



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA

TITULACIÓN DE INGENIERO AGROPECUARIO

“Comparación de rendimientos de cultivos de fresa (*Fragaria* × *ananassa*) bajo los sistemas de hidroponía y acuaponía”

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.

AUTOR: Coronel Ochoa, Martín Emanuel

DIRECTOR: Chamba Zaragocin, Diego Fernando

Loja-Ecuador

2014

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Ing.

Diego Fernando Chamba Zaragocin

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración, certifico:

El presente trabajo de fin de titulación: “Comparación de rendimientos de cultivos de fresa (*Fragaria x ananassa*) bajo los sistemas de hidroponía y acuaponía” realizado por Martín Emanuel Coronel Ochoa, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, diciembre de 2014

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Martín Emanuel Coronel Ochoa declaro ser autor del presente trabajo de fin de titulación: “Comparación de rendimientos de cultivos de fresa (*Fragaria x ananassa*) bajo los sistemas de hidroponía y acuaponía”, de la Titulación de Ingeniero Agropecuario, siendo Diego Fernando Chamba Zaragocin director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f.

Autor: Martín Emanuel Coronel Ochoa

Cédula: 1105030405

DEDICATORIA

Dedicado a todas aquellas personas que siempre se preguntaron si es posible una forma diferente de agricultura, donde no sea necesario aplicar fertilizantes o labrar el terreno para el cultivo de vegetales.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por financiar este proyecto y a la titulación de Ingeniería Agropecuaria por darme la libertad de llevarlo a cabo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
CERTIFICACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
DEDICATORÍA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
GLOSARIO	xil
RESUMEN EJECUTIVO	1
ABSTACT	2
INTRODUCCIÓN	3
Objetivo general del proyecto	4
Objetivos específicos	4
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	6
1.1 La hidroponía	7
1.1.1 Historia de la hidroponía	7
1.1.2 Ventajas de los cultivos en hidroponía	8
1.1.3 El sistema de cultivo hidropónico nutrient film technique (NFT)	8
1.1.4 Soluciones hidropónicas	9
1.2 La acuicultura	9
1.2.1 Historia de la acuicultura	10
1.2.2 Ventajas de la acuicultura	10
1.2.3 Problemática en la acuicultura	11
1.2.4 Cultivo en tanques recirculantes	12
1.3 La acuaponía	13
1.3.1 Historia de la acuaponía	13
1.3.2 Ventajas	15
1.4 La fresa	16
1.4.1 Historia del cultivo de fresa	16
1.4.2 Importancia de la fresa en el Ecuador	17
1.4.3 Requerimientos edafoclimáticos y manejo agronómico del cultivo de fresa	18
1.4.4 Características productivas del cultivo de fresa	19
1.5 La tilapia	20
1.5.1 Historia	20
1.5.2 Características de manejo de la tilapia	21
1.5.3 Características comerciales de la tilapia	22
1.6 Calidad del Agua	22
1.6.1 Amonio y amoniaco (NH_4/NH_3)	23
1.6.2 Nitrito (NO_2) y nitrato (NO_3)	23

1.6.3 Fosfato (PO ₃)	24
1.6.4 Potencial de hidrógeno (pH)	25
1.6.5 Dureza (gH)	25
1.6.6 Alcalinidad (kH)	25
1.6.7 Sólidos disueltos totales (TDS)	25
1.61..8 Conductividad (µs)	26
6.9 Otros parámetros	26
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA	26
2.1 Ubicación del proyecto:	28
2.2 Hipótesis y tratamientos	29
2.3 Descripción del sistema acuapónico	30
2.4 Descripción del componente hidropónico	31
2.5 Parámetros del sistema de cultivo	32
2.6 Metodología para la medición del objetivo específico 1	33
2.7 Metodología para la medición del objetivo específico 2	33
2.8 Metodología para la medición del objetivo específico 3	34
2.9 Metodología para la medición del objetivo específico 4	35
2.10 Metodología y análisis estadísticos	35
CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
3.1 Resultados del objetivo específico 1	37
3.1.1 Número y peso promedio de los frutos cosechados semanalmente	38
3.1.2 Mortandad de las plantas	39
3.1.3 Plantas en producción y en sus diversos estadios productivos	39
3.1.4 Categorización de los frutos	39
3.1.5 Producción semanal de fresas	40
3.1.6 Producción final de fresas	41
3.1.7 Contenido de azúcar de los frutos	41
3.1.8. Análisis de la producción en T0(H)	42
3.2 Resultados del objetivo específico 2	42
3.2.1 Mortandad de las tilapias	42
3.2.2 Peso promedio final de las tilapias	43
3.2.3 Peso final de las tilapias	44
3.3 Resultados del objetivo específico 3	44
3.3.2 Nitrógeno y fosfato	44
3.3.2 pH, conductividad eléctrica, dureza, alcalinidad y TDS	45
3.4 Resultados del objetivo específico 4	47
3.4.1 Consideraciones previas a la realización del ejercicio económico	47
3.4.1.1 Semillas y alevines	47
3.4.1.2 Modificaciones al sistema de riego	48
3.4.1.3 Tanque de distribución de agua.	48
3.4.1.4 Canales de cultivo:	49
3.4.1.5 Solución nutritiva:	49
3.4.2 Determinación de ingresos, egresos y amortización del proyecto.	50
3.4.2.1 Tratamiento T2 (relación 1 pez para cada 2,5 plantas)	51

3.4.2.2 Tratamiento T2 (relación 1 pez para cada 2 plantas)	52
3.4.2.3 Testigo T0(H) (testigo hidropónico)	54
3.4.2.4 Testigo T0(A) (testigo de acuacultura)	56
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Fórmula de la solución hidropónica La Molina	9
Tabla 2	Clasificación taxonómica de la fresa (<i>Fragaria x ananassa</i>)	16
Tabla 3	Composición química de 100 g de fresa	19
Tabla 4	Calibres comerciales para frutillas	19
Tabla 5	Clasificación taxonómica de la tilapia (<i>Oreochromis aureus</i>)	20
Tabla 6	Contenido nutricional de la tilapia	22
Tabla 7	Especificaciones en el número de individuos en cada tratamiento	30
Tabla 8	Variables medidas durante la realización del proyecto	32
Tabla 9	Análisis nutricional garantizado del Balanceado Tilapero	32
Tabla 10	Tabla de clasificación de los frutos de fresa ajustada para el proyecto	33
Tabla 11	Resultados de la medición de los diversos parámetros productivos de la fresa en los diferentes tratamientos	37
Tabla 12	Resultados de la medición de las tilapias en los diferentes tratamientos	42
Tabla 13	Especificaciones para la realización del ejercicio económico de los diversos tratamientos	47
Tabla 14	Solución hidropónica Farran/Mingo modificada	50
Tabla 15	Resultados del ejercicio económico empleando los datos obtenidos de T2	51
Tabla 16	Amortización del capital inicial del proyecto empleando los datos obtenidos de T2	52
Tabla 17	Resultados del ejercicio económico empleando los datos obtenidos de T1	52
Tabla 18	Amortización del capital inicial del proyecto empleando los datos obtenidos de T1	53
Tabla 19	Resultados del ejercicio económico empleando para T0(H)	54
Tabla 20	Amortización del capital inicial del proyecto según el testigo T0(H)	55
Tabla 21	Resultados del ejercicio económico empleando para T0(A)	56
Tabla 22	Amortización del capital inicial del proyecto según el testigo T0(A)	57
Tabla 23	Amortización del capital inicial del proyecto según el testigo T0(A). Opción sin la construcción de un invernadero	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Cultivo hidropónico de lechuga en raíz flotante	7
Figura 2	Jardines colgantes de Babilonia	7
Figura 3	Sistema de cultivo NFT de lechuga en nueve niveles	8
Figura 4	Pesca de tilapia en estanques artificiales	10
Figura 5	Cosecha de peces en estanques (lokoī'a) en Hawai	10
Figura 6	Sistema de acuicultura recirculante en interiores	11
Figura 7	Cultivo en chinampas	13
Figura 8	Representación de la siembra del arroz en terrenos pantanosos	14
Figura 9	Sistema acuapónico comercial de la universidad de Virgin Islands	14
Figura 10	Granja Vertical	15
Figura 11	Planta de fresa en sistema de acuaponía	16
Figura 12	Pequeño árbol genealógico de <i>Fragaria x ananassa</i>	17
Figura 13	Rendimiento de diferentes cultivos en el Ecuador	17
Figura 14	Precios de diversos productos en el Ecuador	17
Figura 15	Cultivo de Fresa en Bonares, España	18
Figura 16	Cosecha de fresas con tres cuartos de su maduración total	19
Figura 17	Tilapia (<i>Oreochromis aureus</i>)	20
Figura 18	Relieve egipcio que representa a la tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	20
Figura 19	Cultivo extensivo de tilapia en jaulas de alta o densidad	21
Figura 20	Curva típica de los niveles de amonio y nitrito desde el día de inoculación de las bacterias en el biofiltro	23
Figura 21	Proceso de eutrofización	24
Figura 22	Invernadero experimental	29
Figura 23	Representación gráfica de la disposición de los tratamientos	30
Figura 24	Biofiltros experimentales	30
Figura 25	Sistema de recirculación del agua	30
Figura 26	Diseño mecánico del sistema acuapónico; vista lateral	31
Figura 27	Diseño mecánico del sistema acuapónico; vista frontal	31
Figura 28	Sistema acuapónico definitivo con sus respectivas plantas de fresa	31
Figura 29	Medición del número de frutos e inflorescencias	33
Figura 30	Captura y colocación de la tilapia en un recipiente para su pesaje	34
Figura 31	Medición de los niveles de amonio	34
Figura 32	Producción promedio por planta en cada tratamiento, expresada en gramos	38
Figura 33	Producción promedio por planta en cada tratamiento, expresada en número de frutos	38
Figura 34	Índice de mortandad en las plantas de fresa de los diferentes tratamientos	39
Figura 35	Porcentaje promedio semanal de plantas en producción, floración, con frutos ácidos, imperfectos y maduros	39
Figura 36	Categorización de los frutos de según su peso.	40
Figura 37	Producción semanal total de fresas entre los tratamientos expresada en kilogramos	40
Figura 38	Producción semanal total de fresas entre los tratamientos expresada en número de frutos	40

Figura 39	Producción total de fresas entre los tratamientos expresada en kilogramos	41
Figura 40	Producción total de fresas entre los tratamientos expresada en número de frutos	41
Figura 41	Concentración de grados brix en los frutos de diferentes tratamientos	41
Figura 42	Síntomas de deficiencia de hierro en las plantas del sistema Hidropónico	42
Figura 43	Peso promedio de los peces en cada tratamiento	43
Figura 44	Índice de mortandad de la tilapias según tratamiento	43
Figura 45	Producción final de peces por tratamiento expresada en kilogramos	44
Figura 46	Niveles de amonio/amoniaco promedio de los tratamientos	44
Figura 47	Niveles de nitrito promedio entre tratamientos	44
Figura 48	Niveles de nitrato promedio entre tratamientos	45
Figura 49	Niveles de fosfato promedio entre tratamientos	45
Figura 50	Niveles de pH promedio entre tratamientos	46
Figura 51	Niveles de conductividad eléctrica promedio entre tratamientos	46
Figura 52	Dureza promedio entre tratamientos.	46
Figura 53	Nivel de alcalinidad promedio entre tratamientos	46
Figura 54	Nivel de sólidos disueltos totales entre tratamiento	46

GLOSARIO

Término	Significado
"	pulgadas
#	número
\$	dólares
%	porcentaje
®	marca registrada
°	grados
μ	promedio de la población
A.C.	antes de Cristo
B	boro
Ca	calcio
CFN	Corporación Financiera Nacional
Cu	cobre
CV	coeficiente de variación
D.C.	después de cristo
Dr.	doctor
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura
Fe	hierro
g	gramos
gh	dureza
h	horas
HP	caballos de fuerza
μs	conductividad eléctrica medida en micro siemens
INAMHI	Instituto de Meteorología e Hidrología
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
K	potasio
Kg	kilogramos
kH	alcalinidad
kj	kilojules
l	litros
m	metros

Término	Significado
m ²	metros cuadrados
m ³	metros cúbicos
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MAGAP	Ministerio de Agricultura Acuicultura Ganadería y Pesca
Máx.	máximo
Mg	magnesio
min	minutos
Mín.	mínimo
ml	mililitros
Mn	manganeso
Mo	molibdeno
N	nitrógeno
NFT	técnica de film nutritivo
NH ₃	amoníaco
NH ₄	amonio
NO ₂	nitrito
NO ₃	nitrato
P	fósforo
pH	potencial de Hidrógeno
PO ₃	Fosfato
S	azufre
Σ	sumatoria total
S.A.	sociedad anónima
T0(A)	Testigo de acuicultura
T0(H)	Testigo hidropónico
T1	Tratamiento 1: Tratamiento acuapónico: relación 2,5
T2	Tratamiento 2: Tratamiento acuapónico: relación 2,0
TDS	sólidos disueltos totales
W.	peso
Zn	zinc

RESUMEN

Se evaluó un sistema experimental de acuaponía durante seis meses incorporando la producción de fresa (*Fragaria x ananassa*) y tilapia (*Oreochromis aureus*) en tanques recirculantes de 1 m³ con canales de cultivo NFT con sustrato de granillo. Se probaron las relaciones entre el número de plantas y el número de peces 2,5:1 (T2) y 2:1 (T1) en comparación con el sistema de acuacultura (T0 (A)) e hidroponía (T0 (H)), donde, en el componente vegetal destacó T1 con un 62% de plantas en producción continua, 3 frutos por planta de un tamaño de 12,20 g y 9,94°brix. En el componente piscícola la producción fue baja en todos los tratamientos probablemente debido a una baja oxigenación en los tanques de cultivo, siendo T1 el tratamiento con el mejor peso promedio con 40,63 g/pez. La calidad el agua se mantuvo dentro de los intervalos seguros en todos los tratamientos, donde T2 fue el tratamiento con mejores resultados en cuanto a niveles de amonio, nitrato, nitrito, fosfato, pH y dureza. Económicamente T1 fue el tratamiento con mayor rentabilidad siendo su relación beneficio/costo de 1,02 \$/año.

Palabras clave: acuaponía, acuacultura, hidroponía, fresa, tilapia.

