al no poderse permitir comprar un mercado de contado para el mes completo como el otro 36,00% de la muestra encuestada. Por otro lado, es importante destacar de esta figura como tan solo el 1,41% de la muestra obtiene sus alimentos mediante la producción propia, lo cual a su vez representa como un 98,59% restante depende completamente de los alimentos suministrados por las centrales de abastecimiento, indicador altamente alarmante acerca de la ausencia de soberanía alimentaria en el municipio, el cual depende de alimentos provenientes de zonas externas transportados a la región.

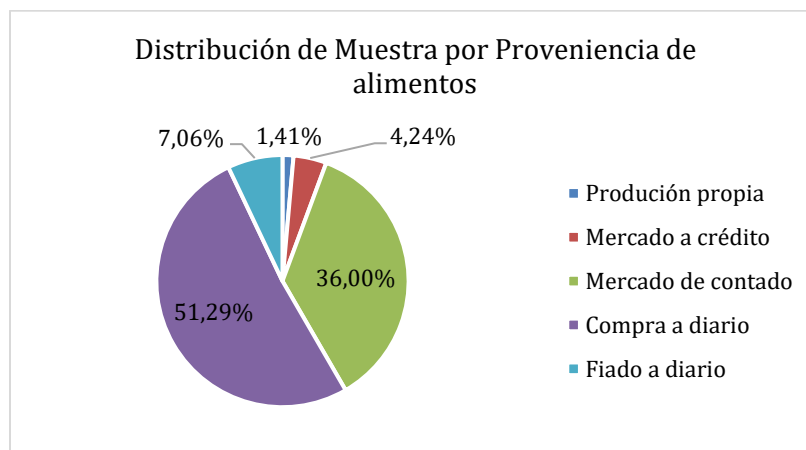


Figura 10. Gráfico circular de porcentajes de proveniencia de los alimentos en los hogares.
Fuente: Elaboración propia.

De la **Figura 11** presentada anteriormente se pudo determinar cómo solo un 12,03% de los encuestados poseen ingresos suficientes destinados a la compra de alimentos cada mes, mientras que para un 20,05% estos son insuficientes, dejando al resto de personas con ingresos casi suficientes y en algunos casos a veces suficientes para la compra de alimentos de todo tipo. Estos resultados son indicadores claros de las dificultades económicas que presenta la población del Municipio de Candelaria y el impacto negativo que estas generan en su nivel de seguridad alimentaria.

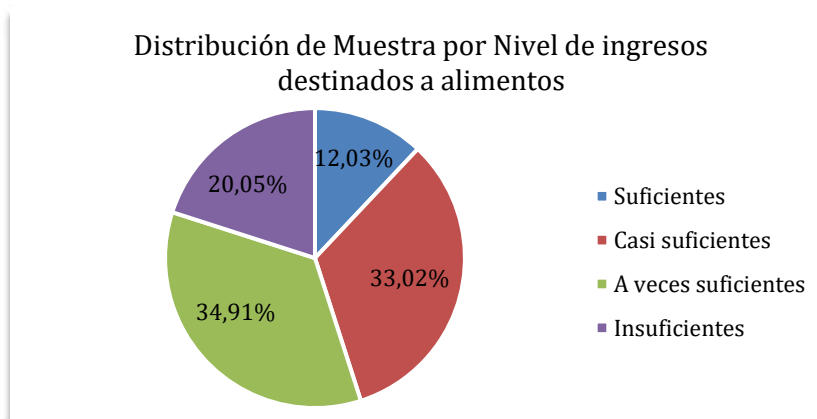


Figura 11. Gráfico circular de porcentajes de nivel de ingresos destinados a alimentos en los hogares.
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, y teniendo en cuenta las dificultades presentes en la región se evaluó la aplicación de estrategias enfocadas en subsistir frente a la inseguridad alimentaria, cuyos resultados presentes en la **Figura 12** remarcan una tendencia de la población a reducir la cantidad de la porción diaria de alimento, la cual representa un 42,38% de la muestra estudiada, seguido de un 30,67% de personas que optan por consumir alimentos menos preferidos a los cuales pueden acceder con mayor facilidad.

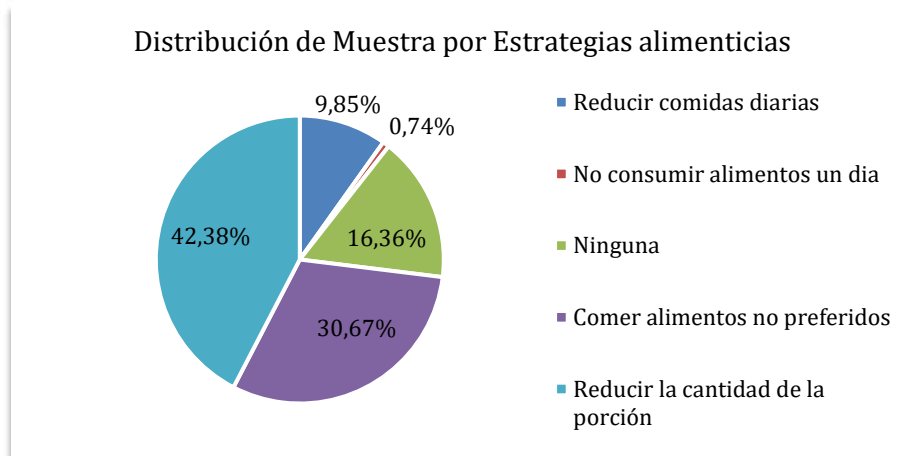


Figura 12. Gráfico circular de porcentajes de aplicación de estrategias contra la inseguridad alimentaria en los hogares.
Fuente: Elaboración propia.

7.3.4. Selección de la planta a cultivar con base a preferencia alimentaria

Una vez realizada la recolección de datos de preferencia alimentaria, se lograron crear una serie de gráficos que evalúan la preferencia alimentaria de la población con base a cuatro parámetros previamente establecidos, esto con la finalidad de permitir a las personas decidir de manera directa aquel alimento del cual prefieren alimentarse, los cuales se evaluaron a partir de preguntas relacionadas a la palatabilidad, la accesibilidad económica que poseen a adquirirlos, la frecuencia con la que los consumen y el nivel de saciedad que les producen. Los resultados obtenidos a partir de las encuestas de preferencia alimentaria que fueron realizadas fueron debidamente procesados y se presentan de manera clara en la **Figura 13** y la **Figura 14** presentadas a continuación.

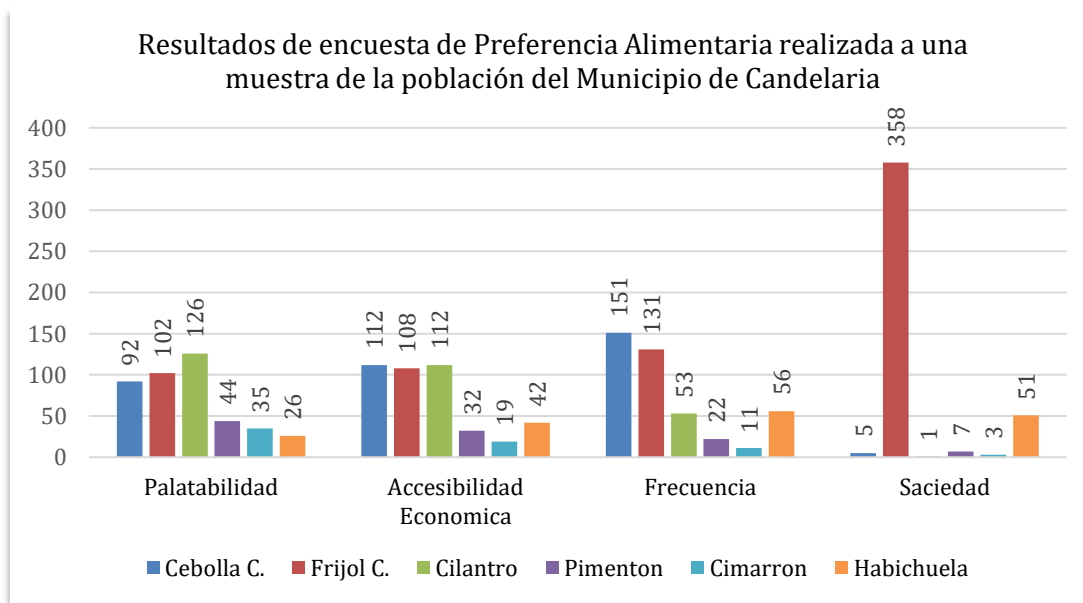


Figura 13. Gráfico de barras de los resultados de la encuesta de Preferencia Alimentaria realizada a una muestra de la población del Municipio de Candelaria.
Fuente: Elaboración propia.

Tal como se puede observar en la **Figura 13**, para el parámetro de palatabilidad la población encuestada selecciono el cilantro como alimento preferido con un 29,65 % de los votos totales, mientras que para el parámetro de accesibilidad económica fueron seleccionadas en un empate la cebolla cabezona y el cilantro con un 26,35 %, por otro lado para el parámetro de frecuencia estudiado la población selecciono la cebolla cabezona con un 35,53 % del total, seleccionando finalmente para el parámetro de saciedad con un contundente 84,24 % de la totalidad de votos al frijol calima.

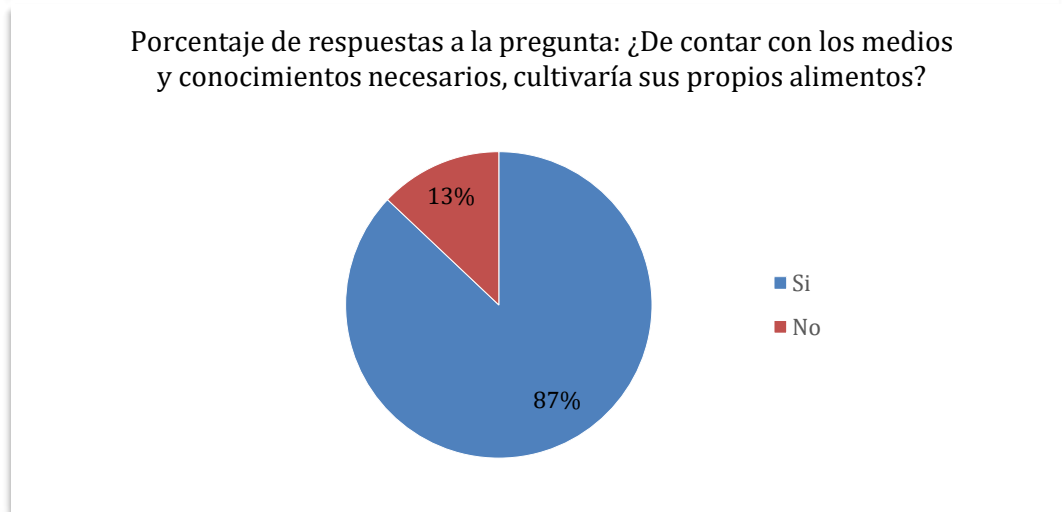


Figura 14. Gráfico circular de porcentaje de intención de cultivo en el Municipio de Candelaria.
Fuente: Elaboración propia.

Además, se puede observar en la **Figura 14**, como el 87 % de la muestra encuestada manifestó tener la intención de cultivar sus propios alimentos de contar con los medios y conocimientos necesarios para ello, índice positivo para el enfoque del proyecto y su posible implementación en las zonas urbanas.