ABSTRACT

An experimental aquaponic system was evaluated for six months incorporating the production of strawberry (*Fragaria x ananassa*) and tilapia (*Oreochromis aureus*) in recirculating tanks of 1 m³ for tilapia culture and NFT channels with a small pebbles substrate for strawberry. The relationships between the number of plants and the number of fish 2,5:1 (T2) and 2:1 were tested and compared to the aquaculture system (T0 (A)) and hydroponic system (T0 (H)), where, T1 stands out the plant component with a 62% of plants in continuous production, three fruits per plant of an average size of 12,20 g and 9,94° Brix. The fish component production was low in all treatments probably due a poor oxygenation in the culture tanks, where T1 was the treatment with the highest average weight of 40.63 g/fish. The water quality remained within safe ranges in all treatments, where T2 was the treatment with best results in terms of levels of ammonia, nitrate, nitrite, phosphate, pH and hardness. Economically T1 was the most profitable treatment being its benefit/cost ratio of 1.02 USD / year.

Keywords: aquaponics, acuaculture, hidropony, strawberry, tilapia.

INTRODUCCION

La seguridad alimentaria consiste en la disponibilidad, acceso, utilización correcta y estabilidad de alimentos para las personas de una población (FAO, 2010; FAO, 2011). Sin embargo existen factores que pueden afectar a la seguridad alimentaria como lo son: subida en los precios de los alimentos, la degradación del medio ambiente y condiciones climáticas adversas, formas de producción y distribución ineficientes, mal funcionamiento del mercado internacional, la producción de biocombustibles, debilidad de la moneda local y razones culturales (FAO, 2006; Pobreza Mundial, 2009; FAO, 2010; Wikipedia, 2012).

La ONU calcula que actualmente 7.000 millones de personas habitan la tierra y que dentro de cuatro décadas, esta cifra se incrementará a 9.300 millones, sin embargo, el cambio más drástico será en la población urbana, ya que 6.300 millones vivirán en las ciudades, lo que representa un aumento del 75% con respecto a las cifras actuales (Diario El Universo, 2012; ONU, 2012; ONU, 2013). Entonces debemos preguntarnos, ¿Es posible producir alimento para esa población?

Según Norman Hudson, en su libro “Conservación del Suelo” (1997), abastecer a una población geográfica en continuo crecimiento solo es posible mediante tres métodos:

1. Aumentando la superficie cultivada.
2. Aumentando la producción por unidad de superficie.
3. Encontrando nuevas fuentes de alimento.

Según estas tres perspectivas, no es posible incrementar la superficie cultivada puesto que no todas las tierras son aptas para el cultivo, sin mencionar además posibles impactos ecológicos, debido a esto, solo es posible incrementando la producción por unidad de superficie o encontrando nuevas fuentes de alimento.

Sin embargo no debemos olvidar que la agricultura y ganadería intensivas plantea diversos contaminantes como lo son la liberación de gases de invernadero (metano) producto de la ganadería, la liberación de óxido nítrico debido al uso de fertilizantes nitrogenados, además del consumo masivo y contaminación de las fuentes de agua para labores agrícolas (Foley, 2014).

Jonathan Foley (2014) director del Instituto del Medio ambiente en la Universidad de Minessota describe cinco pasos por los cuales sería posible satisfacer la demanda de alimentos para la población en continuo crecimiento:

- Paso uno: Congelar el aumento de tierra dedicada a la agricultura.
- Paso dos: Cultivar más en las granjas que ya tenemos.
- Paso tres: Uso más eficiente de recursos.
- Paso cuatro: Cambiar dietas.
- Paso cinco: Reducir el desperdicio.

El paso tres, cuatro y cinco son los más factibles: usar eficientemente nuestros recursos (especialmente el terreno de cultivo y desechos), cambiar las dietas del

consumidor a alimentos que generen menos contaminación durante su producción y reducir los desperdicios mediante compostaje o reciclado.

Por estas razones, la agricultura debe experimentar con medios alternativos de cultivo que permitan una auto sustentabilidad de la actividad agrícola que garantice una producción capaz de abastecer a una población en continuo crecimiento para lo cual se propone en el presente estudio la evaluación de la tecnología acuapónica, a pesar de ser poco conocida en el país tiene el potencial de encaminar la agricultura hacia un nuevo futuro de sustentabilidad y seguridad alimentaria.

Objetivo general del proyecto

Determinar las diferencias del rendimiento de fresa (*Fragaria x ananassa*) bajo cultivos hidropónico y acuapónico; y obtener el rendimiento de la tilapia (*Oreochromis sp.*) del cultivo acuapónico.

Se escogió la fresa debido a que es planta perenne con múltiples cosechas y un fruto con alto contenido de vitamina C le otorga un enorme valor nutritivo (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002; MAG, 2007; Fundación Española de la Nutrición, 2008).

Para el cultivo de la fresa se seleccionó el sistema de hidropónico NFT debido a su facilidad de instalación y manejo (Gavilán, 2004; Barrera & Hernández, 2010; UNAM, 2010)

Por otro lado, se eligió la Tilapia (*Oreochromis sp.*), introducida en el Ecuador en los años 1965, debido a ser un organismo modelo empleado en la acuaponía (Rakocy & Bailey, 2008) y una explotación en continuo crecimiento en el Ecuador (León, 2009; Agytec, 2011).

Objetivos Específicos:

- Objetivo Específico 1: Comparar las características productivas entre las plantas cultivadas en los tratamientos acuapónico e hidropónico.
- Objetivo Específico 2: Comparar el crecimiento de los peces criados en acuacultura en un tanque recirculante frente a los criados en acuaponía.
- Objetivo Específico 3: Determinar las diferencias entre niveles de nitrato, amonio/amoniaco y fosfato entre los tratamientos acuapónico e hidropónico.
- Objetivo Específico 4: Proyectar mediante un análisis beneficio/costo las ventajas y desventajas que la acuaponía posee en comparación con la hidroponía.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 La hidroponía



Figura 1: Cultivo hidropónico de lechuga en raíz flotante. Fuente: Ecología verde (2013).

La Hidroponía es una técnica dedicada a la producción de cultivos sin suelo, el cual es reemplazado con agua con los nutrientes minerales disueltos en ella (Malca, 2006; Sánchez, 2004). Este es probablemente el método de agricultura más intensivo en el mundo y es aplicado exitosamente en países desarrollados y también mediante

tecnologías más sencillas en zonas de extrema pobreza para el autoconsumo (Universidad Nacional Agraria La Molina, 2013). Mediante este método podemos cultivar un promedio de 27 lechugas/m² en comparación a siete lechugas/m² en un sistema a campo abierto (Malca, 2006).

La hidroponía ha sido una empresa en crecimiento en el Ecuador tanto en su acogida en los supermercados así como las empresas que brindan capacitación sobre la misma (Competitividad, 2011; INIAP, 2013)

1.1.1 Historia de la hidroponía



Figura 2: Jardines colgantes de Babilonia: si bien son el referente más antiguo para la hidroponía, no eran un cultivo sin suelo, sino un cultivo artificial en macetas gigantes. Fuentes: Gavilán (2004), Sánchez (2004), Corazón Verde S.A. (2014).

Muchos son los antecedentes de la hidroponía, a continuación citamos los eventos más importantes:

En 1699 el inglés John Woodward fue el primer autor que hizo crecer a las plantas en diversos recipientes en medio líquidos al que había añadido previamente diferentes cantidades de suelo (Gavilán, 2004; Sánchez, 2004).

En 1860 el alemán Julio Von Sachs y el autor contemporáneo Wilhelm Knop comenzaron a desarrollar el cultivo sin suelo, basado únicamente en la

disolución nutritiva (Gavilán, 2004; Sánchez, 2004).

En 1929 el Dr. Willian Gericke logra aplicar el sistema de cultivo a nivel comercial, sin embargo su proyecto no tiene gran acogida por la comunidad (Gavilán, 2004; Sánchez, 2004).

Finalmente, los cultivos hidropónicos fueron empleados a nivel comercial desde la segunda guerra mundial; cuando Estados Unidos ocupó Japón, debido a la práctica japonesa de abonar sus campos con estiércol humano, sus soldados se reusaban a consumir las hortalizas producidas en la localidad.

Fue allí donde se hizo hincapié y se puso en práctica por primera vez método de cultivo propuesto por el Dr. Gericke lo cual resultó en un éxito, lo cual motivó a agricultores alrededor del mundo a experimentar con la hidroponía hasta la presente fecha (Sánchez, 2004).

1.1.2 Ventajas de los cultivos en hidroponía

- Balance ideal de aire, agua y nutrientes, por ello existe una mayor uniformidad en los cultivos.
- Permite una mayor densidad de población y por lo tanto mayor rendimiento por unidad de superficie.
- Fácil y rápida corrección de la deficiencia o el exceso de un nutrimento.
- Menor dependencia de los fenómenos meteorológicos.
- Mayor calidad del producto debido a una mayor limpieza e higiene en el método de producción.
- Gran ahorro en el consumo de agua.
- Se reduce en gran medida la contaminación del medio ambiente y de los riesgos de erosión.
- Casi no hay gasto en maquinaria agrícola ya que no se requiere de tractor, arado u otros implementos similares (Instituto San Antonio de Padua, 2002).

Virtualmente es posible instalar un sistema hidropónico en cualquier parte del mundo, aún en zonas urbanas, convirtiendo a cualquier vivienda en una potencial zona agrícola (Sánchez, 2004; Gisanz, 2007).

1.1.3 El sistema de cultivo hidropónico nutrient film technique (NFT)



Figura 3: Sistema de cultivo NFT de lechuga en nueve niveles. Fuentes: Leira (2012).

Existen diversos sistemas de cultivo hidropónico, entre ellos se encuentra el sistema utilizado en este proyecto el NFT (Nutrient Film Technique). Creado por el Dr. Allen Cooper y desarrollado en el Glasshouse Crops Research Institute (GCRI) durante la época de los 70 (Gavilán, 2004; Arano, 2007).

NFT es uno de los sistemas comerciales hidropónicos preferidos por los productores, debido a su facilidad de instalación, manejo, capacidad de automatización y optimización del agua y la solución nutritiva. Cultivos como lechuga y fresa son cultivados a nivel comercial en estos sistemas (Gavilán, 2004).

Este sistema consiste en la recirculación por bombeo de una lámina de 5 mm de solución nutritiva en un sistema de tuberías que permiten su retorno al tanque de solución con una altura de caída (50 cm), oxigenando de la solución hidropónica (Gavilán, 2004; Malca, 2006).

Retomando los tres parámetros de Hudson (1997) citados en la introducción, la hidroponía satisface con el segundo parámetro puesto que su rendimiento es mayor al observado en el campo (Malca, 2006). Sin embargo, es altamente dependiente del uso de soluciones nutritivas de elevado costo y no disponibles en diversas zonas rurales.

1.1.4 Soluciones hidropónicas

La solución hidropónica son los nutrientes esenciales disueltos que el cultivo hidropónico requiere para su crecimiento (Malca, 2006); existen diversas formulaciones, pero una de las más conocidas en Latinoamérica es la solución hidropónica La Molina.

Esta solución nutritiva se divide en dos componentes: la solución concentrada A y la solución Concentrada B, además de una solución de micronutrientes.

Tabla 1: Fórmula estándar de la solución hidropónica La Molina.	
Solución Concentrada A: (para 5.0 litros de agua, volumen final)	Cantidad
Nitrato de amonio	350,0 g
Superfosfato triple	180,0 g
Solución Concentrada B: (para 2.0 litros de agua, volumen final)	Cantidad
Sulfato de magnesio	220,0 g
Quelato de hierro 6% Fe	17,0 g
Solución de Micronutrientes	400 ml
Solución Micronutrientes: (para 1.0 litro de AGUA DESTILADA o HERVIDA)	Cantidad
Sulfato de Manganeso	5,0 g
Ácido Bórico	3,0 g
Sulfato de Zinc	1,7 g
Sulfato de Cobre	1,0 g
Molibdato de Amonio	0,2 g

Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina (2013).

Las soluciones nutritivas indicadas en la Tabla 1 son soluciones concentradas, por lo que es necesario diluirlas previo a su aplicación en el agua. La relación es 5 ml de solución concentrada A para cada litro de agua y 2 ml de solución concentrada B para cada litro de agua de riego.

1.2 La acuicultura

La acuicultura es la cría de organismos acuáticos, comprendidos peces, moluscos, crustáceos y plantas, la cual supone la intervención humana para incrementar la producción; por ejemplo: concentrar poblaciones de peces, alimentarlos o protegerlos de los depredadores (FAO, 2004; Rueda, 2011).



Figura 4: Pesca de tilapia en estanques artificiales. Fuente: PREDESUR (2008).



Figura 5: Cosecha de peces en estanques (loko'i'a) en Hawai. Fuente: AQUA (2014).

1.2.1 Historia de la acuicultura

La historia de esta actividad se remonta en el año 2000-1000 A.C. con el cultivo de carpa en China y de la tilapia en Egipto, ambos en pequeña escala; es más, la primera monografía conocida sobre la crianza de peces se publicó en China en el año 473 A.C. por Fan Lai (Rueda, 2011).

Posteriormente escritos se encuentran en Europa Occidental en el año de 1600 D.C. por parte de John Taverner acerca de la metodología para la cría de Carpa común mientras que otros escritos ingleses fueron encontrados en el año 1865 acerca de las técnicas para el desove artificial de peces (Rueda, 2011; Cifuentes et al., 1997).

Debido a la facilidad de obtener alimento de diversos medios, esta tecnología quedó en el olvido hasta mediados de siglo XX cuando se empieza a emplear a gran escala, ya sea por la necesidad de mantener vivos los animales capturados hasta la venta o por el hecho de generar una producción de subsistencia en tiempos donde escaseasen los alimentos (Rueda, 2011; Cifuentes et al., 1997).

Avances como: la fecundación artificial, la cría en cautividad de la trucha, técnicas de cría de algas unicelulares, *Rotíferos* y *Artemias* han promovido el desarrollo de este sistema de cría, a tal punto que la FAO estima que en el 2030, el 65% de los animales acuáticos procederán de la acuicultura (Rueda, 2011).

1.2.2 Ventajas de la acuicultura

La acuicultura presenta las siguientes ventajas:

- El costo de los peces se reduce, debido a que resulta más costoso llegar a los ríos para capturarlos, comprar anzuelos para pescarlos, establecer métodos para conservarlos y llevarlos a los mercados.
- Los estanques pueden construirse en terrenos que no son útiles para la agricultura o la ganadería, siempre que exista suministro de agua suficiente. También se pueden usar campos de cultivo como los arrozales.
- El piscicultor puede calcular su producción según las necesidades del mercado, mientras que cuando los peces se capturan en el medio natural, es difícil saber cuál será la cantidad de organismos que se obtienen.

- El crecimiento y la engorda de peces pueden controlarse, aumentando o mejorando la dieta; asimismo se pueden mejorar mediante selección o cruce los cardúmenes.
- En los estanques sólo se desarrollan las especies que se están cultivando y se evita la existencia de depredadores y competidores, por lo que la mortalidad natural debe ser mínima. También, al combatir a los parásitos, la calidad de los peces es mayor.
- Desde que se establece el cultivo se sabe quién es el propietario de la producción, lo que no sucede con la captura en los lagos y ríos (Cifuentes et al., 1997; Saavedra G. , 2013; MAA, 2014).

Recapitulando los tres parámetros de Hudson, el tercer parámetro hace referencia a fuentes de alimento nuevas, como lo es el caso de la acuicultura, pues el pescado cosechado en tanques artificiales puede proporcionar mayor rendimiento en por superficie (Kg/ha) que cualquier recolección de regadío, con la particularidad de que proporciona proteína animal, que constituyen el déficit principal en la dieta de la mayoría de los pueblos subalimentados (Hudson, 1982).



Figura 6: Sistema de acuicultura recirculante en interiores. Fuente: AQUA (2014).

1.2.3 Problemática en la acuicultura

La acuicultura presenta diversos problemas, de los cuales se cita a continuación los más importantes:

- La acuicultura no ha solucionado el problema de la pesca

La acuicultura se emplea actualmente en 304 especies de peces de escama a nivel mundial como son salmón, tilapia, lisa, doradas, mejillón, trucha, peces planos, además de varias especies de moluscos y crustáceos (FAO, 2014); sin embargo, la acuicultura no es rentable salvo para peces de alto valor económico por lo que todavía es necesario es necesaria la pesca de especies de menor valor económico para la elaboración de harina de pescado para balanceados piscícolas comerciales (Andrade, 2005).

En el caso de especies como atunes y langostinos tropicales no se pueden reproducir en los sistemas acuícolas por lo que es necesario la constante incorporación de alevines provenientes del mar (Andrade, 2005).

- Enfermedades e impactos de sus tratamientos

Para el tratamiento y prevención de enfermedades piscícolas se utilizan una gran variedad de métodos, los cuales pueden tener alto impacto en el ecosistema, como por ejemplo los baños de formol (utilizados para la eliminación y prevención de parásitos y bacterias exodérmicos) y antibióticos los cuales

generan cepas de bacterias y parásitos resistentes las cuales se pueden difundir a los humanos a través de la alimentación (Andrade, 2005; Toro, 2011).

- Impactos sobre el territorio

La acuicultura libera efluentes con alto contenido de materia orgánica, patógenos piscícolas, sustancias tóxicas e individuos liberados involuntariamente los cuales en la mayoría de los casos son especies introducidas que alteran el ecosistema local (Andrade, 2005; Gutiérrez & Álvarez, 2011).

En sistemas de cría intensivos costeros requiere la creación de zonas artificiales para la cría de peces, lo cual incita a la eliminación de los manglares eliminando así protección natural contra las tempestades y los maremotos y modificando la flora y fauna del ecosistema (Slow Food, 2014).

1.2.4 Cultivo en tanques recirculantes

Es una nueva metodología de cultivo acuícola intensivo desarrollada en Universidad de las Islas Vírgenes (The University of the Virgin Islands) la cual consiste en la crianza de peces en tanques artificiales con aireación artificial y renovación continua del agua, con ello el sistema no es dependiente del fitoplacton para la aireación y este es reemplazado con bacterias autotróficas las cuales remueven el nitrito y nitrato del agua (Rakocy, 1989; Rakocy, Bailey & Thoman, 2004; De Long, Losordo & Rakocy, 2009).

Entre las ventajas que este sistema posee se encuentran:

1. Posibilidad de criar peces machos y hembras en el mismo estanque.
2. Elevado control de las condiciones medioambientales (agua, temperatura, oxígeno disuelto, pH).
3. Menor tiempo empleado en las actividades de manejo y alimentación.
4. Fácil manejo de enfermedades en tanques pequeños.
5. Elevada producción en parcelas pequeñas de tierra (Rakocy, 1989; Rakocy, Bailey & Thoman, 2004; De Long, Losordo & Rakocy, 2009).

Pero pese a sus ventajas, este sistema posee una de las principales desventajas de la acuaponía, y consiste en que se generan grandes cantidades de desechos nitrificados y fosfatados, estimándose que solo el 20 al 30% del alimento que consumen los peces se convierte en masa corporal (García, León, Hernández & Chávez, 2005), constituyendo la mayor contaminación en el sistema la producción de amonio y sus subproductos (nitrato y nitrito) (Masser, Rakocy & Losordo, 1992).

Estos compuestos nitrogenados son tóxicos para los peces pero beneficiosos para diversos cultivos (Rakocy, 1989) puesto que el nitrógeno en sus formas de nitrito y nitrato son directamente aprovechados para la nutrición de las plantas

(Plaster, 2005), por lo que este potencial es aprovechado en la acuaponía para la producción vegetal.

1.3 La acuaponía

La acuaponía es un sistema híbrido que combina la hidroponía con la acuicultura recirculante. En este sistema el amonio y amoniaco (proveniente de los desechos piscícolas) es desdoblado en nitrito y nitrato mediante la acción de bacterias (*Nitrosomona* sp. y *Nitrobacter* sp.) los cuales son aprovechados directamente para la nutrición de las plantas de manera similar al proceso de bioremediación que naturalmente ocurre en ríos y pantanos (Mateus, 2009).

Este sistema se basa en 3 principios:

- La integración de peces y plantas genera un policultivo que incrementa la diversidad y los rendimientos de múltiples productos.
- El agua es reutilizada a través de filtración biológica y recirculación.
- La producción de alimento local provee acceso a productos sanos y oportunidades para la economía local (Diver & Renehart, 2010).

Se estima que por cada tonelada de peces se puede obtener siete toneladas de los cultivos anteriormente descritos. El desperdicio de productos de un sistema biológico (peces) suple los nutrientes de un segundo sistema biológico (plantas) (Mateus, 2009).

1.3.1 Historia de la acuaponía



Figura 7: Cultivo en chinampas. Fuente: Muñoz (2014).

La acuaponía tiene raíces tanto aztecas como chinas: Los aztecas practicaron un método similar mediante la cría de peces y cultivo de plantas en “chinampas”; las chinampas son islotes artificiales de terreno ubicados en medio de terrenos pantanosos que brindan condiciones ideales tanto de aireación como de humedad del suelo para el cultivo.

Las chinampas se empezaron a construir desde el año de 1263 en la región de Xochimilco (Valle de México) y su primera referencia histórica en el idioma español se narra por parte del padre dominico Diego Durán en 1588 (Alcántara, 2001; Martínez, 2010).

Los canales de las chinampas eran navegables y también se utilizaban para la crianza de peces, donde los desechos que caían al fondo eran recuperados para la fertilización de las plantas (Muñoz, 2014).



Figura 8: Representación de la siembra del arroz en terrenos pantanosos. Fuente: Muñoz (2014).

Al sur de China y Tailandia los principios de la acuaponía se desarrollaron inicialmente al combinarlos desechos producto de la cría de pollo y cerdo con un sistema acuícola como lo es la cría de carpa donde estos desechos se convertían en alimento para los peces y la microfauna del estanque.

Posteriormente se vertía el lodo de los estanques así como parte del agua de los mismos hacia los arrozales como fertilizantes (Muñoz, 2014).

No se conoce con exactitud desde cuando inició esta costumbre, sin embargo, el registro escrito más antiguo de esta actividad data de la dinastía Weng (220 a 265 D.C.) donde se menciona “un pez pequeño con escamas amarillas y cola roja, criado en los campos de arroz del condado de Pi al Nodeste de Chendu, en la provincia de Sichuan, que puede usarse para hacer salsa” (Halwart & Modadugu, 2006).

En tiempos modernos los primeros ensayos en el tema se remontan a William Lewis en 1978 donde demostró que los desechos metabólicos de los peces podían ser utilizados para el cultivo de plantas hidropónicas (Caló, 2014).

En la década de los 90 se inicia la era de la acuaponía actual con la generación de datos concretos y aplicables a producciones comerciales por parte de James Rakocy y sus colegas en la Universidad de las Islas Vírgenes (The University of the Virgin Islands) (Caló, 2014; Muñoz, 2014).

Lo primeros ensayos fueron comparaciones entre diferentes sustratos como arena o grava, sistemas actualmente en desuso a gran escala debido a que estos tienden a taparse cuando se maneja grandes densidades de peces, siendo actualmente el sustrato más recomendable el de arcilla expandida (Hallam, 2012; Caló, 2014).



Figura 9: Sistema acuapónico comercial de la universidad de Virgin Islands. Fuente: Ten Acre Organics (2012).

En la actualidad el sistema acuapónico es estudiado principalmente en Estados Unidos por The North Carolina State University, The University of the Virgin Islands, The Fresh Water Institute; y aplicado comercialmente por The Cabbage Hill Farm (New York), S & S Aqua Farm (West Plains, Missouri) y la empresa Aquaponics (Diver & Renhart, 2010; Hallam, 2012).

En el Ecuador la acuaponía no se ha difundido comercialmente salvo por la empresa Armonyservi S.A. la cual brinda capacitaciones sobre la implementación de sistema de cultivo (Armony Servi S.A., 2013).

1.3.2 Ventajas

La interacción de los desechos piscícolas con las bacterias nitrificantes reducen los niveles de amonio, tóxico para los peces, y, al ser absorbidos los nitratos por las plantas, se devuelve un agua libre de contaminantes con un valor agregado el cual es el producto vegetal obtenido (Jones, 2002; Rakocy, Bailey & Thoman, 2004; Caló, 2014).



Figura 10: Granja Vertical. Fuente: Jacobs & Fowler (2010).

Además, la reducción en los niveles de amonio constituyen un menor número de cambios de agua para la operación del sistema acuícola, siendo que en un sistema convencional se realiza un cambio de agua de 5 a 10% diarios, en contraste con el sistema acuapónico el cual solo requiere un recambio de agua de 1,5% o menos diario. Esto se traduce en menores costos operativos (Caló, 2014)

Haciendo mención nuevamente a los parámetros de Hudson, la acuaponía cumple con *el segundo parámetro* al utilizar el espacio tridimensional para la cría de peces en lugar de un cultivo convencional que sólo aprovecha la

superficie del terreno en un plano bidimensional.

Un potencial adicional es que se pueden incorporar los métodos de agricultura hidropónica vertical al componente vegetal del sistema aumentando aún más la producción por superficie siendo con esto posible lograr el paso uno y dos de la propuesta de Jonathan Foley para alimentar al mundo: congelar el aumento de tierra dedicada a la agricultura y cultivar más en las granjas que ya tenemos (Foley, 2014).

Esto llegaría a ser posible puesto que si el incremento de la producción ocurre mediante el aprovechamiento del espacio vertical, no será necesario la creación de nuevos terrenos de cultivo ni el transporte de los alimentos desde zonas rurales hacia urbanas como teoriza Dickson Despommier (2010) en su hipótesis de la granja vertical.

Finalmente el sistema acuapónico cumple con el tercer parámetro de Hudson y el cuarto paso de Foley al brindar una fuente alternativa de proteína al ser humano como lo es en el caso de este proyecto la tilapia, en contraste con las

especies de las cuales nos alimentamos con mayor frecuencia como lo son en ganado bovino, porcino y animales menores.

1.4 La fresa



Figura 11: Planta de fresa en sistema de acuaponía. Fuente: Autor.

Tabla 2: Clasificación taxonómica de la Fresa (*Fragaria x ananassa*).

Superreino:	Eukaryota
Reino:	Plantae
Subreino:	Embryobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Subfamilia:	Rosoideae
Tribu:	Potentilleae
Subtribu:	Fragariinae
Género:	<i>Fragaria</i>
Especie:	<i>Fragaria x ananassa</i>

Fuente: Wikipedia (2014).

La fresa (*Fragaria x ananassa*) es una planta rastrera estolonífera de la familia de las Rosáceas cuyo fruto comestible, denominado eterio, es un fruto carnoso y dulce de entre 7,5 a 11 grados Brix de semillas pequeñas (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002; Cámara de Comercio de Bogotá, 2010).

La planta posee un rizoma cilíndrico y fasciculado del cual a ras de tierra salen hojas flores y estolones procedentes de las raíces. Sus hojas son trifoliadas, de borde aserrado y con tricomas (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002; Cámara de Comercio de Bogotá, 2010; Infoagro, 2013; Wikipedia, 2014).

1.4.1 Historia del cultivo de fresa:

La primera mención de las fresas fue hecha por Flinio (79-34 A.C.) refiriéndose a la misma como “frutilla de los bosques”, fruto el cuál crecía principalmente en la actual Francia e Inglaterra (Oña & Romero, 2004; Bonete, 2010).

En el siglo XIV se cultivaba ya la especie *Fragaria vesca* en jardines y para el consumo ocasional de sus frutos; en el siglo XVI se inició el cultivo de *F. moschata*, *F. viridis* y *F. semperflorens* (Oña & Romero, 2004; Bonete, 2010).

Con la llegada a América y la colonización se descubrieron nuevas variedades, de este modo en el siglo XVII se introdujo desde Norteamérica la especie *F. virginiana* y a su vez en se llevó desde Europa la especie *Fragaria moschata* hacia Norteamérica (Oña & Romero, 2004; Bonete, 2010).

La especie *Fragaria chiliensis* fue descubierta en 1614 por el misionero español Alfonso Ovallee introducida a Francia en 1714 por el teniente, coronel e ingeniero Amédée François Frézier, el cual, en su viaje a Chile, le sorprendió esta especie puesto que sus características eran similares a las de otros cultivares de frutilla

en Europa, pero esta era de un tamaño mayor aunque de un color blanco o rosado pálido (Oña & Romero, 2004; Bonete, 2010; León, 2013).

Desafortunadamente las muestras recogidas eran de plantas monoicas (de un solo sexo) por lo que la planta quedó en el olvido para aquellos que querían disfrutar de sus sabor; sin embargo esta planta todavía se podía conservar mediante propagación por estolones para estudios posteriores (León, 2013).

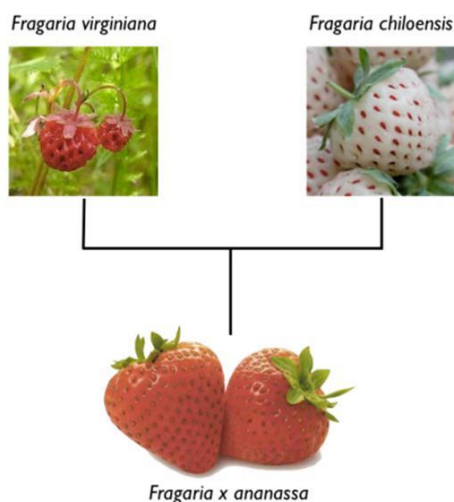


Figura 12: Pequeño árbol genealógico de *Fragaria x ananassa*. Fuente: León (2013).