Para seleccionar aquel alimento ideal para el cultivo en el sistema acuapónico, se realizó un balance entre los cuatro parámetros de preferencia alimentaria estudiados y el índice nutricional NRF 9.3 calculado para cada uno de los alimentos planteados. Es así como a continuación en la **Tabla 14** se presentan estandarizados de manera unitaria los puntajes obtenidos por cada uno de los alimentos en los parámetros previamente mencionados.

Tabla 14. Valores unitarios de los parámetros estudiados para la selección del alimento a cultivar.

Alimentos	Palatabilidad	Accesibilidad	Frecuencia	Saciedad	Índice NRF9.3	Promedio
Cebolla C.	0,73	1,00	1,00	0,01	0,12	0,57
Frijol C.	0,81	0,96	0,87	1,00	1,00	0,93
Cilantro	1,00	1,00	0,35	0,00	0,76	0,62
Pimentón	0,35	0,29	0,15	0,02	0,11	0,18
Cimarrón	0,28	0,17	0,07	0,01	0,37	0,18
Habichuela	0,21	0,38	0,37	0,14	0,17	0,25

Nota. Elaboración propia.

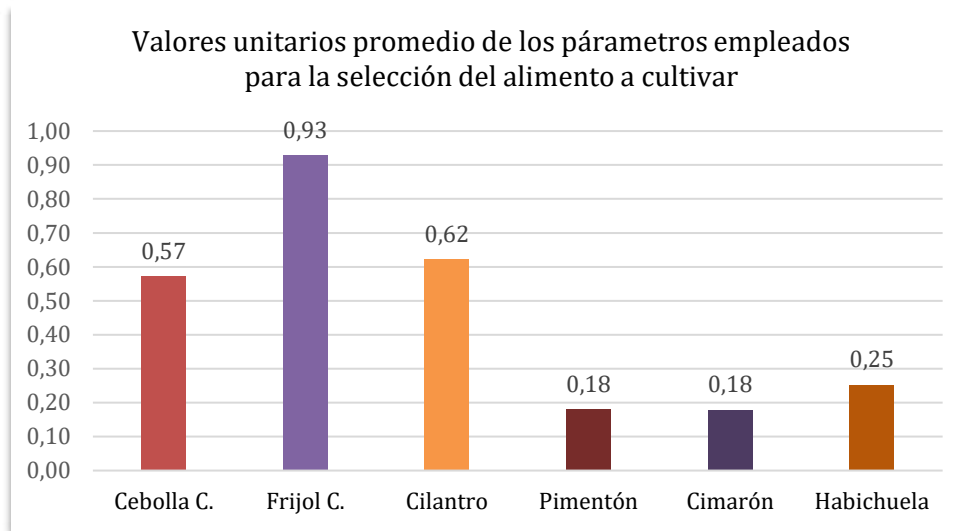


Figura 15. Gráfico de barras de los valores promedio obtenidos a partir de los parámetros empleados para la selección de la planta ideal a cultivar.
Fuente: Elaboración propia.

A partir de esta estandarización se logró observar de manera mucho más directa cual alimento posee los indicadores más altos en los parámetros estudiados, siendo así el Frijol Calima el alimento que se impuso por encima del resto de estos con un valor promedio de 0,93, seguido del Cilantro el segundo alimento con mayor índice y la cual obtuvo un valor promedio de 0,62. De la **Figura 15** se puede observar además como el pimentón y el cimarrón obtuvieron los valores promedio más bajos en el estudio realizado, siendo el tercer valor promedio más alto el correspondiente a la cebolla cabezona.

❖ **Planta seleccionada: Frijol Calima (*Phaseolus vulgaris* L. *Calima Variety*)**

El cultivo del frijol se ha caracterizado por ser realizado principalmente por agricultores de pequeña escala en regiones de América Latina, África y Asia, de los cuales predominan países en proceso de desarrollo capaces de producir un aproximado del 77% de la producción mundial. Sin embargo, en países desarrollados ubicados en Norteamérica, Europa y la Región Pacífica, el frijol es cultivado mediante la aplicación de tecnología avanzada y sistemas de postproducción para su posterior exportación, representando así un aproximado del 23% de la producción alrededor del mundo (Rosas, 2003).

• **Nivel de producción**

Cuando se habla acerca de los niveles de producción, rendimiento y consumo de frijol en los países y regiones que mayor cantidad producen, estos varían de manera significativa entre ellos de forma considerable, esto se puede observar de manera más clara si se observan los niveles de producción países como Brasil, el cual ha sido capaz de producir un total de 2,5 millones de toneladas de Frijol, seguido de Estados Unidos con un total de 1,3 millones de toneladas y México cuya producción equivale a 0,98 millones de toneladas. Teniendo en cuenta que los países anteriormente mencionados son los mayores productores del continente americano, región que posee el mayor nivel de producción a nivel mundial se puede comprender el gran impacto que este cultivo genera en estos sectores en comparación con el resto de las regiones, cuyos rendimientos promedio en zonas como África y en las diferentes regiones de América, con la excepción de Canadá y Estados Unidos son bastantes bajos (Rosas, 2003).

- **Valor nutricional**

En los países productores del tercer mundo o en vía de desarrollo de la actualidad, el frijol es considerado un alimento indispensable en la dieta de la mayoría de la población perteneciente a la zona rural, y en cierta medida de la zona urbana, lo cual se debe particularmente a su elevada fuente de proteínas y su gran accesibilidad económica. El contenido proteico de esta leguminosa supera al de muchos alimentos tales como el huevo de gallina y la carne de res, mientras que si se habla de aporte nutricional este posee un índice extremadamente alto, gracias a poseer un contenido elevado de aminoácidos esenciales, índice que es superior al de otros alimentos como el maíz y la papa, siendo aun ligeramente superior al de la carne de pollo (Rosas, 2003).

- **Información agronómica de cultivo**

Se presenta a continuación en la **Tabla 15** la información agronómica para el cultivo óptimo del frijol variedad calima seleccionado para la propuesta.

Tabla 15. Información agronómica de la especie vegetal.

Altura máxima de la planta (cm)	50,00
Distancia entre surcos (cm)	60,00
Distancia entre plantas (cm)	30,00
Densidad de siembra (plantas/m2)	5,56

Nota. Elaboración propia a partir de Samboni (2021).

7.3.5. Selección del pez a cultivar mediante la técnica de acuaponía urbana NFT

Se determinó que la especie de pez más óptima para el desarrollo del proyecto sería la Tilapia Roja (*Oreochromis sp.*), al ser la especie más consumida en el país, seguida de la trucha (*Oncorhynchus mykiss*), el bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*), la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), la dorada (*Brycon moreei*), el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y el camarón de cultivo (*Penaeus vanamei*). Siendo además la especie más producida por el sector piscícola, lo cual se debe de alguna manera a la facilidad de ejercer esta práctica con este pez en particular (Viera, 2017).

Tabla 16. Especies continentales más cultivadas en Colombia.

Especie	Producción (Ton)	% Participación
Tilapia roja	41.732	51,77%
Tilapia plateada	10.913	13,54%
Cachama	17.308	21,47%
Trucha	6.121	7,59%
Otras especies	4.535	5,63%
TOTAL	80.609	100,00%

Nota. Adaptado de Viera (2017).

Por otra parte se tiene que el Municipio de Candelaria cumple con las condiciones mínimas requeridas para establecer cultivos piscícolas (agua y condiciones de temperatura), en primera medida por su riqueza hídrica, cuyas aguas en gran parte no están contaminadas por aguas residuales ya que se encuentran protegidas por entidades como la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC); y por su temperatura promedio de 23,3 °C, cumple con el rango de temperatura para la crianza de la Tilapia Roja, el cual se encuentra entre 15 y 32 °C (Viera, 2017).

Otra razón por la que fue seleccionada la Tilapia Roja como pez ideal para el cultivo hidropónico es que su producción se puede realizar mediante el cultivo intensivo, gracias al uso de tecnología que permite la crianza de grandes densidades de peces en espacios reducidos de terreno, lo cual a su vez permite una mayor cantidad de producción (Viera, 2017).

❖ **Pez seleccionado: Tilapia Roja (*Oreochromis Sp.*)**

La tilapia roja es un tetrahíbrido creado a partir de las especies *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis urolepis*, *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis aureus*, siendo una especie exótica introducida al país, en forma legal y con fines de cultivo para el consumo humano. Conocida por ser la especie más representativa para la piscicultura, es proveniente de África oriental y pertenece a la familia Cichlidae, la cual abarca más de 700 especies, distribuidas ampliamente en zonas tropicales de África, América, y Asia (Viera, 2017).

Los cruces de especies a partir de los cuales esta fue creada le aportaron características muy importantes en ámbito alimentario, las cuales se presentan a continuación:

- Mayor capacidad de crecimiento, con un mayor porcentaje de lomo y una cabeza más pequeña.
- Resistencia a bajas temperaturas.
- Color más profundo y con menor cantidad de manchas.
- Resistencia a soportar bajas concentraciones de oxígeno.
- Resistencia a soportar rangos variados de salinidad.
- Gran resistencia física.
- Crecimiento acelerado.
- Tolerancia a enfermedades.
- Capacidad de aprovechamiento de la productividad natural de su ambiente.
- Buen uso de alimentos y suplementos que se le administran.

Esta especie presenta una excelente calidad en su carne, cuya textura es firme y posee una coloración blanca, con una ausencia total de huesos intermusculares, características que la hacen una especie muy apreciada por los consumidores. Las tilapias son de aguas cálidas tropicales y el grado óptimo de temperatura para su desarrollo está entre 25 y 30 °C, prefieren habitar aguas estancadas o con poca corriente, siendo además peces eurihalinos, lo que quiere decir que son capaces de vivir en medios dulces y salobres, a pesar de que no siempre soportan cambios bruscos de salinidad, ya que a altas concentraciones inhibe su reproducción (Viera, 2017).

La Tilapia Roja contiene grandes cantidades de vitaminas y proteínas como la vitamina D y E, las cuales son beneficiosas para la piel, vitaminas del complejo B que favorecen el sistema nervioso, fósforo y calcio que fortalece los huesos y por último el ácido fólico, el cual es de alta importancia durante el embarazo. Se conoce además que su consumo posee ventajas antioxidantes como la protección a las

células del envejecimiento y que reduce ciertos tipos de problemas cardíacos gracias a las grasas cardio protectoras que contiene y que no abundan en otros tipos de carnes. Estas grasas conocidas como Omega 3 ayudan al control del colesterol en la sangre y previenen ciertos tipos de cáncer, motivo por el que la producción de la tilapia roja es la que se considera de mayor importancia dentro de la producción de Tilapia (Viera, 2017).

7.4. Elaboración de la propuesta del sistema acuapónico urbano

Tras recolectar toda la información necesaria para la selección del tipo de sistema hidropónico, la planta y el pez óptimos para el cultivo, se llegó a la elaboración del objetivo final de este trabajo, determinar un sistema de acuaponía urbana adecuado para el cultivo de la planta y pez seleccionados para el Municipio de Candelaria, es por ello por lo que a continuación se presenta la siguiente propuesta:

“Implementar un sistema de acuaponía urbana de tipo NFT para el cultivo de Frijol Calima y Tilapia Roja, como una medida que permita incrementar la soberanía alimentaria del Municipio de Candelaria.”