En 1764 Antoine Nicolas Duchesne descubrió que las plantas de *Fragaria muschata* eran unisexuales: lo descubrió al observar que si las alejaba de otras plantas de fresa no generaban frutos.

Al acercarlas a las plantas de *Fragaria chiloensis* producían frutos de mayor tamaño pero diferente uniformidad, de modo que continuó sus observaciones con *F. virginiana* y finalmente logró el éxito con el híbrido *Fragaria x ananassa* logrando frutos grandes que no requerían otra planta de una especie diferente para fertilizarse y además semillas viables. De este modo generó el

principal híbrido comercial de fresa consumido aún en la actualidad (Oña & Romero, 2004; León, 2013).

1.4.2 Importancia de la fresa en el Ecuador:

Según FAO en el 2012 en Ecuador el rendimiento de la frutilla en toneladas sobre hectárea durante los años de 1989 y 1991 fue comparable con el rendimiento del principal producto agrícola del país como lo es el banano según la Figura 13. Para ello es importante considerar la posibilidad de realizar múltiples cosechas del producto en un solo mes, y la capacidad de realizar un cultivo vertical de este producto.

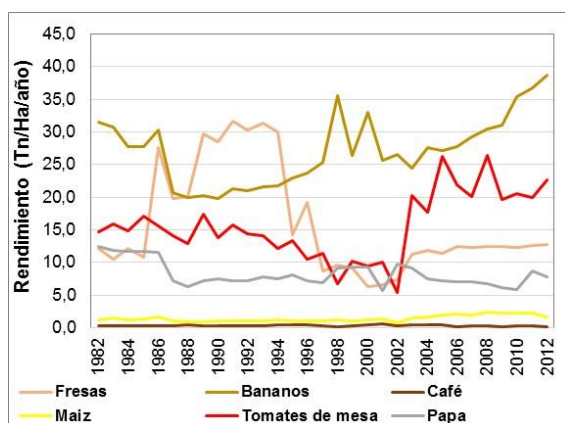


Figura 13: Rendimiento de diferentes cultivos en el Ecuador. Fuente: FAO (2012).

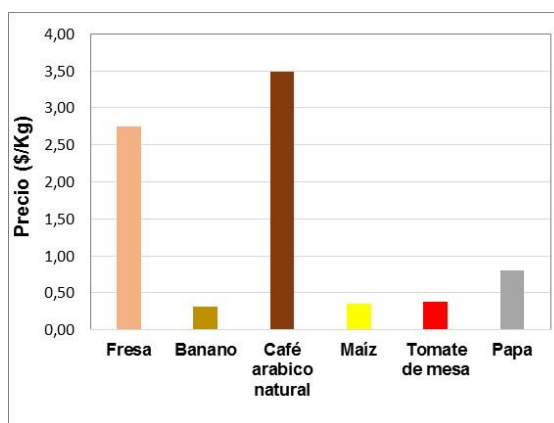


Figura 14: Precios de Diversos Productos en el Ecuador. Fuente: Diario El Productor (2012),

El mejoramiento productivo en cuanto a cultivos como el banano y los tomates han dejado en un descuido a este cultivo, el cual al ser un producto de repostería, alcanza un valor en los supermercados Lojanos de 2,75 \$ el Kg y similar en el mercado Mayorista local de 2,22 \$ el Kg. Si comparamos el precio de diversos productos a nivel nacional como el tomate (0,38 \$/Kg), el racimo de bananos (0,31 \$/Kg), el cacao (1,83 \$/Kg), maíz (0,36 \$/Kg), papa (0,80 \$/Kg) rivalizando únicamente el precio del café arábico Natural (3,49 \$/Kg) (Agrytect, 2012; Diario El Productor, 2012).

1.4.3 Requerimientos edafoclimáticos y manejo agronómico del cultivo de fresa:



Figura 15: Cultivo de Fresa en Bonares, España. Fuente: Martin (2012).

La fresa se cultiva en gran variedad de suelos pero preferentemente terrenos ligeramente limosos y ácidos con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002; Fagro, 2007; Infoagro, 2013).

Su pH óptimo oscila entre 6 a 7 siendo el pH de 6,5 el recomendable para el cultivo; otros autores consideran como óptimo un pH entre 5 a 6,5 (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010; Infoagro, 2013).

La granulometría de los suelos de siembra óptima es de 50% de arena silícea, 20% de arcilla, 15% de calizas y 5% de materia orgánica; el suelo es necesario trabajarlo únicamente los primeros 15 cm pues es allí donde se desarrolla el 80% del sistema radicular (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010; Infoagro, 2013).

Una conductividad eléctrica mayor a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ puede conllevar a una reducción en la tasa de producción; del mismo modo niveles de caliza activa mayores al 5% interfieren con la absorción de hierro de las plantas lo que se puede detectar como clorosis recurrente (Infoagro, 2013).

El clima óptimo para su cultivo está entre 12°C y 18°C en una altitud entre 2.000 msnm y 2.800 msnm sin nubosidades continuas; temperaturas de 12°C o inferiores impiden la fructificación (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002; Fagro, 2007; Infoagro, 2013).

Su distancia de siembra promedio es de 40 cm entre planta e hilera para cultivo en suelo; sin embargo, es necesario colocar una cobertura sobre el terreno, la cual puede ser plástica, de viruta de madera o tamo de cereales para evitar que las fresas entren en contacto con el suelo y se pudran además de facilitar el control de malezas (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002).



Figura 16: Cosecha de fresas con tres cuartos de su maduración total. Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá (2010).

una solución de hipoclorito de sodio de 3 a 5 % para prevenir enfermedades que afecten a la raíz (Otazú, 2010).

1.4.4 Características productivas del cultivo de fresa

Tabla 3: Composición química de 100 g de Fresa.	
Parámetro	Valor
Humedad (%)	80-90
Proteínas (%)	0.5-0.9
Grasas (%)	0.1-0.4
Cenizas %	1-3
Calorías (Cal)	37
Fibra Dietética (g)	2
Carbohidratos (g)	8.1
Vit A (UI)	30
Vit C (mg)	58.8
Potasio (mg)	164
Calcio (mg)	21
Fósforo (mg)	21
Hierro (mg)	1
Sodio (mg)	1
Tiamina (mg)	0.03
Riboflavina (mg)	0.07
Niacina (mg)	0.6
CH2 (%)	5-10

Fuente: Mercado Modelo (2005), Fagro (2007), Licata & Macek (2013), Dieta y nutricion.net (2014).

Tabla 4: Calibres comerciales para Frutillas.		
Calibre	Diámetro (mm)	Peso (g)
Grande	> 30	> 20
Mediano	20 – 30	10 – 20
Chico	< 20	< 10

Fuente: Mercado Modelo (2005).

En la Tabla 4 se puede observar la clasificación comercial de los frutos de fresa según su peso y diámetro.

Se recomienda cosechar los frutos con tres cuartos de su maduración total, pues su contenido elevado de humedad lo convierte en un producto perecedero. Si el producto se va a comercializar inmediatamente se puede cosechar ya maduro (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010).

En hidroponía, la distancia de siembra de la fresa es de 25 cm entre planta y 25 cm entre surco (canal de cultivo en el sistema NFT) (Sánchez, 2004); el método de cultivo adecuado para la fresa es mediante canales horizontales y utilizando un sustrato en base a cascarilla de arroz (60%) y escoria de carbón lavada (40%) (Santander, 2011) o fibra de coco (25%) y tezontle (75%) (López et al., 2005).

No se debe olvidar lavar con mucho cuidado la raíz antes de trasplantar las plantas al medio de cultivo, esto se puede hacer con

La fresa empieza a producir a partir de los 2 meses después de la siembra y esta puede mantenerse durante 18 a 24 meses. Luego de este periodo es conveniente realizar una renovación del cultivo lo cual se realizará mediante la propagación de estolones que la fresa produzca durante su ciclo de cultivo.

Sus frutos pueden consumirse frescos, en ensaladas, jugos, mermeladas, como confites o dentro de la repostería (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002).

La Tabla 3 resume el contenido nutricional de la fresa, siendo lo más representativo en su composición la vitamina C (58,8 mg promedio y 70 mg máximo) en relación con otros frutos siendo mayor que la de la naranja (55 mg) pero inferior al Kiwi (80 mg).

En la Tabla 4 se puede observar la clasificación comercial de los frutos de fresa según su peso y diámetro.

1.5: La tilapia



Figura 17: Tilapia (*Oreochromis aureus*). Fuente: Diario La Hora (2012).

Tabla 5: Clasificación taxonómica de la tilapia (*Oreochromis aureus*).

Reino:	Animalia
Filo:	Chordata
Clase:	Actinopterygii
Subclase:	Neopterygii
Infraclase:	Teleostei
Superorden:	Acanthopterygii
Orden:	Perciformes
Familia:	Cichlidae
Género:	<i>Oreochromis</i>
Especie:	<i>Oreochromis aureus</i>

Fuente: Wikipedia (2013).

La Tilapia (*Oreochromis sp.*), es un grupo de peces tropicales pertenecientes al orden *Cichlidae*, originarios de África y el cercano Oriente (Mincetur, 2005; Gutiérrez & Álvarez, 2011)

1.5.1 Historia

El estudio de esta especie inició en el siglo XIX. El término tilapia fue empleado por primera vez por el zoólogo escocés Andrew Smith en 1840 derivado de un vocablo africano que significa “pez” y se pronuncia “tulä'peu” (Mundo Tilapia, 2014; Instituto Nacional de la Pesca, 2014).

Sin embargo esta especie ha sido utilizada mucho tiempo atrás como alimento en el antiguo Egipto y ha sido un elemento básico de la dieta mediterránea. En Egipto se puede encontrar algunos relieves del año 5000 A.C. y en especial un relieve en el año 2500 A.C. donde se muestra la pesca de tilapia en el río Nilo



Figura 18: Relieve egipcio que representa a la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Fuente: Mitología Egiptia Blogspot (2012).

así como el eviscerado y secado al sol; además la tilapia fue uno de los tres principales tipos de peces capturados en los tiempos bíblicos del mar de Galilea; en ese momento se lo denominaba como “musht” (Mundo Tilapia, 2014; Instituto Nacional de la Pesca, 2014).

Su facilidad de manejo fue lo que impulsó la crianza de este pez inicialmente en el Zaire y posteriormente en sistemas intensivos en Kenia en 1924, siendo en Malasia donde se obtuvieron los mejores resultados. Actualmente esta especie se cultiva en 85 países alrededor del mundo siendo China el principal productor a nivel mundial (Mincetur, 2005).

El cultivo de tilapia se inició en América Latina y se introdujo en el Ecuador en los años 80 siendo cultivada en sistemas acuícolas naturales o artificiales; para

inicios de los años 90 el Ecuador registró su primera exportación a escala industrial de tilapia (León, 2009).

En el año 2007, las exportaciones de tilapia en el país crecieron en un 170% en comparación al año 2006, siendo Ecuador el principal proveedor (48%) de este pez a Estados Unidos. Las principales zonas de producción de este pez son: Guayas, Taura, Samborondón, Chongón, Daule, El Triunfo y El Oro (León, 2009).

1.5.2 Características de manejo de la tilapia

Son peces de agua cálida, su rango óptimo de temperatura se encuentra entre 26 a 29°C; su mínimo letal se encuentra debajo de los 11°C y su máximo letal se haya alrededor de los 42°C (McGinty & Rakocy, 1989; Saavedra, 2006).

Entre sus características sobresalientes son: resistencia a niveles de oxígeno bajos, resistencia a la manipulación, fácil manejo reproductivo, tolerancia al frío, tasa de crecimiento elevado y resistencia a las enfermedades (McGinty & Rakocy, 1989; Saavedra, 2006).

La concentración de oxígeno ideal en una cría intensiva de tilapia requiere niveles de oxígenos mayores a 3 mg/l como mínimo; sin embargo, los niveles óptimos se encuentran mayores a 5 mg/l debido a que reacciones como la descomposición de la materia orgánica, alimento no consumido, heces o temperaturas elevadas reducen los niveles de oxígeno en el estanque (MAGAP, 2011).

Aun así las tilapias pueden soportar condiciones bajas de oxígeno (0,7 mg/l) durante periodos cortos; los individuos con pesos mayores a 20 g son más tolerantes. Es importante que las condiciones de oxígeno no sean menores a 1mg/l pues ello provoca una disminución en el metabolismo de los peces (Rakocy, 1989; Diver & Renehart, 2010; MAGAP, 2011).



Figura 19: Cultivo extensivo de tilapia en jaulas de alta o densidad. Fuente: Saavedra (2006).

El pH óptimo para la especie se encuentra entre 6,5 a 8,5 siendo el mejor el pH de 7,5. Valores por encima o por debajo de los rangos óptimos detienen la reproducción y retrasan el crecimiento; mientras que valores por debajo de 4 y por encima de 11 son mortales, pero la muerte suele presentarse entre 2 y 6 horas al sobrepasar estos rangos (MAGAP, 2011).

Valores elevados de pH liberan el amonio, producido por las excretas de los peces, a su estado tóxico. Esto se ve favorecido por condiciones de temperatura de entre 24 y 32°C y bajos niveles de CaCO₃ (menor a 30 mg/l) (Hagen, 2003; MAGAP, 2011; Tetra, 2013).

Tabla 6: Contenido nutricional de la carne de tilapia.

Contenido Nutricional	por 100 g
Energía	402 kj 96 kcal
Proteína	20,08 g
Carbohidrato	0 g
Fibra	0 g
Azúcar	0 g
Grasa	1,7 g
Grasa Saturada	0,571 g
Grasa Poliinsaturada	0,387 g
Grasa Monoinsaturada	0,486 g
Colesterol	50 mg
Sodio	52 mg
Potasio	302 mg

Fuente: Fat Secret México (2014).

1.5.3 Características comerciales de la tilapia

Referente a su aporte nutricional destaca su contenido de proteínas (20%) siendo comparable con los promedios de proteína de la carne de ganado porcino (19,98%), bovino (21,56%), ovino (17,68%) o de pollo (22,75%) (Gaspar, De la Calle & Ruíz, 2010; Licata & Macek, 2014).

Su contenido de mercurio también es bajo (0,013 ppm), similar al de la sardina (0,013 ppm) y menor en relación al atún (0,128 ppm) del cual su máximo contenido de mercurio es de 0,689 ppm en la especie *Thunnus obesus* (FDA, 2010).

En términos de potencial productivo, la tilapia posee menor requerimiento de alimentos en relación a otras especies conocidas, siendo así que *Oreochromis niloticus* sólo necesita 1,2 Kg de alimento para producir 1 Kg de carne en comparación a otras especies, como por ejemplo el ganado vacuno, el cual requiere 5,6 Kg de alimento, el ovino (5 Kg de alimento) y las aves (2 Kg de alimento); lo que representaría un gran ahorro en costos de producción (Mincetur, 2005).

Además, comparado con la fenología reproductiva en cuanto a otros peces de producción, en la tilapia es más corta, al año de edad llega a la madurez sexual en comparación a la trucha (3 años), al bacalao (4 años), la merluza y el salmón (2 años) (Mincetur, 2005; FAO, 2005 a; FAO, 2005 b).

1.6: Calidad del Agua

No todas las aguas cumplen los requisitos de calidad para una determinada especie piscícola (González et al., 2013), por ejemplo: contenidos inadecuados de minerales disueltos o de materia orgánica en el agua afectan directamente el funcionamiento branquial generando dificultades respiratorias y metabólicas que derivan en un crecimiento lento (Bautista & Ruiz, 2011).

La medición frecuente permite modificar y mantener las características del agua en niveles idóneos, de este modo previniendo enfermedades ante las que los peces se vuelven sensibles cuando las condiciones de esta no son las adecuadas (Garza, 1992; Hagen, 2007).

A su vez, en la hidroponía, elementos tales como pH y conductividad eléctrica determinan el grado de disponibilidad de los nutrientes disueltos y por lo tanto el crecimiento y producción de las plantas (Plaster, 2005; Curtis & Barnes, 2010).

Entre los parámetros más importantes a medir son: temperatura, pH, amonio, nitrito y nitrato, dureza, alcalinidad y sólidos disueltos totales (MAGAP, 2011; Bautista & Ruiz, 2011).

1.6.1 Amonio y amoniaco (NH_4/NH_3)

Como se explicó anteriormente el amonio y amoniaco son compuestos importantes dentro del ecosistema acuícola pues son productos de excreción de los peces, los cuales en concentraciones pequeñas pueden causar una condición denominada “sangre café”, donde la hemoglobina, al entrar en contacto con sustancias nitrogenadas se convierte en metahemoglobina, la cual no posee la capacidad de transportar oxígeno (Masser, Rakocy,ç & Losordo, 1992; Hagen, 2003).

Los valores de amonio en el agua para *Oreochromis* sp. deben variar de entre 0,01 a 0,1 mg/l, siendo niveles mayores a 2,0 mg/l letales (Hagen, 2003; MAGAP, 2011; González et al., 2013).

1.6.2 Nitrito (NO_2) y nitrato (NO_3)

El amonio puede ser convertido a nitrito mediante un proceso de oxigenación generado por las bacterias del genero *Nitrosomonas*, sin embargo, este es aún tóxico para los peces.

Las bacterias del género *Nitrobacter*, transforman en nitrito a nitrato, la cual es una forma menos perjudicial para los peces y además es la principal forma que las plantas son capaces de asimilar el nitrógeno a través de sus raíces (Masser, Rakocy & Losordo, 1992; Curtis & Barnes, 2010).

Para que estas bacterias funcionen adecuadamente es necesario inocularlas por lo menos con un mes de anticipación a la implementación de los alevines, pues esto reduce considerablemente los niveles de amonio y nitrógeno en el agua debido a un incremento en la carga bacteriana como se puede observar en la Figura 20 (Masser, Rakocy & Losordo, 1992).

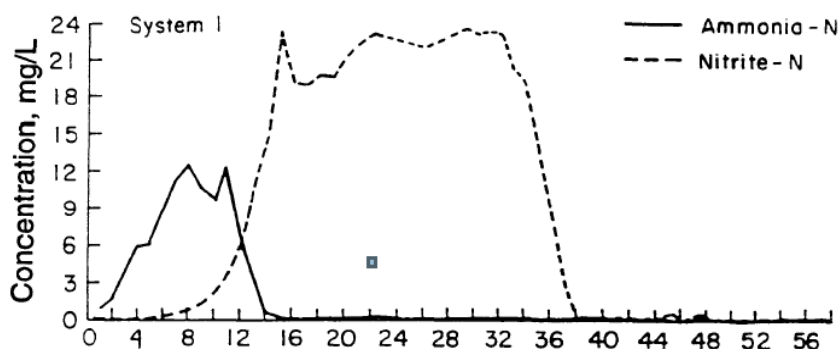


Figura 20: Curva típica de los niveles de amonio y nitrito desde el día de inoculación de las bacterias en el biofiltro. Fuente: Masser, Rakocy & Losordo (1992).

Para la inoculación de las bacterias, es necesario que el sistema de recirculación de agua se encuentre en funcionamiento, entonces se disuelven el contenido bacteriano en el agua del biofiltro según la dosis recomendada por la casa comercial fabricante del producto y sin que el mismo se vea expuesto a la luz solar directa (Masser, Rakocy & Losordo, 1992; Aqua Medic, 2014)

Los niveles seguros de nitrito son de 0,1 mg/l y de nitrato son valores menores a 40 mg/l (Nicovita, 2002; Baltazar & Palomino, 2008; MAGAP, 2011; Tetra, 2013).

1.6.3 Fosfato (PO_3)

La mayoría de los fosfatos se originan en el agua por las excepciones de los peces, exceso de comida y descomposición de materia orgánica. Si bien se desconocen los niveles específicos de toxicidad de fosfato para diversos peces, el peligro de los mismos es la formación de algas (Hagen, 2003).

Cuando los niveles de nitrógeno o fósforo son muy elevados en un ecosistema acuático se produce la condición de eutrofización, donde se genera un elevado número de algas las cuales reducen la penetración de la luz a mayores profundidades (Curtis & Barnes, 2010).

Conforme las algas y plantas acuáticas se descomponen, sus sedimentos se almacenan en el fondo del acuífero, donde sus organismos descomponedores agotan el oxígeno en ese estrato, impidiendo así que se sostenga la vida aeróbica en áreas profundas (Figura 21) (Curtis & Barnes, 2010).

El nivel de fosfatos aceptable para esta especie es menor o igual a 1 mg/l (Nicovita, 2002; Hagen, 2003; Saavedra, 2006).

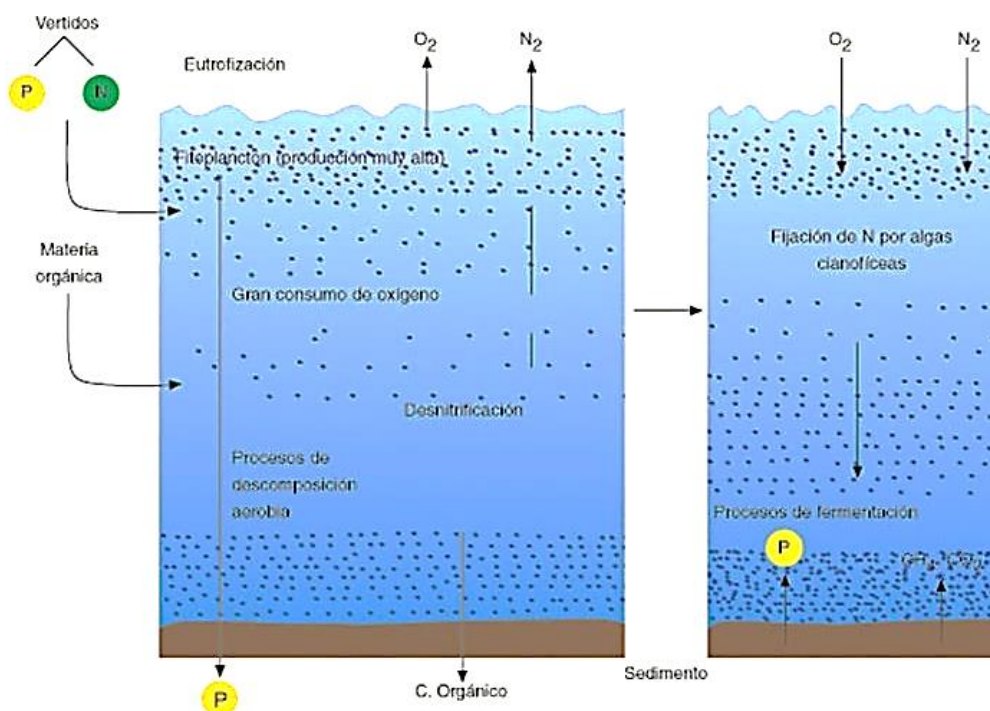


Figura 21: Proceso de eutrofización. En la parte izquierda se observa el ecosistema en sus primeros estadios y en la parte derecha se puede observar un sistema anaerobio en las áreas profundas y sin liberación de nitrógeno (Biología y Geología Interactiva, 2011).

1.6.4 Potencial de hidrógeno (pH)

El pH es un logaritmo natural negativo que simboliza la concentración de iones de hidrógeno en una solución. Cada especie piscícola tiene un rango de pH determinado, en el caso de la tilapia, su pH óptimo es de 7,5 (Curtis & Barnes, 2010; MAGAP, 2011).

La importancia del pH en peces se debe principalmente a la toxicidad que pueden presentar nutrientes en diversos rangos, así, niveles de pH ácidos pueden generar intoxicación por hierro o aluminio, mientras que niveles elevados generan intoxicación por amonio (Hagen, 2003; Plaster, 2005; Curtis & Barnes, 2010; Acuarios Eli, 2012; Tetra, 2013).

En plantas, el pH es importante referente a la disponibilidad de nutrientes, pues con un pH alto (mayor a 7) se vuelve más asimilable el potasio, calcio, azufre, magnesio y molibdeno, pero otros elementos como fósforo, boro, cobre y zinc se inhiben (Plaster, 2005). En cambio, en un pH ácido (menor a 7), existe riesgo de toxicidad por hierro o aluminio (Plaster, 2005; Curtis & Barnes, 2010).

El pH óptimo para la fresa es 6,5, por ello un pH cercano a 7 es el óptimo en un sistema acuapónico tanto para fresa como para tilapia.

1.6.5 Dureza (gH)

La dureza del agua es el contenido de cationes metálicos no alcalinos (calcio y magnesio, estroncio y bario) en el agua; esto afecta a la capacidad de los peces y plantas para mantener un correcto balance entre sus fluidos internos y el agua que los rodea, evitando así que pierdan líquidos debido a un proceso de ósmosis. El nivel de dureza óptima para la tilapia se encuentra entre 100 a 110 mg/l y en valores menores a 150 mg/l para su uso como agua de riego (Nicovita, 2002; Bojórquez, 2008; MAGAP, 2011; Tetra, 2013).

1.6.6 Alcalinidad (kH)

También denominada dureza temporal, es la interacción entre los iones carbonatos y bicarbonatos, están relacionados con la capacidad tampón del agua, es decir, con la capacidad del agua para mantener un pH estable ante la acción de sustancias de pH ácido. La alcalinidad óptima para la tilapia es de 75 mg/l y entre 50 a 150 mg/l para agua de riego (Nicovita, 2002; Tilapias del Sur, 2005; Saavedra, 2006; Bojórquez, 2008; Baltazar & Palomino, 2008; Acuarios Eli, 2012; Tetra, 2013).

1.6.7 Sólidos disueltos totales (TDS)

Son las partículas en suspensión que se encuentran en el agua, principalmente sales inorgánicas (calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos), cuyo efecto inciden principalmente sobre las branquias de los peces,

causando lesiones que favorecen al ataque de enfermedades (Nicovita, 2002; MAGAP, 2011; Sigler & Bauder, 2012).

Además, un elevado número de sólidos disueltos reducen la penetración de la luz, por lo que el fitoplancton se ve directamente afectado; por otro lado, un elevado número de sólidos disueltos. El nivel óptimo de sólidos disueltos totales en el cultivo de tilapia es de 100 mg/l o menor (Nicovita, 2002; MAGAP, 2011).

Por otro lado, cuando existe un elevado nivel de sales, estas impiden la absorción del agua por parte de las raíces, por lo que un valor de sólidos disueltos totales menor a 450 mg/l es el ideal para evitar una reducción en el rendimiento del cultivo (Plaster, 2005; García, 2012).

1.6.8 Conductividad (μs)

Los diversos elementos dentro de la nutrición de las plantas suelen encontrarse disueltos en forma iones, ya sea positivos (Ca_2^+ , K^+ , Mg_2^+) o negativos (Cl^- , SO_4 , carbonatos y bicarbonatos). La conductividad eléctrica es la capacidad de hacer circular una corriente eléctrica entre estos iones disueltos (Agency, California Environmental Protection, 2013).

Si la cantidad de iones disueltos en el agua disminuye, disminuirá también la conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica ideal para la fresa es de 1700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con intervalos de entre 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ según diversos autores (Gavilán, 2004; Malca, 2006; Gisanz, 2007; HANNA, 2007; Arano, 2014).

1.6.9 Otros parámetros

El oxígeno es uno de los parámetros más importantes, niveles mayores a 5 mg/l son los ideales para la crianza de tilapia (Rakocy, 1989; Diver & Renhart, 2010; MAGAP, 2011), sin embargo el costo comercial de un oxígenómetro, aparato para la medición del oxígeno disuelto en el agua, es sumamente costoso salvo que se maneje una explotación grande, lo cual justificaría la inversión.

Los niveles de cloro también son importantes para una determinación inicial de la calidad de agua a emplear, si bien el cloruro puede prevenir la toxicidad por nitritos, también niveles elevados destruyen el ecosistema bacteriano, por ello es recomendable niveles de cloro entre 0 a 0,003 mg/l (MAGAP, 2011; Tetra, 2013; González et al., 2013).

La salinidad es especialmente importante en suelos salinos, terrenos de origen calcáreo o ubicado en regiones costeras; los niveles de salinidad y especialmente de sodio limitan las especies que pueden desarrollarse en la masa de agua y las plantas a cultivar debido a la pérdida de electrolitos por ósmosis. El contenido de sales adecuado es menor a 10 mg/l (MAGAP, 2011).

El sistema acuapónico no aporta hierro para la acción de diversas enzimas responsables de la formación de clorofila y otras sustancias químicas de las plantas (Plaster, 2005), por ello es necesario adicionarlo en su forma quelatada en una dosis de 0,25 mg/l pero nunca superior. Si se utiliza hierro en forma no quelatada sólo se puede aplicar hasta una dosis de 0,1 mg/l, sin embargo esto no es aconsejable pues no es aprovechable directamente por las plantas y es menos seguro para los peces (Rakocy, Shultz & Bail, 2008; Hagen, 2008).

El dióxido de carbono es un producto de la actividad biológica de respiración e interactúa con el agua formando ácidos. El nivel óptimo de este gas es 2 mg/l sin superar los 10 mg/l (MAGAP, 2011; González et al., 2013).