Se realizó el respectivo diseño del sistema acuapónico y se calculó el presupuesto requerido para su elaboración, dentro de parámetros establecidos que le permitieran catalogarse como un cultivo acuapónico urbano capaz de producir de manera óptima los alimentos seleccionados. Para esto se tomó como referencia un área total disponible de 3 metros por 3,3 metros ubicada dentro del Centro de Atención Descentralizado de la Alcaldía Municipal de Candelaria (CAD) del corregimiento de Juanchito, el cual se encuentra ubicado más específicamente en el centro poblado urbano como Poblado Campestre.

7.4.1. Requerimientos del cultivo de la planta seleccionada

Para la realización del diseño agronómico del cultivo de Frijol Calima en modalidad hidropónica, se tomó en cuenta la información agronómica de la especie vegetal presente en la **Tabla 15**, donde se muestran los requerimientos de espacio del cultivo, sin embargo, no se contaba con información previa del requerimiento hídrico del cultivo en el municipio, por lo que a continuación se realizó el respectivo cálculo de su requerimiento hídrico en sus distintas etapas de desarrollo, lo cual se observa en la **Tabla 17**.

Tabla 17. Cálculo del requerimiento hídrico para el cultivo de frijol calima.

Característica	Etapa Vegetativa			
	Etapa inicial (0-15 días)	Etapa desarrollo (16-47 días)	Etapa intermedia (48-68 días)	Etapa final (69-119 días)
Kc	0,65	0,96	1,05	0,86
Eto (mm/día)		4,60		
Etc (mm/día)	2,99	4,42	4,83	3,96
Nn (mm/día)	2,99	4,42	4,83	3,96

Kc, Coeficiente de cultivo. Eto, Evaporación de la zona. Etc, Evapotranspiración del cultivo.
Nn. Necesidad neta de riego. Nn = Etc en Hidroponía.

Nota. Adaptado de León et al (2022).

Con los requerimientos hídricos del cultivo a lo largo de sus etapas fenológicas se calculó el requerimiento por cada planta al dividir su requerimiento total por metro cuadrado sobre el espacio ocupado por cada una de estas. Los resultados de estos cálculos se presentan por etapa vegetativa en la **Tabla 18**.

Tabla 18. Requerimiento hídrico por planta de frijol calima.

Etapas vegetativas	lt/día
Etapas inicial (0-15 días)	0,5
Etapas desarrollo (16-47 días)	0,8
Etapas intermedia (48-68 días)	0,9
Etapas final (69-119 días)	0,7

Nota. Elaboración propia a partir de Samboni (2021).

Por otro lado, tras delimitar un área de cultivo de 2,4 metros de largo por 2,8 metros de ancho, lo cual se hizo tras la ubicación del tanque receptor y los canales de cultivo, se realizó el cálculo del número de plantas cultivables en el sistema de la siguiente manera.

Tabla 19. Cálculo de número de plantas totales a cultivar dentro del área disponible.

Modelo	Ecuación	Notas
P _{totales}	$\frac{Dep \times Del}{Lac \times Aac}$	Dep = Distancia entre plantas Del = Distancia entre laterales Lac = Largo del área cultivable Aac = Ancho del área cultivable
37,33 plantas	$\frac{30 \times 60}{240 \times 280}$	Dep = 30 cm Del = 60 cm Lac = 240 cm Aac = 280 cm

P_{totales}, Número de plantas totales cultivables dentro del área disponible.

Nota. Elaboración propia a partir de Samboni (2021).

Una vez obtenido el número de plantas teóricamente cultivables en el sistema y el requerimiento hídrico de cada una de estas, se procedió a calcular el requerimiento hídrico total que estas poseen a diario en cada una de sus etapas de cultivo, esto se logró multiplicando el requerimiento de cada una de las plantas por el número total de plantas cultivables dentro del área delimitada. Estos resultados se presentan en la Tabla 20.

Tabla 20. Requerimiento hídrico total del cultivo de Frijol Calima.

Etapas vegetativas	lt/día
Etapas inicial (0-15 días)	18,84
Etapas desarrollo (16-47 días)	27,82
Etapas intermedia (48-68 días)	30,43
Etapas final (69-119 días)	24,92

Nota. Elaboración propia.

En lo que se refiere a requerimientos nutricionales de la planta, se debe recalcar que, en la acuaponía, los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta provienen principalmente de la descomposición de los desechos de los peces a partir de un filtro biológico compuesto por bacterias nitrificadoras como *Nitrosomonas spp.* Y *Nitrobacter spp.* Sin embargo, con el tiempo, aún en los sistemas acuapónicos perfectamente balanceados, pueden surgir deficiencias en ciertos nutrientes como hierro (Fe), potasio (K) o calcio (Ca), las cuales ocurren cuando hay demasiadas para la cantidad de peces en el tanque de distribución, o cuando la alimentación por parte de los peces se ve reducida.

En estos casos puntuales debe agregarse una suplementación externa dependiente de la deficiencia, que no sea dañina para ninguno de los tres factores esenciales dentro del sistema, los peces, las plantas y las bacterias, ya que en caso de verse dañado alguno de estos los otros dos factores se verán perjudicados (Barrera & Arias, 2018).

7.4.2. Requerimientos de cultivo del pez seleccionado

El cultivo de la tilapia roja exige rangos en los parámetros de la calidad del agua presentes en la **Tabla 21** que deben mantenerse para evitar el estrés de los peces y enfermedades causadas por patógenos como las bacterias y los hongos. Sin embargo, al tratarse de rangos considerablemente amplios, la realización del control de su adaptación dentro del sistema puede realizarse sin descuidar las demás necesidades del cultivo (Silvera & Cantero, 2022).

Tabla 21. Requerimientos técnicos de la Tilapia Roja

Parámetro	Rango
Temperatura (°C)	28 – 32
pH	6,5 – 8,5
Dureza (ppm de CaCO ₃)	50 -350
Amonio (ppm)	0,6 -2,0
Nitritos (ppm)	<0,1
Oxígeno (ppm)	>4,5

Nota. Adaptado de (Silvera & Cantero, 2022).

En cuanto a la alimentación, factor determinante en el éxito de la crianza en términos de productividad, es de gran importancia suministrar a los peces un alimento balanceado que no sea carente ni excesivo. Por lo que la cantidad de alimento a suministrar a los peces del sistema acuapónico se establece en la **Tabla 22** (Silvera & Cantero, 2022).

Tabla 22. Alimentación recomendada para el cultivo de Tilapia Roja

Peso del pez	[5-10]g	[10-20]g	[20-40]g	[40-70]g
Peso % alimento	4,30%	3,60%	3,00%	2,90%
Días de ciclo	30	16	24	31

Nota. Adaptado de (Silvera & Cantero, 2022).

Para finalizar con los requerimientos del pez seleccionado se buscó estimar la cantidad óptima de siembra que posee la tilapia roja para su cultivo en tanques pequeños, que permitan una adaptación adecuada del cultivo de este pez en la zona urbana. Por lo que se tuvieron en cuenta estudios realizados de manera previa en cultivos semi intensivos, donde se obtuvieron mejores resultados con una densidad de 200 peces/m³ equivalente a 30 kg/m³. Por otro lado, si se tienen en cuenta los casos de mortalidad la densidad mínima de siembra recomendada para la tilapia en tanques es de 80 peces/m³equivalente a 7 kg/m³, densidad que posee tasas de supervivencia de entre 98 y 100%. Tomando en cuenta lo anterior se establece un valor promedio de 140 peces/m³ como un balance entre productividad y supervivencia del pez cultivado (Benavides, 2022).

7.4.3. Diseño hidráulico del sistema

✓ Canales de cultivo

Para el diseño de los canales de cultivo, se tuvo en cuenta en primer lugar el ancho de la zona cultivable dentro del espacio determinado, valor que corresponde a 3 metros de longitud, sin embargo, si se tienen en cuenta los espacios necesarios para instalar las tuberías encargadas de distribuir el caudal a los canales y de regresarlo de nuevo al tanque receptor, esta longitud de 3 metros se reduce 20 cm, dejando un espacio libre de 10 cm a cada lado para la instalación de estas tuberías, lo que da lugar a una longitud de 2,8 metros para los canales de cultivo, los cuales teniendo en cuenta la separación requerida entre plantas de 30 cm son capaces de albergar un total de 9 plantas por cada canal.

En lo que respecta a la selección del diámetro del canal, se tuvo en cuenta una baja densidad de plantas en el sistema por lo que se seleccionó una medida estándar de 3 pulgadas para los canales donde irán ubicadas las plantas. Estableciendo finalmente en base a los estándares recomendados para sistemas hidropónicos el requerimiento hídrico diario calculado, un caudal de riego por canal de 1,4 l/min que se debe ser suministrado por 6 minutos en periodos de 3 horas, a lo largo de una jornada diaria de 9 horas, conservando una velocidad de flujo adecuada y una pendiente longitudinal del 1% que permita a las plantas absorber nutrientes del agua con una adecuada oxigenación de sus raíces (Gálvez et al, 2020).

En cuanto al número de canales de cultivo, este número se determinó a partir del distanciamiento requerido entre las plantas, valor que indicó una separación de 60 cm entre los canales y teniendo en cuenta un espacio disponible a lo ancho de 2,4 metros, permitiría la instalación de 5 canales de cultivo paralelos dentro de la zona disponible. A continuación, en la siguiente **Tabla 23** se presentan sintetizadas las medidas correspondientes a los canales de cultivo del sistema hidropónico NFT.

Tabla 23. Entradas para el diseño hidráulico de los canales de cultivo.

Longitud del canal (m)	2,8
Pendiente del canal (%)	1%
Coeficiente de rugosidad del PVC (n)	0,009
Caudal del canal (lt/min)	1,40
Caudal del canal (m3/seg)	2,33E-05
Diámetro interno del canal (mm)	80,10
Diámetro nominal del canal (pulgadas)	3,00
Velocidad del flujo (m/seg)	0,2209
Número de canales	5
Caudal total requerido (m3/seg)	1,17E-04
Tipo de Flujo	Supercrítico
Número de plantas por canal	9
Número de plantas totales	45

Nota. Velocidad y tipo de flujo calculada a partir de Hcanales (2023).

✓ Tuberías de distribución

Para el diseño de las tuberías de distribución se tuvo en cuenta en primer lugar el ancho total conformado por los canales de cultivo previamente diseñados, valor que corresponde a 2,4 metros de longitud. Sin embargo, si se tiene en cuenta la longitud requerida para conectar esta tubería principal desde el tanque receptor, esta longitud de 2,4 m aumenta a una longitud total de unos 4,77 m, de la cual hace parte una longitud vertical de subida de 90 cm.

En lo que respecta a la selección del diámetro del tubo, se tuvo en cuenta el caudal total requerido por los 5 canales de cultivo, el cual fue igual a multiplicar el caudal de cada uno de estos por el número total de canales, dando como resultado un caudal total de 7 litros por minuto, esto con la intención de asignar un diámetro que permita una velocidad adecuada de flujo en el sistema. Por lo anterior, mediante el uso de la ecuación de velocidad presente en la **Tabla 24**, se determinó que para obtener una velocidad del flujo adecuada se requeriría de una tubería de distribución de 1 pulgada.

Tabla 24. Ecuaciones para el cálculo de la velocidad de flujo y perdidas en tuberías.