Entre otros gases tóxicos se encuentran el ácido sulfúrico, ácido cianhídrico y el gas metano, los cuales en grandes concentraciones se convierten en letales. Los niveles óptimos para estos gases son menores a 0,003, 0,1 y 0,15 mg/l respectivamente; los niveles de estos gases nunca deberán sobrepasar los 10, 10 y 20 mg/l respectivamente (MAGAP, 2011; González et al., 2013).

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

2.1 Ubicación del proyecto:



Imagen 22: Invernadero experimental.
Fuente: Autor.

El proyecto se ubicó en la ciudad de Loja en el Barrio La Estancia Norte, en las coordenadas 17 699703 E y 9561728 N a una altitud de 2082 msnm.

Para el desarrollo del proyecto se construyó un invernadero con un área de 52 m² (6,5m x 8 m) con techo de policarbonato y paredes hechas de plástico de invernadero, ventanas laterales recubiertas de malla antiáfidos y un piso

cubierto de grava de 3/4 con una profundidad de 7,6 cm con la finalidad de que se pueda evitar el crecimiento de malezas y proliferación de plagas (Otazú, 2010).

La temperatura promedio dentro del invernadero fue 22,71°C con una temperatura mínima de 14,90°C y una máxima de 35°C además de una humedad relativa promedio de 64,78% (Ver Anexo 1).

La temperatura promedio del agua en los tanques piscícolas fue de 23,83°C con una temperatura mínima de 22,07°C y una máxima de 25,58°C (Ver Anexo 1).

2.2 Hipótesis y tratamientos

La hipótesis de estudio para el proyecto fue: “Existe diferencia significativa en términos de producción entre el cultivo acuapónico en relación al cultivo hidropónico y/o a la cría de peces en estanques de tipo recirculante ($H_0 \neq H_A$)”.

Para ello se elaboró tratamientos basados en las relaciones entre el número de peces/número de plantas planteadas por Rakocy, utilizando para ello las relaciones que fueron probadas como las más eficientes para la tilapia con otros cultivos: relación 1:2 y 1:2,5, representando las mismas 1 pez para cada 2 o 2,5 plantas (Rakocy, 1988; Rakocy, 1989; Lennard & Leonard, 2006; BoFish, 2014), en las cuales se midió el aprovechamiento del componente vegetal del proyecto para la producción de fresas utilizando en todos los tratamientos el mismo número de peces como fuente de nutrientes.

Debido al presupuesto limitado y las condiciones controladas del proyecto se empleó un número de 2 repeticiones para cada tratamiento según lo recomendado por Hernández, utilizando una medición total de los individuos de la población para despejar cualquier posible error de muestreo (Hudson N. , 1997; Hernández et al., 2010).

Además se utilizaron dos testigos: un testigo basado en el sistema de acuicultura recirculante T0 (A) con un número de dos repeticiones, y un testigo hidropónico T0 con un número de una repetición, basado en la nutrición de las

plantas mediante las solución hidropónica recomendada por la Universidad de La Molina (Perú) según las citas de diversos autores (Gavilán, 2004; Sánchez, 2004; Malca, 2006; Barrera & Hernández, 2010). Los tratamientos y el número de individuos en los mismos se describen en la Tabla 7 y el diseño del proyecto se describe en la figura 23 a continuación.

Tabla 7: Especificaciones en el número de individuos en cada			
Relación	#Peces	#Plantas	Simbología:
T0(A)R1 (Testigo de Acuacultura)	20	0	<ul style="list-style-type: none"> • T= Tratamiento • R= Repetición • O= Testigo • A= Acuacultura • H= Hidroponía
T0(A)R2 (Testigo de Acuacultura)	20	0	
T1R1 (Acuaponía Relación 2,0)	20	40	
T1R2 (Acuaponía Relación 2,0)	20	40	
T2R1 (Acuaponía Relación 2,5)	20	50	
T2R1 (Acuaponía Relación 2,5)	20	50	
T0(H) (Testigo Hidropónico)	0	60	

Fuente: Autor.

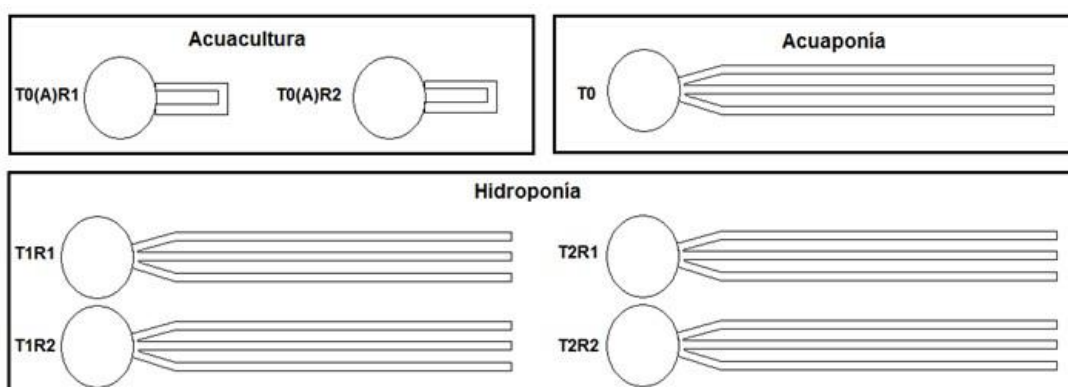


Figura 23: Representación gráfica de la disposición de los tratamientos. Fuente: Autor.

2.3 Descripción del sistema acuapónico

Cada unidad acuapónica se conformó por un tanque de 1000 l de capacidad, acompañado con un tanque biofiltro de una capacidad de 70 l y una bomba oxigenadora para acuario. Se inoculó en el biofiltro con un mes de anticipación al experimento bacterias nitrificantes del género *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* de la marca comercial Aqua Medic® (Jones, 2002; Rakocy & Bailey, 2008; Aqua Medic, 2014).



Figura 24: Biofiltros experimentales. Fuente: Autor.



Figura 25: Sistema de recirculación del agua. Fuente: Autor.



Figura 26: Diseño mecánico del sistema acuapónico; vista lateral. Fuente: Autor.



Figura 27: Diseño mecánico del sistema acuapónico; vista frontal. Fuente: Autor.

En el componente de acuicultura se emplearon alevines de tilapia híbrida (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aereus*). Inicialmente se colocaron 90 tilapias en cada tanque y se reguló la población después de 3 semanas a una densidad de 20 tilapias/m³.

2.4 Descripción del componente hidropónico

Se utilizó la variedad de fresa *Fragaria* x *ananassa* sembrada en canales de cultivo NFT de fondo circular hechos de tuberías de PVC de 3" de ancho y 3 m de largo ubicados a una altura de 1,45 m sobre la superficie del terreno y una separación de 20 cm entre cada canal de cultivo (Barrera & Hernández, 2010; UNAM, 2010).



Figura 28: Sistema acuapónico definitivo con sus respectivas plantas de fresa. Fuente: Autor.

Se realizaron perforaciones en las tuberías de 2,54 cm de ancho a cada 0,25 cm de distancia (Fernández, 2007) obteniendo con ello un número de 12 espacios para siembra, de los cuales se utilizó solamente 10 en cada canal de cultivo.

Para facilitar la caída del agua desde los canales de cultivo hacia el tanque acuícola se empleó una pendiente del 3% y se dejó una separación de por lo

menos 50 cm de altura hasta la superficie del tanque para permitir la oxigenación del agua (Malca, 2006; Fernández, 2007).

El agua se bombeó desde los tanques biofiltros hacia los canales de cultivo mediante el uso de la bomba hidráulica para acuarios JAD® SP-2500 I con un caudal de 1400 l/h (23,3 l/min) y una presión de 2 mca.

Inicialmente se utilizó una bomba de 5 Hp con una presión de 30 mca y un caudal de 40 l/min el cuál fue regulado a 23 l/min, pero debido al elevado consumo

eléctrico (0,37 KW), fue reemplazada con la bomba JAD® SP-2500I con un consumo eléctrico menor (34 W).

Dentro de cada sistema de tuberías como sustrato, se colocó granillo como medio para el crecimiento de *Nitrosomas* y *Nitrobacter* y para el anclaje de las raíces (Al-Hafedh et al., 2008; Caló, 2014).

2.5 Parámetros del sistema de cultivo

La circulación en los sistemas NFT se mantuvo operando con secuencias de 15 minutos de irrigación y 15 minutos de descanso mediante el control de la misma por un temporizador análogo (Gavilán, 2004; Malca, 2006; Rossete, 2007; Fernández, 2007).

Se realizaron cambios de agua cada dos semanas con la finalidad de eliminar las feromonas que pudiesen producir los peces y que limitan el crecimiento de los peces de menor tamaño mediante una inhibición competitiva de su crecimiento (SERA, 2007; Iruela Gonzalez, 2008).

Los sistemas acuapónicos y los testigos se mantuvieron en funcionamiento durante un periodo de seis meses, midiendo las variables propuestas por Rakocy (1989) y Lennard & Leonard (2006) las cuales son las siguientes:

Variables piscícolas		Variables del cultivo	
Productivas	Calidad del agua	Fenológicas	Productivas
Producción neta (kg/pez/final)	Niveles de nitrato (mg/l)	# Flores (planta/semana)	Producción semanal: (# frutos promedio/planta)
Producción total (kg/final)	Niveles de amonio/amoniaco (mg/l)	# Frutos (planta/semana)	Peso promedio de los frutos (g)
	Niveles de fosfato (mg/l)	# Frutos inmaduros (planta/semana)	Análisis de grados brix (prueba final)
		# Frutos imperfectos (planta/semana)	Producción semanal: (# frutos promedio/planta)

Fuente: Autor.

La alimentación de los peces se realizó mediante el balanceado comercial Bioalimentar Tilapero® (Bioalimentar, 2010); la concentración de nutrientes del mismo se muestra en la Tabla 9 a continuación.

Tilapero	Alevín 45	Tilapia 38	Tilapia crecimiento 32	Tilapia desarrollo 28	Tilapia engorde 24
Proteína cruda (mín.)	45%	38%	32%	28%	24%
Grasa (mín.)	8%	7%	7%	5%	5%
Fibra cruda (max.)	4%	4%	5%	6%	6%
Cenizas (max.)	10%	10%	9%	9%	9%
Humedad (max.)	12%	12%	12%	12%	12%
Presentación	Micronizado	Extrusos	Extrusos	Extrusos	Extrusos

Fuente: Bioalimentar (2010).

2.6 Metodología para la medición del Objetivo Específico 1: “Comparar las características productivas entre las plantas cultivadas en los tratamientos acuapónico e hidropónico”.



Figura 29: Medición del número de frutos e inflorescencias (Autor).

durante la cosecha se anotó los pesos y número de frutos producidos por cada planta. Se aprovecharon los momentos de la cosecha para anotar los frutos inmaduros, imperfectos e inflorescencias semanalmente.

Para comparar el desarrollo fenológico de las plantas se midieron semanalmente los caracteres productivos referentes al número de frutos: maduros, inmaduros, imperfectos e inflorescencias; así como el peso de los frutos y el número de ellos producidos en cada planta.

La medición del peso de los frutos maduros se realizó utilizando una balanza gramera, de manera individual

Tabla 10: Tabla de clasificación de los frutos de fresa ajustada para el proyecto.

Calibre	Peso (gramos)
Muy Grande	> 30
Grande	20 – 30
Mediano	10 – 20
Chico	< 10

Modificado de Mercado Modelo (2005)

Se utilizó para clasificar los pesos de los frutos los valores propuestos por Mercado Modelo (2005). Por motivos de manejo de intervalos estadísticos, se formuló una cuarta categoría adicional denominada “Frutos muy Grandes” la cual comprende los frutos con un peso mayor a los 30 gramos.

Además se realizaron pruebas de grados Brix en los frutos producidos al final del proyecto mediante el uso de un refractómetro en el laboratorio de alimentos de la UTPPL con la finalidad de determinar diferencias en el contenido de azúcares entre tratamientos.

Se realizaron también mediciones de temperatura y humedad relativa tres veces al día (6:00, 12:00 y 18:00) mediante el uso de un termohigrómetro y un termómetro sumergible, además de un registro de la temperatura y humedad relativa máxima y mínima durante el día.

2.7 Metodología para la medición Específico 2: “Comparar el crecimiento de los peces criados en acuicultura en un tanque recirculante frente a los criados en acuaponía”.

Para comparar el desarrollo de los peces criados en acuicultura en un tanque recirculante frente a los criados en acuaponía se realizaron mediciones del peso de los peces de cada tratamiento.

La medición de los peces se realizó a finales del proyecto debido a la dificultad de capturarlos en sus etapas de crecimiento debido a la baja densidad y el reducido tamaño de los peces.

Para su captura fue necesario reducir el nivel del agua del tanque al mínimo para su captura, lo que representó una pérdida de las bacterias nitrificantes que componían el sistema, puesto que, por lo general sólo se realizan cambios de agua de no más del 30% en la mayoría de casos (Hagen, 2003)



Figura 30: Captura y colocación de la tilapia en un recipiente para su pesaje. Fuente: Autor.

Para la medición se empleó una balanza electrónica y un tanque en donde se colocaron a los peces ya medidos, para evitar que estos sean confundidos con los demás peces aún no pesados dentro del estanque según lo recomendado por Rural ABC (2009) y MAGAP (2011).

También se realizaron mediciones de la temperatura del agua en 3 horas diferentes en el día (6:00, 12:00 y 18:00) mediante el uso de un termómetro digital, para verificar si este parámetro fue el ideal durante el experimento según la bibliografía consultada.

2.8 Metodología para la medición del Objetivo Específico 3: “Determinar las diferencias entre niveles de nitrato, amonio/amoniaco y fosfato entre los tratamientos acuapónico e hidropónico”.

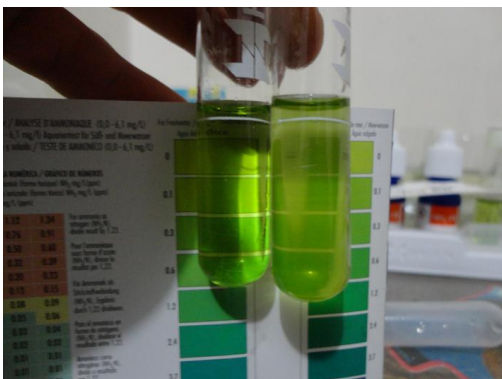


Figura 31: Medición de los niveles de amonio. Fuente: Autor.

Para determinar las diferencias entre niveles de nitrato, amonio y fósforo entre los tratamientos acuapónico e hidropónico se realizó mediciones de niveles de: amonio, nitrito, nitrato, fosfato, pH, dureza, alcalinidad, cloro, conductividad eléctrica y total de sólidos disueltos cada dos semanas previo al cambio de agua.

Para los análisis se utilizó un medidor de pH, un medidor de conductividad eléctrica, un medidor de sólidos disueltos totales, el test colorimétrico comercial Easy Strips de la casa comercial Tetra (2013) y los test para amonio y fosfato de la casa comercial Hagen (2003) basados en el método de indofenol modificado y el método de ácido ascórbico modificado respectivamente.

2.9 Metodología para la medición del Objetivo Específico 4: “Proyectar mediante un análisis beneficio/costo las ventajas y desventajas que la acuaponía posee en comparación con la hidroponía”.

Se proyectó mediante un análisis beneficio/costo las ventajas y desventajas que la acuaponía posee en comparación con la hidroponía. Para ello, se realizó en Microsoft Excel 2010® un ejercicio contable donde se detallaron los costos de instalación del proyecto, costos de operación, ingresos y egresos de manera que es posible determinar si el proyecto es factible a gran escala o no. La metodología empleada para la realización de este ejercicio se irá detallando a medida se hallen los resultados.

2.10 Metodología y análisis estadísticos

Se realizó un análisis ANOVA para determinar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos. Del mismo modo se tomaron en consideración las medidas de tendencia central y dispersión.

Para clasificar y ordenar los datos se empleó el programa Microsoft Excel 2010® y el programa Gnumeric Spreadsheet® para realizar los respectivos análisis estadísticos utilizando un margen de error de 0,05.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados del Objetivo Específico 1: Comparación de las características productivas entre las plantas de los tratamientos acuapónico e hidropónico.

La Tabla 11 a continuación presenta un resumen de los datos medidos semanalmente durante seis meses referentes a las mediciones de frutos y flores.

Tabla 11: Resultados de la medición de los diversos parámetros productivos de la fresa en los diferentes tratamientos

VARIABLES	RESULTADOS			VALIDACIÓN SEGÚN ANOVA			
	T2	T1	T0(H)	Valores Óptimos	F obtenida	F crítica	Diferencia Significativa
Plantas por tratamiento (#)	100,00	80,00	60,00				
Mortandad total Plantas (%)	44,0%	30,0%	91,7%	Min	47,96	3,47	SI
Plantas en Producción	0,55	0,59	0,33	Max	2,86	3,18	NO
Grados Brix (°)	10,20	9,94	5,63	Max	6,59	3,28	SI
Plantas en floración (%) (semanal)	79,6%	86,9%	61,9%	Max	6,67	3,29	SI
μ Flores (#/planta)	2,18	2,30	1,89	Max	2,44	3,29	NO
Plantas con frutos ácidos (%) (semanal)	50,1%	54,5%	29,8%	Max	2,78	3,29	NO
μ Frutos ácidos(#/planta)	1,40	1,54	1,29	Max	2,69	3,29	NO
Plantas con frutos Imperfectos (%) (semanal)	5,6%	5,0%	4,6%	Min	0,46	3,29	NO
μ Frutos imperfectos/planta (#)	1,09	1,10	1,08	Min	0,53	3,29	NO
Plantas con frutos maduros (%) (semanal)	57,5%	61,8%	38,0%	Max	3,55	3,18	SI
μ Frutos maduros/planta (#)	1,35	1,45	1,14	Max	3,32	3,18	SI
Max.frutos/planta (#)	2,63	2,82	1,75	Max	1,87	3,18	
Min.frutos/planta (#)	1,00	1,00	1,00	Max	-	3,18	NO
μ Frutos cosechados (g)	10,60	12,20	8,94	Max	4,66	3,17	SI
σ Peso de los frutos	2,90	2,18	1,83	Min			
CV Peso de los frutos	3,46	4,43	3,46	Min			
μ Peso max.fruto (g)	23,06	25,27	16,83	Max	5,00	3,18	SI
μ Peso min.fruto (g)	36,29	34,59	15,92	Max	0,64	3,18	NO
Frutos pequeños (%) (semanal)	54,0%	44,1%	69,7%	Min	4,61	3,18	SI
Frutos medianos totales (%) (semanal)	40,0%	43,7%	26,3%	Max	2,05	3,20	NO
Frutos grandes totales (%) (semanal)	5,7%	11,6%	3,9%	Max	1,72	3,33	NO
Frutos muy grandes totales (%) (semanal)	0,3%	0,5%	0,0%	Min	1,35	9,55	NO
Σ Frutos Cose. (Kg/semana)	0,41	0,45	0,14	Max	7,63	3,17	SI
Σ Frutos cose. (#/semana)	36,29	34,59	15,92	Max	8,08	3,17	SI
Producción total (Kg)	4,54	4,99	1,73	Max			
Producción total (#)	399,50	380,50	191,00	Max			

Simbología

■ Fructificación	■ Calibre de frutos cosechados	■ Frutos imperfectos
■ Peso de frutos maduros	■ Frutos inmaduros	■ Parámetros óptimos
■ Número de frutos maduros	■ Floración	■ Diferencia significativa

Fuente: Autor.

Cabe recalcar que el proyecto evalúa la eficiencia de los sistemas acuapónicos en términos productivos, independientemente del número de plantas utilizadas por tratamiento.

3.1.1 Número y peso promedio de los frutos cosechados semanalmente

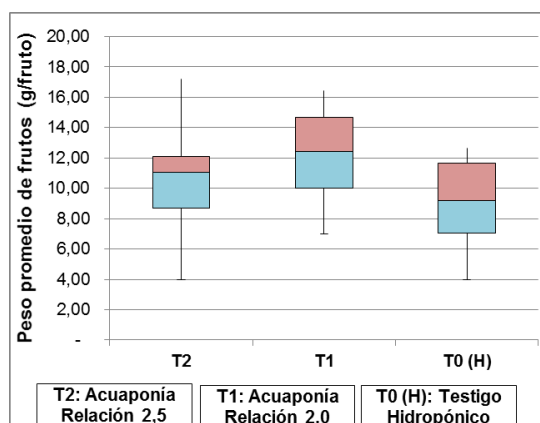


Figura 32: Producción promedio por tratamiento expresada en gramos. Fuente: Autor.

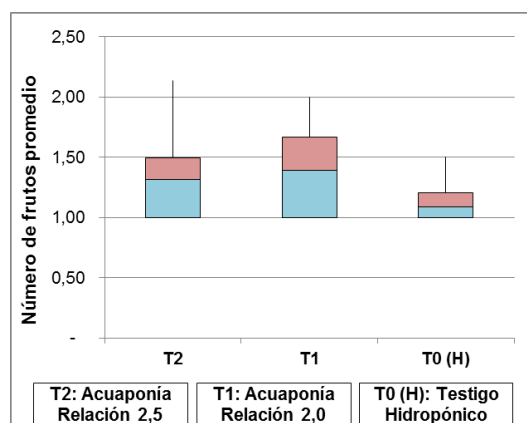


Figura 33: Producción promedio tratamiento expresada en número de frutos. Fuente: Autor.

En la Figura 32 se observa que T1 posee el más alto promedio de peso de frutos (12,20 g), valor similar al obtenido en hidroponía por Jara & Suni (1999) de 12,07 g/fruto, y superior al obtenido por Nissen & Hoffman (1998) de 8,04 g/fruto mediante un cultivo de fresa en suelo bajo el sistema de riego por goteo.

A su vez se calcula que T1 posee una producción de fresas equivalente a 16,51 g/planta/semana, dato similar al obtenido en hidroponía por Ramírez (2011) (17,69 g/planta/semana) y a su vez superior a los resultados obtenidos en suelo por Nissen & Hoffman (1998) (8,04 g/planta/semana).

Referente al número promedio de frutos por planta en la Figura 33, existe una diferencia significativa siendo T1 el tratamiento con mayor número de frutos por planta (1,45) valor inferior al obtenido por Jara & Suni (1999) de 2,48 frutos en hidroponía, pero a su vez superior a los resultados de Nissen & Hoffman (1998) de 0,45 frutos por planta.

Por otro lado T0(H) posee valores de desviación estándar (1,83) y coeficiente de variación (3,46) bajos en relación a los demás tratamientos, por lo que es el tratamiento con los pesos más estables pero a su vez más bajos (8,94 g).

Es posible deducir que T1 en comparación con los trabajos de Jara & Suni (1999) y Ramírez (2011) posee una producción similar al tratamiento hidropónico, aún pese a obtener un número menor de frutos; sin embargo, en términos de producción por superficie, T1 (330,2 g/m²/semana) es inferior a los resultados obtenidos por Jara & Suni (410,6 g/m²/semana) y Ramírez (495,25 g/m²/semana), aunque es superior a los resultados de Nissen & Hoffman (107,2 g/m²/semana).

De este modo, pese a que T0(H) no obtuvo los mejores resultados en este proyecto pero los trabajos presentados por Jara & Suni (1999) y Ramírez (2011) son evidencia del potencial que el sistema hidropónico puede tener en términos de producción.

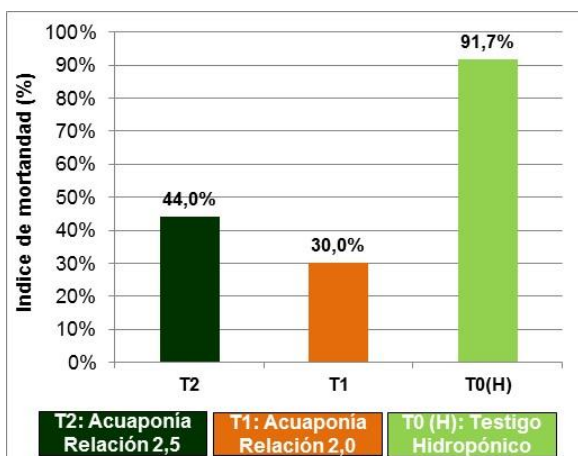


Figura 34: Índice de mortandad en las plantas de fresa de los diferentes tratamientos. Fuente: Autor.

3.1.2 Índice de mortandad

En la Figura 34 podemos observar que el T0(H) presentó la mayor mortandad entre tratamientos mientras que el menor índice se presentó en T1; no pudiendo ser comparado pues no se encontraron estudios previos donde referencien un índice de mortandad para el cultivo de fresa.

3.1.3 Plantas en producción y en sus diversos estadios productivos

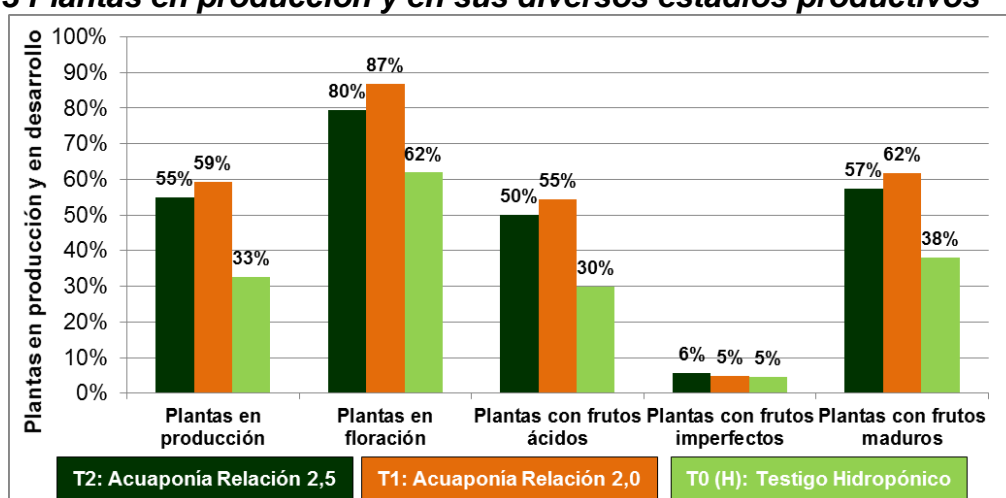


Figura 35: Promedio producción semanal de plantas en producción, floración, con frutos ácidos, imperfectos y maduros. Fuente: Autor.

Según la Figura 35, T1 posee el mayor porcentaje de plantas en producción, floración, plantas con frutos ácidos y plantas con frutos maduros entre los tratamientos.

Es importante recalcar que los frutos ácidos se convertirán a posterior en frutos maduros, del mismo modo que las flores se convertirán en frutos ácidos, por lo que un alto índice de plantas con frutos ácidos y plantas en floración repercute al número final de frutos cosechados en cada tratamiento y por lo tanto en la producción total.

Por otro lado, no se encontró diferencia significativo en el porcentaje de frutos imperfectos o defectuosos entre los tratamientos según la figura 35.

3.1.4 Categorización de los frutos

La Figura 36 a continuación muestra una clasificación de los frutos cosechados en cada tratamiento en relación a su peso y basado en la clasificación propuesta por Mercado Modelo (2005).

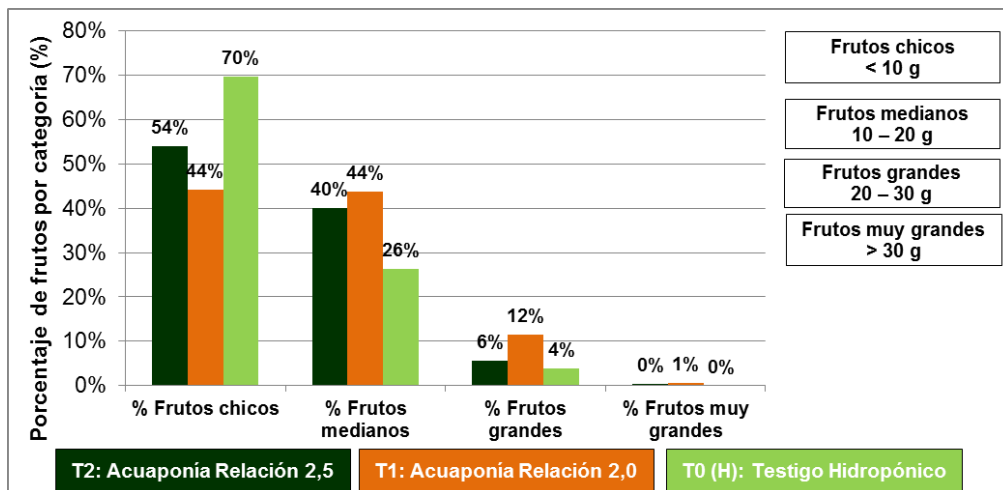


Figura 36: Categorización de los Frutos según su peso. Fuente: Autor.

T1 presenta el menor porcentaje de frutos chicos, el mayor porcentaje de frutos grandes y medianos, siendo además el único tratamiento que presentó frutos muy grandes, es decir mayores a 30 g. De este modo podemos afirmar que T1 posee frutos de un mejor calibre en relación a su peso en comparación a otros tratamientos como indica la Figura 36.

Finalmente el tratamiento que presentó el mayor porcentaje de frutos chicos fue T0(H) y con el menor porcentaje de frutos grandes.