Modelo	Ecuación	Notas
V	$\frac{4Q}{\pi D^2}$	Q = Caudal de distribución D = Diámetro de la tubería
Re	$\frac{V \times D}{\nu}$	V = Velocidad del flujo D = Diámetro de la tubería ν = Viscosidad cinemática del agua a 20°C
λ	$\frac{0,316}{Re^{\frac{1}{4}}}$	Re = Numero de Reynolds *Ecuación solo válida para $Re < 10^5$
Hrp	$\lambda \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$	L = Longitud de la tubería D = Diámetro de la tubería V = Velocidad del flujo g = Aceleración gravitacional de la Tierra λ = Numero de Moody
Hrs	$k \frac{V^2}{2g}$	k = Coeficiente K del accesorio V = Velocidad del flujo g = Aceleración gravitacional de la Tierra
Cdt	$H_{est} + H_{ed} + H_{rp} + H_{rs} + \frac{V^2}{2g}$	H _{est} = Perdida por succión H _{ed} = Altura de descarga con relación a la bomba H _{rp} = Perdida de carga primaria H _{rs} = Perdida de carga secundaria V = Velocidad del flujo g = Aceleración gravitacional de la Tierra
Bhp	$\frac{Q \times Cdt \times Sg}{3960 \times Ef}$	Q = Caudal de distribución en galones/minuto Cdt = Carga dinámica total en pies Sg = Densidad específica del agua Ef = Eficiencia de la bomba

Cdt, Carga dinámica total. Bhp, Potencia requerida por la bomba.

Nota. Elaboración propia a partir de Gálvez & Ramírez (2020).

Para finalizar, se hizo el cálculo de la pérdida de carga primaria (HRP) de la tubería de distribución, con la intención de calcular posteriormente la potencia requerida por la bomba encargada de mantener el agua circulando por todo el sistema hidropónico.

Tabla 25. Entradas para el diseño hidráulico de la tubería de distribución.

Caudal de la tubería (lt/min)	7,00
Caudal de la tubería (m ³ /seg)	2,50E-04
Diámetro interno de la tubería (mm)	29,04
Diámetro nominal de la tubería (pulgadas)	1,00
Viscosidad cinemática del agua a 20°C (m ² /seg)	1,00E-06
Velocidad del flujo (m/seg)	0,172
Numero de Reynolds	5.052,54
Numero de Moody	0,037
Longitud de la tubería (m)	4,77
Perdida de carga primaria Total HRP (m)	0,009

Nota. Velocidad de flujo y HRP calculadas a partir de **Tabla 24**.

✓ **Volumen de agua recirculante**

A la hora de calcular el volumen de agua presente en los canales de cultivo durante el periodo de riego se estableció un volumen de llenado dentro del canal equivalente al 50% del volumen interno total, volumen utilizado comúnmente para el cultivo mediante la técnica de hidroponía NFT, seleccionando por otro lado microtubos de polietileno de 5 mm de diámetro para la unión entre las tuberías de distribución y los canales de cultivo. Para mantener este volumen interno se estableció una pendiente dentro del canal de cultivo igual al 1%, y se estableció que la salida del fluido al canal de drenaje se encontraría a 4,705 cm de la base inferior del canal de cultivo, altura que permite que se acumule un volumen de agua cercano al 50% establecido previamente.

✓ **Bomba Hidráulica**

Para poder determinar qué tipo de bomba a implementar en el sistema acuapónico, antes debió determinarse la potencia que el sistema requiere, es por este motivo que se calcularon las pérdidas de carga primarias y secundarias respectivamente mediante la utilización de las ecuaciones presentes en la **Tabla 24**, dando como resultado final una potencia requerida de 0,003 caballos de fuerza. Sin embargo, al tratarse de un cultivo hidropónico NFT, el utilizar una bomba de una potencia tan baja podría generar inconvenientes a la hora de mantener el volumen de agua recirculante previamente establecido, a un caudal que sea adecuado para la absorción de nutrientes por medio de las raíces de las plantas a lo largo de su periodo de desarrollo. Es por esto que con base al requerimiento volumétrico se recomienda la utilización de una bomba de mayor potencia, siendo un caballo de fuerza el valor más adecuado para este tipo de sistemas en particular. A continuación, se presentan los cálculos realizados para la obtención de la potencia requerida por la bomba.

✓ Tuberías de retorno

Para el diseño de las tuberías de retorno, al igual que con las tuberías de distribución se tuvo en cuenta, en primer lugar, el ancho total conformado por los canales de cultivo, cuya longitud corresponde a 2,4 m. Sin embargo, si se tiene en cuenta la longitud requerida para conectar esta tubería de retorno hasta el tanque receptor, esta longitud de 2,4 m aumenta a una longitud total de unos 3,5 m, compuesta por dos tramos con diferente pendiente, donde el primero posee una pendiente longitudinal del 6%, mientras que el tramo que va conectado directamente al tanque posee una del 22,1%.

En lo que respecta a la selección del diámetro del tubo, se utilizó un diámetro igual al utilizado para el diseño de los canales, esto con la intención de reciclar el material sobrante tras la fabricación de los canales de cultivo, siendo así capaz de retornar un caudal total de 15 litros por segundo, a una velocidad estable de flujo en el sistema. A continuación, en la siguiente **Tabla 26** se presentan sintetizadas las medidas correspondientes a las tuberías de retorno del sistema.

Tabla 26. Entradas para el diseño hidráulico de la tubería de retorno.

Diámetro de la tubería (mm)	80,10
Diámetro nominal de la tubería (pulgadas)	0,009
Coeficiente de rugosidad del PVC (n)	7,00
Caudal de retorno (l/min)	1,17E-04
Caudal del canal (m ³ /s)	2,55
Longitud del tramo A (m)	0,92
Longitud del tramo B (m)	5,00%
Pendiente del tramo A (%)	5,00%
Pendiente del tramo B (%)	0,6305
Velocidad del flujo del tramo A (m/s)	0,6305
Velocidad del flujo del tramo B (m/s)	Supercrítico
Tipo de Flujo del tramo A	Supercrítico
Tipo de Flujo del tramo B	80,10

Nota. Velocidad y tipo de flujo calculada a partir de Hcanales (2023).

7.4.4. Diseño del plano del sistema acuapónico urbano

Para la realización del plano del sistema acuapónico urbano se empleó el software Adobe Illustrator, el cual gracias a sus múltiples herramientas de precisión brinda total libertad a la hora de realizar un diseño creativo a la vez que preciso, y permitió representar la distribución del sistema acuapónico de forma tal que cumpla con los requerimientos establecidos a partir del diseño hidráulico realizado de manera previa.

Es así que para lograr una representación detallada de lo que se plantea con la propuesta se realizaron dos planos. El plano numeró uno titulado “Plano general del sistema acuapónico urbano” contiene las medidas requeridas para la elaboración del sistema desde tres perspectivas diferentes, siendo estas la vista superior, frontal y lateral a una escala 1:30 sobre una hoja tamaño Carta, contando además con información detallada de las referencias utilizadas para la elaboración del mismo y una visual de cómo se vería el sistema en perspectiva isométrica tras su elaboración.

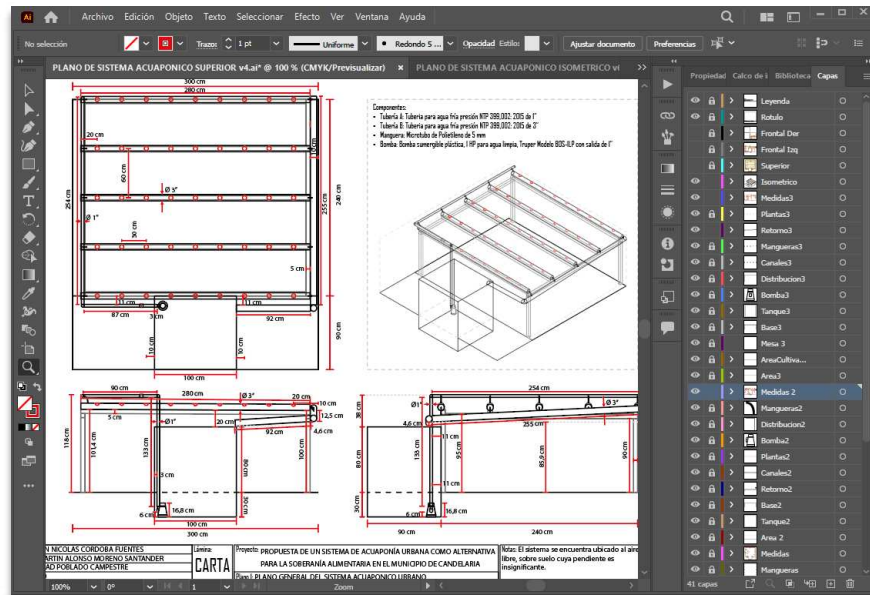


Figura 16. Interfaz de Adobe Illustrator 2022, herramienta utilizada para el diseño del plano general del sistema.

Por otro lado, el plano numeró dos titulado “Plano isométrico del sistema acuapónico urbano” contiene las medidas requeridas para la elaboración del sistema desde la perspectiva isométrica a una escala 1:30 sobre una hoja tamaño Carta, contando además con información detallada de las referencias utilizadas para la elaboración de este y una visual de cómo se vería el sistema en perspectiva isométrica tras su elaboración.

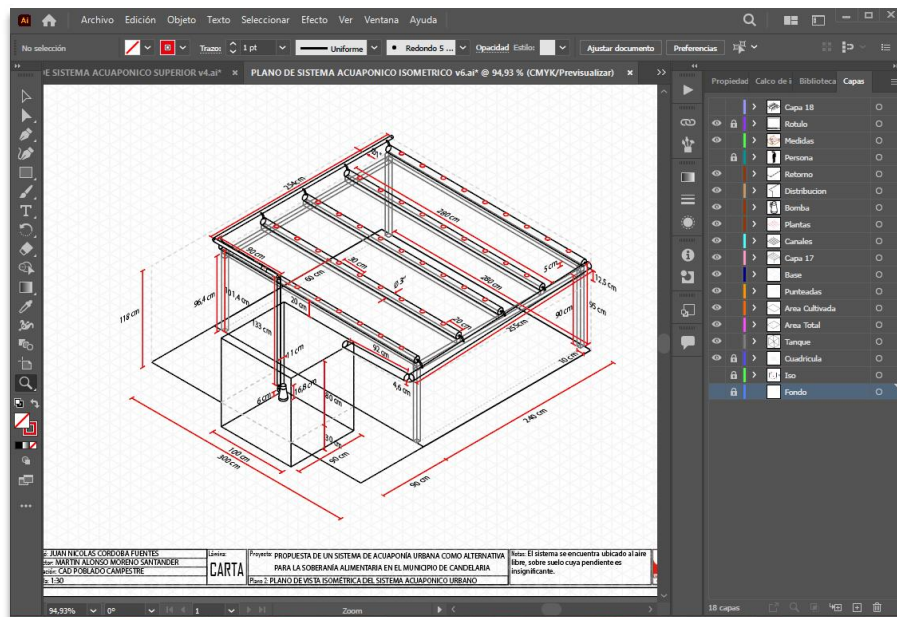
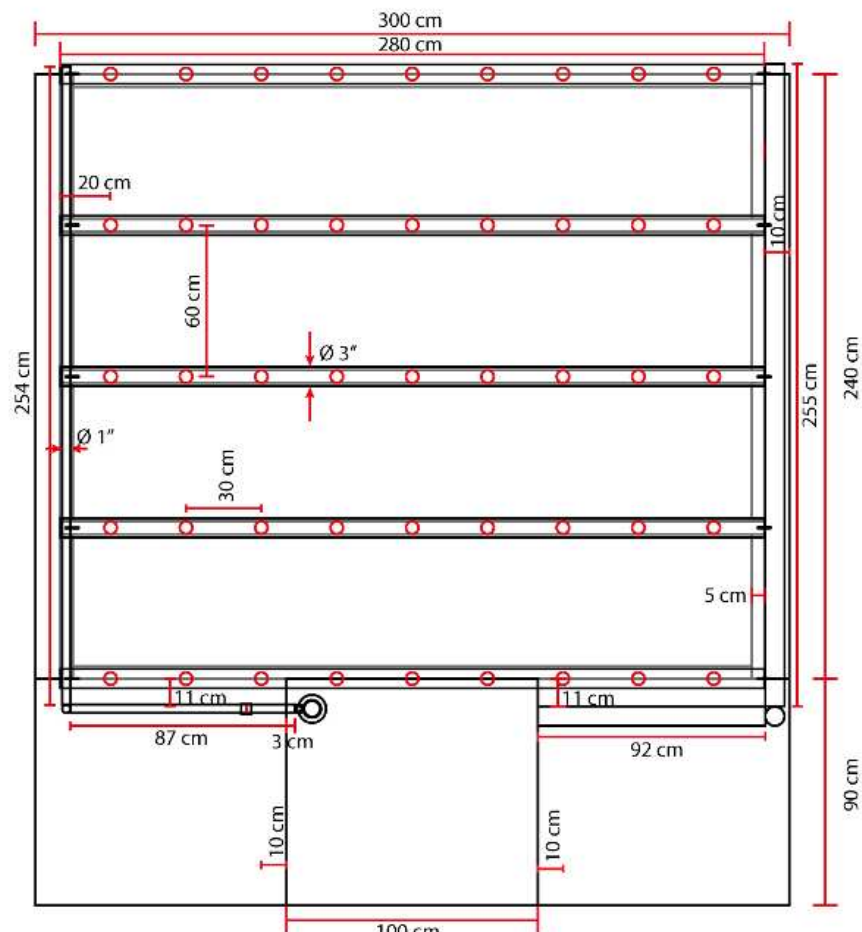


Figura 17. Interfaz de Adobe Illustrator 2022, herramienta utilizada para el diseño del plano isométrico del sistema.

Este plano está conformado en su totalidad por una serie de componentes, que se distribuyen en un área de referencia de 3 m por 3,3 m de longitud, que se presentan de manera breve con sus respectivas medidas y características de la siguiente forma.

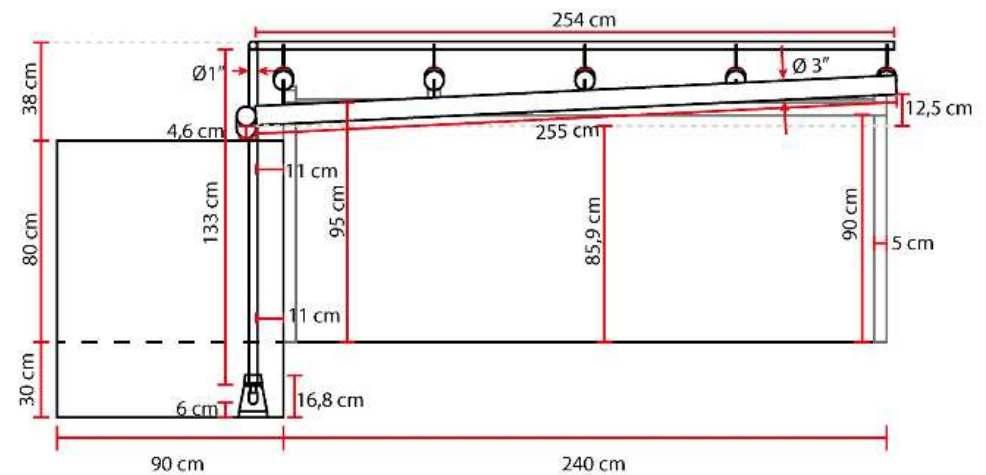
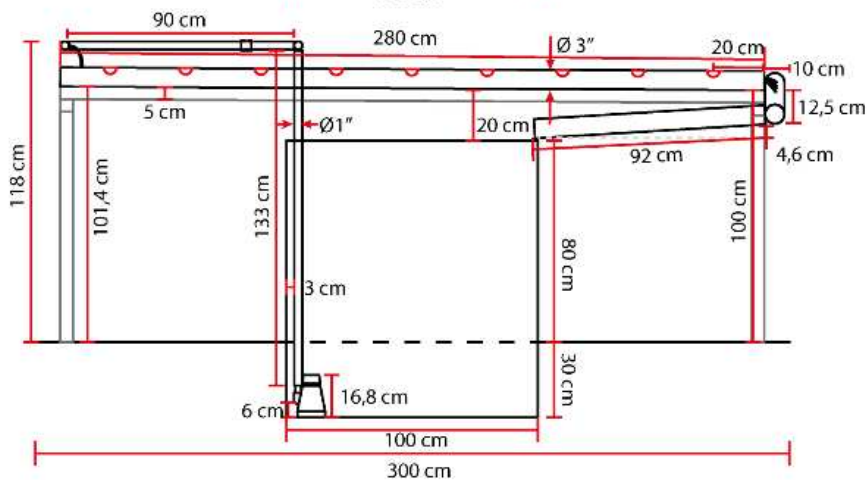
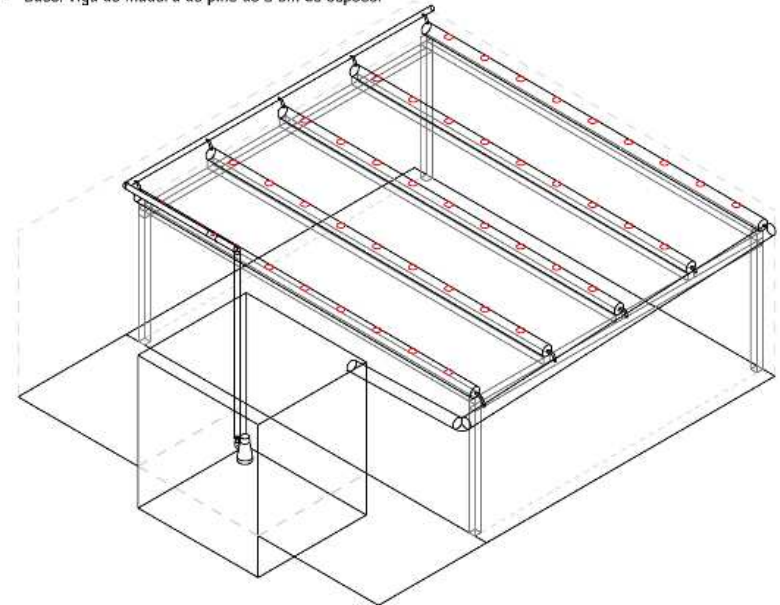
- ✓ **Tanque receptor:** El tanque receptor que a su vez cumple la función de medio para el cultivo de la Tilapia Roja, cuyas dimensiones son 110 cm de altura, 90 cm de ancho y 100 cm de largo fue seleccionado mediante un balance entre la ocupación de un espacio mínimo y la obtención de la máxima productividad dentro del área delimitada.
- ✓ **Bomba de succión:** Como medida para simplificar la colocación de la tubería de distribución del sistema, se escogió una bomba eléctrica capaz de sumergirse dentro del tanque receptor, con acople para tubería de 1 pulgada y una potencia general de 1 HP, potencia que fue establecida a partir del diseño hidráulico del sistema hidropónico.
- ✓ **Tuberías de distribución:** La tubería de distribución seleccionada para el diseño fue una tubería de PVC de 1 pulgada de diámetro nominal, siendo requerida para la elaboración del sistema un total de 4,77 metros distribuidos en 3 secciones de 133, 90 y 254 cm respectivamente.
- ✓ **Canales de cultivo:** Para los canales de cultivo se seleccionó una tubería de PVC de 3 pulgadas de diámetro nominal, teniendo en cuenta que la longitud establecida a partir del diseño hidráulico fue de 2,8 metros y un total de 5 canales en paralelo, se estima una longitud total requerida de 14 m de longitud para la elaboración de los canales.
- ✓ **Tuberías de retorno:** A la hora de seleccionar las tuberías de retorno, como ya se mencionó en el diseño hidráulico fueron seleccionadas tuberías de PVC de 3 pulgadas al igual que las seleccionadas para el canal de cultivo, siendo requerida para la elaboración del sistema un total de 3,47 metros distribuidos en 2 secciones de 255 y 92 centímetros respectivamente.
- ✓ **Base:** Para la elaboración de la base que da soporte al sistema hidropónico NFT y teniendo en cuenta la corta distancia de los canales de cultivo y la cantidad de plantas cultivadas en el mismo, se propone fabricar un soporte a partir de vigas de madera de 5 x 5 cm de espesor, con 4 columnas ubicadas en las esquinas, con una longitud de 0,9 m para las dos de la zona de retorno y 0,91 m para la parte de distribución, brindando así el desnivel requerido por los canales de cultivo, los cuales estarán ubicados cada uno sobre 7 vigas de 2,8 m, que se soportan en dos laterales de 2,4 m que unen a las columnas de igual altitud, lo que suma un total aproximado de 22,5 m requeridos.

Se presenta a continuación en la **Figura 18 y 19** el resultado final obtenido a partir de la elaboración del proyecto, la representación de un sistema acuapónico destinado a la zona urbana del municipio de Candelaria, diseñado específicamente para el cultivo del frijol calima y la tilapia roja, alimentos cuidadosamente seleccionados con base a sus índices nutricionales y la preferencia alimentaria de la población, planos con los que se busca mostrar de manera clara la distribución y ubicación de los componentes previamente mencionados.



Componentes:

- Tubería A: Tubería para agua fría presión NTP 399.002: 2015 de 1"
- Tubería B: Tubería para agua fría presión NTP 399.002: 2015 de 3"
- Manguera: Microtubo de Polietileno de 5 mm
- Bomba: Bomba sumergible plástica, 1 HP para agua limpia, Truper Modelo BDS-ILP con salida de 1"
- Tanque: Tanque IBC de Polietileno de alta densidad con dimensiones 100x90x110 cm
- Base: Viga de madera de pino de 5 cm de espesor



Dibujó: JUAN NICOLAS CORDOBA FUENTES
 Director: MARTIN ALONSO MORENO SANTANDER
 Ubicación: CAD POBLADO CAMPESTRE
 Escala: 1:30

Lámina:
CARTA

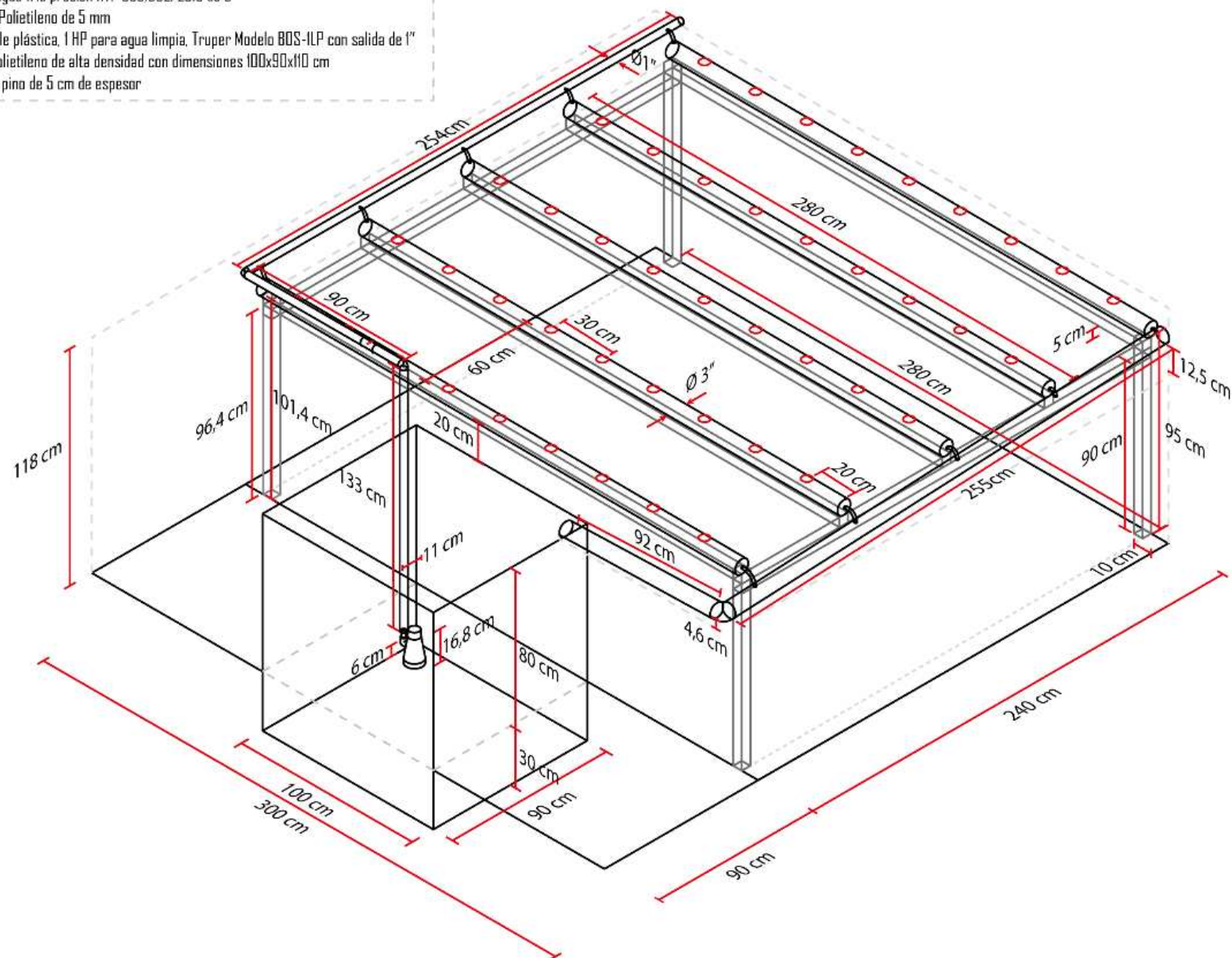
Proyecto: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ACUAPONÍA URBANA COMO ALTERNATIVA
 PARA LA SOBERANÍA ALIMENTARIA EN EL MUNICIPIO DE CANDELARIA
 Plano I: PLANO GENERAL DEL SISTEMA ACUAPONICO URBANO

Notas: El sistema se encuentra ubicado al aire libre, sobre suelo cuya pendiente es insignificante.



Componentes:

- Tubería A: Tubería para agua fría presión NTP 399.002: 2015 de 1"
- Tubería B: Tubería para agua fría presión NTP 399.002: 2015 de 3"
- Manguera: Microtubo de Polietileno de 5 mm
- Bomba: Bomba sumergible plástica, 1 HP para agua limpia, Truper Modelo BOS-ILP con salida de 1"
- Tanque: Tanque IBC de Polietileno de alta densidad con dimensiones 100x90x110 cm
- Base: Viga de madera de pino de 5 cm de espesor



Dibujó: JUAN NICOLAS CORDOBA FUENTES
 Director: MARTIN ALONSO MORENO SANTANDER
 Ubicación: CAD POBLADO CAMPESTRE
 Escala: 1:30

Lámina:
CARTA

Proyecto: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ACUAPONÍA URBANA COMO ALTERNATIVA
 PARA LA SOBERANÍA ALIMENTARIA EN EL MUNICIPIO DE CANDELARIA
 Plano 2: PLANO DE VISTA ISOMÉTRICA DEL SISTEMA ACUAPONICO URBANO

Notas: El sistema se encuentra ubicado al aire libre, sobre suelo cuya pendiente es insignificante.



7.4.5. Elaboración del presupuesto del sistema

A continuación, se presenta en la **Tabla 27** el presupuesto estimado para la compra de los materiales y componentes requeridos para la construcción del sistema acuapónico y su costo de elaboración, teniendo en cuenta un porcentaje de imprevistos del 10% y otros gastos como el costo de transporte de los materiales y la mano de obra requerida para su instalación.

Tabla 27. Presupuesto estimado para la elaboración del sistema en el año 2023.

COSTOS DIRECTOS					
EQUIPOS Y MATERIALES					
ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Subtotal (\$)
Micro conector	Microtubo de Polietileno de 5 mm	m	1	690	690
	NTP 399,002: 2015 3"	m	17,47	11.150	194.791
	NTP 399,002: 2015 1"	m	4,77	5.300	25.281
Tuberías PVC	Codo de 1"	No.	2	2.800	5.600
	Codo de 3"	No.	1	7.500	7.500
	Tapones de 1"	No.	1	1.850	1.850
	Tapones de 3"	No.	11	1.900	20.900
Válvulas de control	Válvula de compuerta 1"	No.	1	15.900	15.900
Equipo de Bombeo	Bomba sumergible plástica, 1 HP	No.	1	300.000	300.000
Soporte del sistema	Viga de madera 5 x 5 cm	m	22,43	7.500	168.225
Almacenamiento	Tanque IBC de Polietileno 1000L	No.	1	400.000	400.000
MANO DE OBRA Y SERVICIOS					
Excavación	Apertura manual de zanja de 90x100x30 cm	m ³	0,27	43.000	11.610
Transporte de materiales y equipos	Transporte de tubería y materiales de construcción	Vehículo	1	150.000	150.000
Capacitación	Instructor que enseña el funcionamiento de componentes del sistema e insumos	h	20	25.000	500.000
Carpintería	Elaboración de base en madera	No.	1	200.000	200.000
Instalación de tubería	Acoplamiento de la línea de tubería	m	22,24	2.000	355.840
Subtotal					2.358.187
COSTOS INDIRECTOS					
ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	Subtotal (\$)	
Imprevistos	Días de más, variación de costos, accidentes, etc.	%	10	235.819	
Total					2.594.005

Nota. Elaboración propia.

El costo total obtenido para la elaboración del sistema previo a su implementación fue contrastado al costo de elaboración de otro sistema hidropónico NFT (Palacios, 2014), cuyas dimensiones ocupan un área aproximada de 31,2 m², cuyo coste de elaboración aproximado fue de 240.000 COP/m² si hubiese sido realizado en el año 2023, en contraste con el sistema diseñado de 9,9 m² cuyo coste de elaboración es de 262.020 COP/m², contando además con componentes adicionales para la acuicultura.

8. Conclusiones

La realización del diagnóstico de factores climatológicos y geográficos del Municipio de Candelaria sentó las bases esenciales para el desarrollo de la propuesta del sistema acuapónico urbano, como herramienta para incrementar la soberanía alimentaria y por ende reducir la inseguridad alimentaria de la población, donde a partir de un análisis detallado de factores como la temperatura promedio y los rangos altitudinales del territorio, se logró la selección de peces y plantas que se adaptaran a las condiciones específicas del entorno, tarea importante a la hora de elaborar una propuesta sólida que permita el desarrollo de un cultivo eficiente y sostenible para los habitantes del municipio.

Por otro lado, el estudio de parámetros de soberanía alimentaria realizado haciendo uso de indicadores de seguridad alimentaria evaluados en el marco de la producción local, aportó información valiosa para la selección de la planta y el pez a cultivar por medio del sistema acuapónico, alimentos que fueron elegidos considerando criterios nutricionales y de preferencia alimentaria de la población local, siendo este último un parámetro de gran importancia a la hora de establecer una relación directa entre el proyecto y las necesidades reales de la comunidad, la cual mediante una participación activa en la toma de decisiones contribuyó a la viabilidad y aceptación del proyecto, estableciendo así una base sólida para su desarrollo.

La elección teórica de la técnica de película nutritiva (NFT) como base del sistema acuapónico urbano, se apoyó en la capacidad que esta posee para producir alimentos nutritivos y saludables de manera eficiente, además de su compatibilidad con el cultivo de peces y su buena adaptabilidad a espacios reducidos especialmente en áreas urbanas, donde la población más vulnerable carece de los conocimientos y recursos necesarios para emprender cultivos tecnificados. En conjunto, la elección del sistema para la elaboración de la propuesta de acuaponía urbana reflejó un enfoque integral y sostenible, alineado con el objetivo de mejorar la calidad de vida e incrementar la soberanía alimentaria de los habitantes del municipio.

El sistema acuapónico urbano orientado a incrementar la soberanía alimentaria del municipio de Candelaria se planteó basado en la importancia que poseen los alimentos para la subsistencia de los seres humanos y, por ende la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas que aborden los desafíos asociados con la producción de alimentos a nivel local, es así entonces que través de un enfoque teórico, se ha identificado a la acuaponía urbana como la herramienta adecuada para enfrentar la problemática específica del municipio. Este método no solo responde a las necesidades nutricionales de la población, sino que también demuestra ser una solución eficaz para generar una productividad significativa en entornos urbanos limitados.

El énfasis en la selección teórica del sistema acuapónico urbano ofrece una base sólida para incrementar la soberanía alimentaria del municipio, sin embargo, se reconoce que la implementación exitosa de este requerirá de la colaboración continua con la comunidad, así como la adaptación a las condiciones específicas del entorno local, por lo que es fundamental considerar los aspectos económicos, sociales y educativos para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de esta propuesta. En conclusión, el proyecto busca incrementar la soberanía alimentaria a nivel local mediante la aplicación de la acuaponía urbana, herramienta central que refleja un enfoque integral y sostenible para mejorar la calidad de vida de la población de Candelaria, destacando la importancia que posee la tecnología y la colaboración comunitaria en la construcción de un futuro más seguro y próspero para la sociedad.

9. Futuras líneas de investigación

Esta investigación busca establecer bases sólidas que justifiquen la implementación de la propuesta planteada, incentivando el desarrollo de herramientas tecnológicas que aborden problemáticas relacionadas con la falta de soberanía alimentaria de la población del Municipio de Candelaria. A partir de la cual, surgen distintas líneas de investigación que den continuidad al enfoque del proyecto en torno a la acuaponía, la agricultura urbana, el trabajo comunitario y la soberanía alimentaria. Por lo que a continuación se plantean posibles investigaciones que pueden ser llevadas a cabo a partir de estas temáticas.

- ❖ Realizar la implementación de un sistema acuapónico urbano de frijol calima y tilapia roja para el incremento de la soberanía alimentaria del municipio de Candelaria.
- ❖ Evaluar la productividad de un sistema acuapónico urbano de frijol calima y tilapia roja ubicado en el municipio de Candelaria.
- ❖ Explorar la posibilidad de automatización de bajo costo de un sistema acuapónico urbano de frijol calima y tilapia roja ubicado en el municipio de Candelaria.
- ❖ Optimización de un sistema acuapónico urbano de frijol calima y tilapia roja para incrementar la soberanía alimentaria del municipio de Candelaria.

Referencias

1. **Alcaldía** Municipal de Candelaria. (2020). Bases del Plan de Desarrollo 2020-2023, Diagnostico Territorial para el Municipio de Candelaria, Colombia, Valle del Cauca, 28 de febrero de 2020.
2. **Alcaldía** Municipal de Candelaria. (2021). Anuario Estadístico del Municipio de Candelaria 2021. "Demografía". Candelaria, Valle del Cauca. Disponible en: <https://www.candelaria-valle.gov.co/publicaciones/1006/anuarios-estadisticos-2021/>
3. **Argüello**, H. (2020). Generalidades del cultivo de habichuela: Mejoramiento de la calidad y competitividad de los sistemas productivos de habichuela en los municipios de Choachí, Fómeque y Ubaque, Cundinamarca. Corredor Tecnológico Agroindustrial, CTA-2. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C. Disponible en: http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/Generalidades_HABICHUELA_2022.pdf
4. **Avilez**, Y. (2019). Detallar el desarrollo de un cultivo de cilantro (*Coriandrum Sativum*) en un sistema aeropónico automatizado. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente Profesional En Agronomía. Universidad Nacional Abierta Y A Distancia (UNAD). Tolima. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/27970/Ymavilezb.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. **Barrera**, D; Arias, K. (2018). Propuesta para la estandarización de procesos productivos en la empresa acuaponía Casanare S.A.S. Universidad de La Salle. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1100&context=ing_industrial
6. **Beltrano**, J; Giménez, D. (2015). Cultivo en hidroponía; 1ª edición adaptada. Universidad Nacional de La Plata. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
7. **Benavides**, R. (2022). Efectos de diferentes densidades de siembra en la cría de alevines de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) en tanques. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6651>
8. **Castañares**, J. (2020) ABC de la hidroponía. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires, Argentina. Disponible en: https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/8023/INTA_DireccionNacional_EEAAMB_A_Castanares_JL_ABC_de_la_hidroponia.pdf?sequence
9. **Castillo**, S; Daraviña, K; Pedroza, M; Sánchez, W; Beltrán, L; Ramírez, M; Giraldo, O; Martínez, L; Rivera, R. (2020). Conflictos Socioambientales en el Valle del Cauca: Caña de Azúcar. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10901/19490>
10. **Cenicaña**. (2023). Red Meteorológica Automatizada (RMA). Consultada el 30 de octubre del 2023. Disponible en: <https://www.cenicana.org/apps/meteoportal/public/>
11. **Conconi**, A; & Ham, A. (2007). Pobreza multidimensional relativa: Una aplicación a la Argentina. Documento de trabajo Nro. 57. Maestría en economía. Universidad Nacional de la Plata. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/3616>
12. **DANE**. (2018). Censo nacional de población y vivienda. Colombia. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/infografias/info-CNPC-2018total-nal-colombia.pdf>
13. **Dawe**, D; & Ghanem, H. (2015). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo: 2015. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
14. **De La Oliva**, G. (2011). Manual de buenas prácticas de producción acuícola en el cultivo de trucha arco iris. Huancayo. Perú. Disponible en: <https://es.slideshare.net/luisenriquecabreratapia/19-manual-buenas-prcticas-acucolas-en-el-cultivo-de-la-trucha-arco-iris-47094086>

15. **Del Castillo, S.** (2010). La seguridad alimentaria y nutricional como derecho: mucho más que la evolución de un concepto. Observatorio de Seguridad Alimentaria y Nutricional - OBSAN UN- 5 años de trayectoria Reflexiones 2005- 2010. Disponible en: <http://obssan.unal.edu.co/wordpress/wp-content/uploads/2017/07/Libro-OBSAN-UN-5-Años-de-Trayectoria.-Reflexiones-2005-2010.pdf>
16. **Drewnowski, A.** (2010). The Nutrient Rich Foods Index helps to identify healthy, affordable foods1234. The American Journal of Clinical Nutrition. Volume 91, Issue 4, Pages 1095S-1101S. Available in: <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.28450D>
17. **FAO, FIDA, OMS, PMA, UNICEF.** (2021). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2021. Transformación de los sistemas alimentarios en aras de la seguridad alimentaria, una nutrición mejorada y dietas asequibles y saludables para todos. Roma, FAO. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/cb4474es>
18. **FAO-WFP.** (2022). Puntos críticos de hambre. Alertas tempranas sobre la inseguridad alimentaria aguda. Disponible en: <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/WFP-0000136243.pdf>
19. **FSANZ.** (2022). Food Standards Australia New Zealand. Australian Food Composition Database - Release 2.0. Bean, green, fresh, raw (F000431). Available in: <https://afcd.foodstandards.gov.au/fooddetails.aspx?PFKID=F000431>
20. **Galindo, J.** (2020). Arveja (*Pisum sativum* L.): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. Corredor Tecnológico Agroindustrial, CTA-2. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C. Disponible en: http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/12-manual-arveja-verde-2020-EBOOK.pdf
21. **Galvez, G; & Ramirez, Y.** (2020). Diseño hidráulico de un sistema hidropónico para optimizar la eficiencia de los recursos hídricos en la agricultura del distrito de la Yarada Los Palos, Tacna-2020. Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Privada de Tacna. Tacna, Perú. Disponible en: <https://repositorio.up.edu.pe/handle/20.500.12969/1533>
22. **Gómez, J.** (2014). Agricultura urbana en América latina y Colombia: perspectivas y elementos agronómicos diferenciadores. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2749/15385851.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
23. **Heinisch, C.** (2013). Soberanía alimentaria: un análisis del concepto. Hidalgo, F; Lacroix, P; Román, P. Comercialización y soberanía alimentaria, SIPAE. Disponible en: https://hal-agrocampus-ouest.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/794380/filename/2013_Heinisch_SA_analisis_concepto.pdf
24. **Huertas, B; Martínez, E; Hio, J; Galindo, J; Pérez, M; Vargas, R; Polo, S.** (2020). Cebolla de rama (*Allium fistulosum* L.): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. Corredor Tecnológico Agroindustrial, CTA-2. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C. Disponible en: http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/05-manual-cebolla-rama-2020-EBOOK.pdf
25. **Laverde, M; Rojas, M; Ramirez, Y.** (2019). Análisis de narrativas sobre el desarrollo: “Seguridad Alimentaria” y “Soberanía Alimentaria” en Colombia y Bolivia. Prospectiva, Revista de Trabajo Social e intervención social No. 28, pp. 317-359. Disponible en: <http://ref.scielo.org/gy8kxq>
26. **León, J; Parra, V; Silva, J; Peña, R; Román, D.** (2022). Requerimientos hídricos para el cultivo de fréjol variedad Calima en Riobamba, Ecuador. Ingeniería Hidráulica y Ambiental Vol. XLII, No. 1, Ene – Mar 2022, p. 25-37. Riobamba, Ecuador. Disponible en: <http://ref.scielo.org/thgqfw>
27. **Lewis, W; Yopp, J; Schramm, H; Brandenburg, A.** (1978). Uso de hidroponía para mantener la calidad del agua recirculada en un sistema de cultivo de peces. Transacciones de la Sociedad Americana de Peces.
28. **López, J.** (2019). Cultivo Acuapónico, Guía Especializada. CIFAL - UNITAR. Málaga. Disponible en: <https://cifalmalaga.org/web/wp-content/uploads/2020/04/2019.11.07-LIBRO-ACUAPONIA.pdf>

29. **Martínez, L;** Coelho, M; Miranda, A; Martínez, M. (2017). Tecnología Biofloc (BFT): una herramienta para la calidad del agua. Gestión en Acuicultura. Disponible en: https://pdfs.semanticscholar.org/e41d/12054999d35e307cadff736276639ae2dca0.pdf?_ga=2.114809669.371250254.1656569161-1787133849.1656569161
30. **Moreira, M.** (2015). Desarrollo de una fórmula de aliño a base de culantro de pozo (*Eryngium Foetidum* L.) con sus respectivos análisis. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/83/3/ULEAM-AGROIN-0009.pdf>
31. **Muhammed, S.** (2018). "NFT Hydroponics" - Grow within Your Budget. Tomorrow's Agriculture 1st Edition. SpringerBriefs in Plant Science. Available in: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-99202-0>
32. **Nakata, S.** (2014). Proceso Productivo Planificación y Control de la Producción. Disponible en: <https://es.slideshare.net/SachikoNakata/proceso-productivo-37783288>
33. **NASA.** (2023). Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). EarthData Open Access for Open Science. Sensors. Available in: <https://www.earthdata.nasa.gov/sensors/srtm>
34. **Nelson, R;** Pade, J. (2007). Acuaponía. Montillo, WI: Nelson and Pade.
35. **Nyeléni.** (2007). Declaración de Nyéléni 2007. Foro para la soberanía alimentaria. Nyéléni, 76. https://nyeleni.org/DOWNLOADS/Nyelni_SP.pdf
36. **Ordenanza N° 480.** (2018). Plan de Soberanía, seguridad alimentaria y nutricional 2018-2032 para el departamento del Valle del Cauca, Santiago de Cali, Colombia, 4 de mayo de 2018. Disponible en: <https://www.valledelcauca.gov.co/descargar.php?idFile=56427>
37. **Palacios, D.** (2014). Producción de vegetales empleando la técnica hidropónica de flujo laminar de nutrientes (NFT). Programa académico de Ingeniería Agrícola. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Santiago de Cali. Colombia. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10893/15876>
38. Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniera Agrícola
39. **Peralta, E;** Murillo, N; Mazón, J; Pinzón, Z; Villacrés, E. (2013). Manual Agrícola de Frijol y otras Leguminosas. Cultivo, variedades y costos de producción. Publicación Miscelánea No. 135. Tercera edición. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2705/1/iniapscpm135%283%29.pdf>
40. **Pérez; Arbeláez.** (1956). Plantas Útiles de Colombia. Sucesores de Rivadeneyra. Catálogo de plantas y líquenes de Colombia (*Eryngium foetidum* L). Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/es/resultados/especie/Eryngium%20foetidum/>
41. **Pollock, M.** (2003). Enciclopedia del cultivo de frutas y hortalizas. Consejos prácticos sobre más de 150 hortalizas, frutas y hierbas culinarias. Royal Horticultural Society. Naturart. S.A. Editado por BLUME. Primera edición en lengua española. Disponible en: <https://ils.upaep.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=55308>
42. **Prosperidad Social.** (2016). Ficha de caracterización territorial, contexto general, Candelaria, Valle del Cauca. Colombia. Disponible en: <https://www.candelaria-valle.gov.co/>
43. **Rakocy, J.** (1999). Ingeniería de acuicultura: el estado de la acuaponía, parte 1. Revista de acuicultura Arkansas-, 25, 4, 83-88.
44. **Rakocy, J.** (2012). Acuaponía -Integrando el Cultivo de Peces y Plantas. Sistemas de producción acuícola. 344-386.
45. **Ramírez, D;** Sabogal, D; Jiménez, P; Hurtado, H. (2008). La acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. Revista Facultad de Ciencias Básicas, 4ta Edición, N° 1, 32-51. Universidad Militar Nueva Granada. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/2230/1937>
46. **Ramírez, D;** Sabogal, D; Gómez, E; Rodríguez, D; Hurtado, H. (2009). Montaje y evaluación preliminar de un sistema acuapónico gold-fish lechuga. Revista Facultad De Ciencias Básicas, 5ta Edición, N° 1, 154-170

- Universidad Militar Nueva Granada. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/2128/1667>
47. **Rico, A.** (2022). Solo se está aprovechando 13,5% de los 39,2 millones de hectáreas con potencial. La República. Disponible en: <https://www.larepublica.co/economia/del-34-del-area-potencial-para-cultivar-en-colombia-se-aprovecha-cerca-del-13-5-3391297>
 48. **Rodríguez, M.** (2010). Alimentar a las ciudades de Colombia, Política para el desarrollo de los sistemas de abastecimiento y distribución de alimentos en Colombia: Instrumento para la seguridad alimentaria. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Disponible en: <https://docplayer.es/40507041-Alimentar-a-las-ciudades-de-colombia.html>
 49. **Rosas, J.** (2003). El cultivo del frijol común en América Tropical. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/91694ffc-ed4c-40af-b278-bae70644eb01/content>
 50. **Rueda, F.** (2011). Breve historia de una gran desconocida: La Acuicultura. Revista Eubacteria: Especial Biología Marina. Disponible en: <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/29260/1/Breve%20historia%20de%20una%20gran%20desconocida%20la%20Acuicultura.pdf>
 51. **Salinas, D; Alarcón, K; Guevara, M; Galindo, J.** (2020). Cebolla de bulbo (*Allium cepa* L): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. Corredor Tecnológico Agroindustrial, CTA-2. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C. Disponible en: http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/03-manual-cebolla-bulbo-2020-EBOOK.pdf
 52. **Samboni, L.** (2021). Implementación de un sistema productivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad calima en el corregimiento de Los Milagros. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de La Salle. Yopal, Colombia. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1246&context=ingenieria_agronomica
 53. **Silvera, J; & Cantero, K.** (2022). Implementación de un sistema acuapónico híbrido (solar y tradicional) para el cultivo de tilapia roja, especies seleccionadas y forraje verde hidropónico como estrategia de producción más limpia en Polonuevo, Atlántico. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, Colombia. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11323/9492>
 54. **U.S.D.A.** (2019). United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. FoodData Central. Onions, raw (SR Legacy 170000). Available in: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170000/nutrients>
 55. **U.S.D.A.** (2019a). United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. FoodData Central. Beans, cranberry (roman), mature seeds, raw (SR Legacy 175189). Available in: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/175189/nutrients>
 56. **U.S.D.A.** (2019b). United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. FoodData Central. Coriander (cilantro) leaves, raw (SR Legacy 169997). Available in: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169997/nutrients>
 57. **U.S.D.A.** (2019c). United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. FoodData Central. Peppers, bell, green, raw (Foundation 2258588). Available in: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2258588/nutrients>
 58. **Valencia, C.** (2014). Diseño de una central de compras virtual de CAVASA, dirigida a comunidades de consumidores del Valle del Cauca. Anexo B. Comparativo de precios de CAVASA bis Super Inter. Universidad Autónoma de Occidente. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/8051/T06057.pdf?sequence=1>
 59. **Viera, J.** (2017). El cultivo sostenible de la Tilapia Roja una oportunidad de negocio en el Municipio de Pradera, Valle del Cauca. Facultad de estudios a distancia. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá,

Colombia. Disponible en:
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/16176/VieraZorrillaJulianAlberto2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

60. **Zaar**, M. (2011). Agricultura urbana: algunas reflexiones sobre su origen e importancia actual. Universidad de Barcelona. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-944.htm>
61. **Zamora**, J. (2015). Respuesta del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) a la utilización de bioestimulantes en época lluviosa en la zona de Buena Fe. Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera Ingeniería Agronómica. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c59b51dd-5f0a-4f06-a878-df7f338adeab/content>
62. **Zuloaga**, F. (2008). Catálogo de plantas y líquenes de Colombia (*Lactuca sativa* L.). Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/es/resultados/especie/Lactuca%20sativa/>

Anexos

Proveniencia Alimentos	Porcentaje	
Producción propia	6	1,41%
Mercado a crédito	18	4,24%
Mercado de contado	153	36,00%
Compra a diario	218	51,29%
Fiado a diario	30	7,06%
TOTAL	425	100,00%

Ingresos Alimentos	Porcentaje	
Suficientes	51	12,03%
Casi suficientes	140	33,02%
A veces suficientes	148	34,91%
Insuficientes	85	20,05%
TOTAL	424	100,00%

Estrategias	Porcentaje	
Reducir comidas diarias	53	12,50%
No consumir alimentos un día	4	0,94%
Ninguna	88	20,75%
Comer alimentos no preferidos	165	38,92%
Reducir la cantidad de la porción	228	53,77%
TOTAL	424	126,89%

Corregimiento	Poblacion	Porcentaje	Encuestados	Porcentaje
Juanchito	24349	26%	142	33,41%
Cabecera	23940	25%	140	32,94%
Villagorgona	22490	24%	143	33,65%
Otros	23432	25%	0	0,00%
TOTAL	94211	100%	425	100,00%

Resultados de la encuesta de preferencia alimentaria.				
Alimentos	Palatabilidad	Utilidad Econ	Frecuencia	Saciedad
Cebolla C.	92	112	151	5
Frijol C.	102	108	131	358
Cilantro	126	112	53	1
Pimenton	44	32	22	7
Cimarron	35	19	11	3
Habichuela	26	42	56	51
Total	425	425	424	425
Nota. Elaboracion propia.				

https://drive.google.com/drive/folders/1xyeM_7JpE4EoksAtjoPnYh_WwEmlseYU?usp=sharing

****Hacer clic en el enlace para abrir el documento con la información completa***

Anexo 1. Datos nutricionales y estadísticos recolectados a partir de la elaboración de encuestas de seguridad y preferencia alimentaria a una muestra representativa de la población del Municipio de Candelaria, Valle del Cauca.



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
ESCUELA DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE - UNIVERSIDAD DEL VALLE
"PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ACUAPONÍA URBANA COMO ALTERNATIVA PARA LA
SOBERANÍA ALIMENTARIA EN EL MUNICIPIO DE CANDELARIA"

Seguridad Alimentaria (1)

Estimado/a habitante del Municipio de Candelaria.

La presente encuesta tiene el objetivo de identificar indicadores generales sobre el acceso y disponibilidad de alimentos dentro de los hogares. Los indicadores de seguridad alimentaria son herramientas útiles para evaluar la disponibilidad de alimentos que sean nutritivos e inocuos, capaces de satisfacer las necesidades nutricionales y preferencias alimentarias de las personas. La seguridad alimentaria se compone de cuatro dimensiones principales: la disponibilidad física de los alimentos que se refiere a la oferta presente, el acceso económico y físico a los alimentos que se refiere a la capacidad que se tiene de adquirirlos, la utilización de los alimentos que se enfoca en cómo son aprovechados los nutrientes y la estabilidad en el tiempo de las tres dimensiones anteriores.

La información solicitada en este cuestionario es estrictamente confidencial

Corregimiento: _____ Edad: _____

Su género es: Masculino ☐ Femenino ☐ Otro ☐

¿Con cuántas personas vive en su hogar? _____
(Viven bajo el mismo techo, comparten gastos de alimentación)

Coloque dentro del recuadro de la derecha el número correspondiente a la opción seleccionada:

♦ ¿Cuál es su nivel educativo? ----- ☐

1 = Ninguno. 2 = Primaria. 3 = Bachillerato. 4 = Técnico.
5 = Tecnólogo 6 = Profesional. 7 = Postgrado.

♦ ¿Cuál es la ocupación de la cabeza del hogar? ----- ☐

1 = Asalariado. 2 = Independiente. 3 = Negocio propio. 4 = Desempleado.

♦ ¿De dónde provienen los alimentos consumidos en su hogar? ----- ☐

1 = Producción propia. 2 = Mercado a crédito. 3 = Mercado de contado.
4 = Compra a diario. 5 = Fiado a diario.

♦ ¿Cómo fueron los ingresos destinados a la compra de alimentos del hogar en el último mes? ☐

1 = Suficientes. 2 = Casi suficientes. 3 = A veces suficientes. 4 = Insuficientes.

♦ ¿Durante el último mes a cuáles de las siguientes acciones ha recurrido? ☐ ☐ ☐ ☐

(Puede seleccionar múltiples opciones escribiendo varios números en los recuadros)

1 = Reducir el número de comidas diarias. 2 = No consumir alimentos durante un día. 3 = Ninguna.
4 = Comer alimentos no preferidos. 5 = Reducir la cantidad de la porción.

Gracias!!!

Anexo 2. Encuesta de seguridad alimentaria realizada a una muestra de la población del Municipio de Candelaria, Valle del Cauca.



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
ESCUELA DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE - UNIVERSIDAD DEL VALLE
"PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ACUAPONÍA URBANA COMO ALTERNATIVA PARA LA
SOBERANÍA ALIMENTARIA EN EL MUNICIPIO DE CANDELARIA"

Preferencia Alimentaria (2)

Estimado/a habitante del Municipio de Candelaria.

La presente encuesta tiene el objetivo de identificar de manera general la preferencia frente a distintos alimentos que posee el territorio. La preferencia alimentaria consiste en determinar qué alimentos son más aceptados por una población en base múltiples variables, esto se realiza con la finalidad de satisfacer las necesidades nutricionales y alimentarias de las personas. La preferencia alimentaria puede variar en función de tres variables principales: la palatabilidad que se refiere al sabor de los alimentos, la accesibilidad económica y física a estos que se refiere a la capacidad que se tiene de adquirirlos, y la saciedad de los alimentos que se enfoca en la sensación de llenura que estos producen.

Agradecemos sinceramente su tiempo en responder las siguientes preguntas acerca de la preferencia alimentaria en su hogar.

La información solicitada en este cuestionario es estrictamente confidencial

A continuación, se presentan los alimentos propuestos para la elaboración del proyecto:

- 1 = Cebolla Cabezona. 2 = Frijol Calima. 3 = Cilantro.
4 = Pimentón. 5 = Cimarrón. 6 = Habichuela.

Coloque dentro del recuadro el número correspondiente al alimento seleccionado:

- ♦ ¿Cuál de los alimentos presentados posee un mejor sabor? ----- ☐
- ♦ ¿Cuál de los alimentos presentados puede comprar con mayor facilidad? ----- ☐
(Tenga en cuenta que compra la misma cantidad del alimento. Ej: 1 Kg):
- ♦ ¿Cuál de los alimentos presentados consume con mayor frecuencia? ----- ☐
- ♦ ¿Cuál de los alimentos presentados le produce mayor sensación de llenura? ----- ☐
- ♦ ¿De contar con los medios y conocimientos necesarios, cultivaría sus propios alimentos?
(Marque con una "X" la opción seleccionada)

Si ☐

No ☐

Gracias!!!

Anexo 3. Encuesta de preferencia alimentaria realizada a una muestra de la población del Municipio de Candelaria, Valle del Cauca.