3.1.5 Producción semanal promedio de fresas

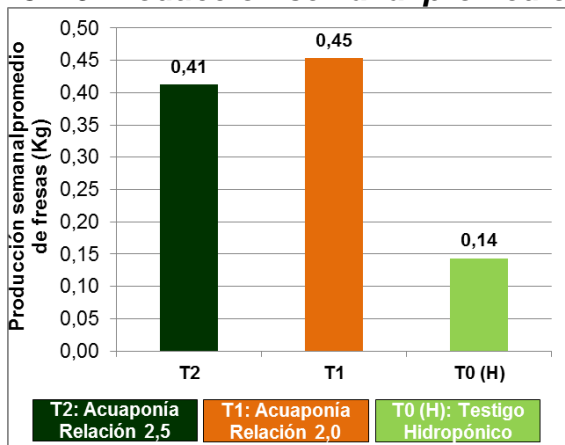


Figura 37: Promedio de producción semanal en el cultivo de fresas expresada en kilogramos. Fuente: Autor.

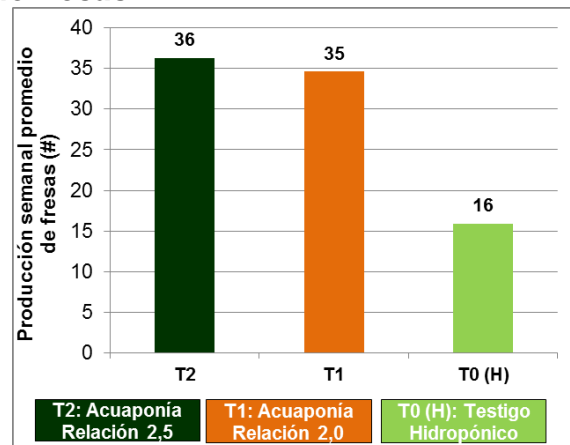


Figura 38: Promedio de producción semanal en el cultivo de fresas expresada en número de frutos. Fuente: Autor

T1 generó la mayor producción semanalmente expresada en peso de los frutos y un número de frutos total similar a T2 según la Figura 37 y 38. Si bien T2 y T1 son similares en cuanto a su número de frutos, no debemos olvidar que T2 poseía un número de 50 plantas por tratamiento y T1 poseía solamente 40 plantas por lo que T1 posee una mayor producción con un menor número de plantas utilizando la misma fuente de nutrientes que T2.

Esto se debe a que T2 posee un menor peso promedio en sus frutos en comparación a T1, lo que en gran escala se pudiese predecir una menor producción en T2.

Por otro lado, el tratamiento T0(H) obtuvo la menor producción semanal en peso y en número de frutos, baja producción que se puede atribuir al alto índice de mortandad (92%).

3.1.6 Producción final de fresas

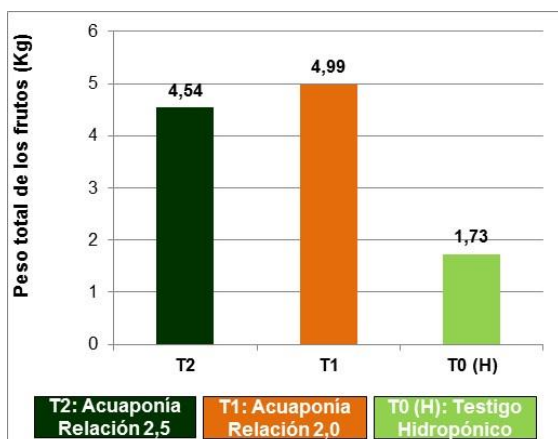


Figura 39: Producción total de fresas entre los tratamientos expresada en gramos. Fuente: Autor.

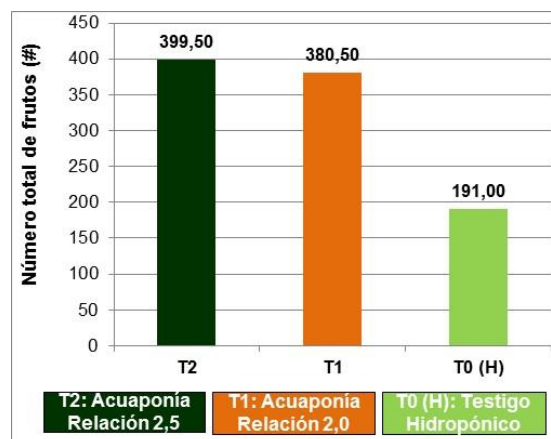


Figura 40: Producción total de fresas entre los tratamientos expresada en número de frutos. Fuente: Autor

Las Figuras 39 y 40 muestran la producción total durante los 6 meses del experimento donde T1 posee la mayor producción en término de peso y T2 posee la mayor producción en término de número de frutos; sin embargo los valores entre ambos tratamientos son muy cercanos.

3.1.7 Contenido de azúcar de los frutos

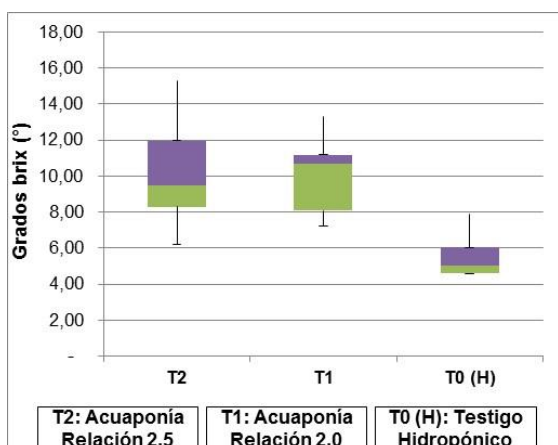


Figura 41: Concentración de grados brix promedio de los frutos de diferentes tratamientos. Fuente: Autor.

T2 es el tratamiento con un promedio mayor de grados brix en sus frutos (10,20) seguido muy de cerca por T1 y siendo T0(H) el tratamiento con menor concentración de sacarosa según la Figura 41.

Esta información es de gran importancia, pues de poco serviría el producto acuapónico si una de las características principales de la fresa (su sabor dulce) no estuviese presente en el producto final. Afortunadamente, el contenido en grados brix del

tratamiento T2 y T1 fue el ideal, siendo que el promedio de grados brix para la fresa es de entre 7,5 a 11° (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010).

3.1.8. Análisis de la producción en T0(H)



Figura 42: Deficiencia de Hierro en las plantas del sistema Hidropónico (Autor).

Es posible que la baja producción en las plantas del sistema hidropónico podría deberse a una deficiencia de hierro, puesto que las plantas presentaron como síntomas una clorosis intervenal en las hojas jóvenes, manteniendo las nervaduras de sus hojas con un color verde (Velasquez, 1964; Plaster, 2005; Azcón-Bieto & Talón, 2008; State of New South Wales, 2010).

Otro factor que pudiese haber influenciado en la baja producción es la acumulación de diferentes sales minerales de la solución hidropónica las cuales pudieron causar toxicidad. Se presume de esta acumulación debido a los valores de dureza (300 mg/l) y conductividad eléctrica (3982,40 mg/l) registrados en el T0(H) según la Tabla 14 en la página 41.

Este problema se puede prevenir mediante un riego con agua limpia en los canales de cultivo cada ocho días, así como un cambio de la solución nutritiva por lo menos una vez al mes (Díaz, 2004; Malca, 2006; Espinosa & Espinoza, 2007).

3.2 Resultados del Objetivo Específico 2: Comparación del desarrollo de los peces criados en acuicultura en un tanque recirculante frente a los criados en acuaponía.

Se realizó una prueba estadística ANOVA para los parámetros mortandad total y peso promedio de los peces, en donde se encontró diferencia significativa en la tasa de mortandad, más no en el peso promedio de los peces como se observa en la Tabla 12 a continuación.

Tabla 12: Resultados de la medición de las tilapias en los diferentes tratamientos.							
VARIABLES	RESULTADOS			VALIDACIÓN SEGÚN ANOVA			
	T2	T1	T0(A)	Valores Óptimos	F obtenida	F crítica	Diferencia Significativa
Mortandad total	77%	72%	75%	Min	4,56	3,39	SI
W. Máx. pez (g)	93	97	93	Max			
W. Mín. pez (g)	1	8	6	Max			
μ W. peces	36,31	40,63	36,57	Max	0,37	3,06	NO
Σ	20,83	13,70	35,62	Min			
CV	0,58	0,33	0,63	Min			
Σ peces (Kg)	0,94	1,12	0,75	Max			

Simbología

 Pesos de los peces
 Diferencia significativa

 Parámetros óptimos

Fuente: Autor.

3.2.1 Mortandad de las tilapias

Se encontró diferencia significativa en la mortandad total de los peces siendo la menor en el tratamiento T1 (72%) según la Figura 43; por lo general, la

mortandad promedio para tilapias con peso de entre 1 a 50 g es de 33,25% (Proyectos Peruanos, 2008), por lo que la mortandad obtenida en los tratamientos es elevada.

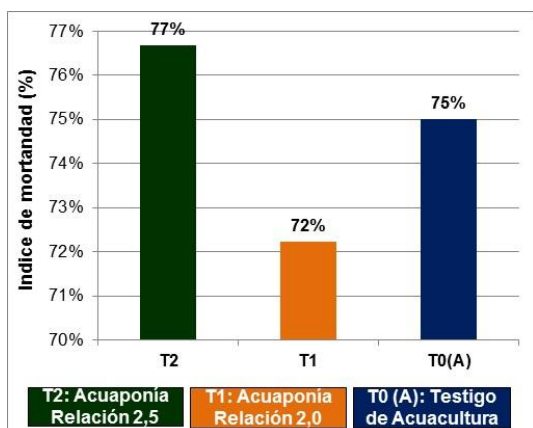


Figura 43: Índice de mortandad de la tilapias según tratamiento. Fuente: Autor.

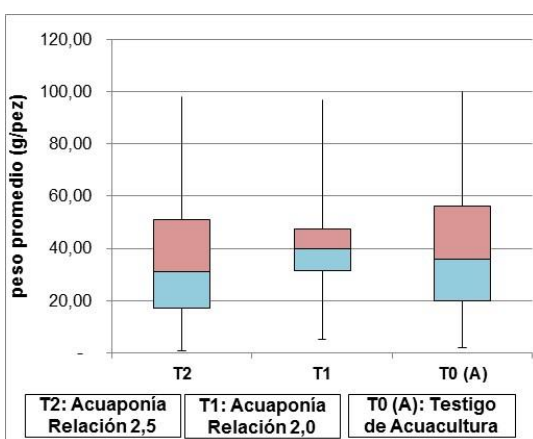


Figura 44: Peso promedio de los peces en cada tratamiento. Fuente: Autor.

3.2.2 Peso promedio final de las tilapias

Los peces fueron implementados desde su fase de alevín y hasta la fecha de medición permanecieron 6 meses en los tanques de cría, por lo que su peso para la fecha debería ser de 215 g (Bioalimentar, 2010); sin embargo, el peso promedio de T1, el tratamiento con el peso más elevado fue de 40,63 g según la Figura 44, un inferior a lo recomendado.

En comparación con el sistema acuapónico de la Universidad de las Islas Vírgenes (University of the Virgin Islands) a la edad de 6 meses, la tilapias deberían pesar en promedio 663 g (Rakocy, 1988) o 318,9 según el sistema acuapónico experimental empleado en Arabia Saudita (Yousef S., Aftab & Mohamed, 2008).

En los experimentos de Rakocy empleó peces de 113 g al momento de inicio del proyecto, mientras que Yousef (2008) utilizó peces con un peso inicial de 30 gramos, razón por la cual sus resultados difieren. En el caso de este proyecto de tesis, se emplearon peces desde su etapa de alevinaje, es decir 1 g de peso, por lo que se hubiese esperado por lo menos la mitad del peso obtenido por Yousef (2008), es decir 159,45 g en el periodo de 6 meses en el que se desarrolló el proyecto.

Por otro lado, el índice de crecimiento promedio de los peces en los tratamientos T1, T2 y T0(A) es de 0,27 g/día/pez, un índice bajo en comparación al obtenido por Yousef (2008) el cuál fue de 1,35 g/día/pez, por ello, los datos obtenidos son inferiores a los resultados de Yousef (2008) y a los esperados según el plan de alimentación de la industria Bioalimentar (2010).

Una posible causa para el deficiente crecimiento de las tilapias pudo ser la baja oxigenación de los tanques piscícolas. Rakocy (1988) y Yousef (2008) utilizaron un tanque de 12,8 m³ con un promedio de 25 piedras oxigenadoras (15,2 x 3,8 x 3,8 cm) en el perímetro de los tanques piscícolas lo que representa un promedio de dos piedras oxigenadoras/m³ y un caudal de circulación de 29,53 l/min durante un periodo de 48 min/h (Rakocy, Bailey & Shult, 2011). En comparación,

este proyecto utilizó solamente una piedra oxigenadora por tanque (2 x 1,5 x 1,5 cm) y un caudal de 23,3 l/min durante un periodo de 30 min/h.

Además, se podría descartar que los problemas de crecimiento haya sido debido a bajas temperaturas en el agua puesto que la temperatura promedio de la misma fue de 22,71°C, la cual se encuentra dentro de niveles permisibles para el desarrollo de la especie (McGinty & Rakocy, 1989; Saavedra, 2006).

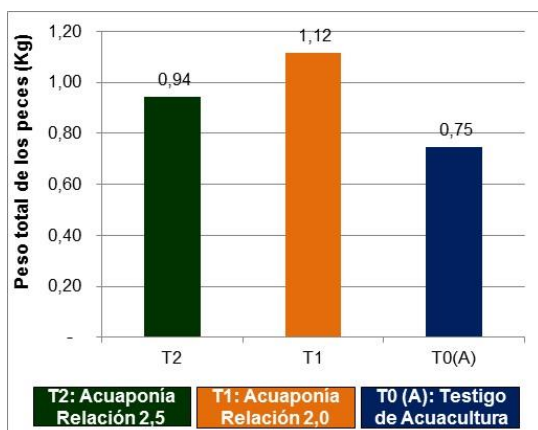


Figura 45: Producción final de peces por tratamiento. Fuente: Autor.

3.2.2 Peso final de las tilapias

Finalmente, tras seis meses de cultivo el peso total de la cosecha de tilapias en cada tratamiento fue bajo según la Figura 45, de manera que, si 215 g es el peso recomendado para una tilapia a esa edad (Bioalimantar, 2010), el peso obtenido en T1 es equivalente a únicamente cinco peces criados en óptimas condiciones (1,07 Kg).

3.3 Resultados del Objetivo Específico 3: Determinación de las diferencias entre niveles de nitrato, amonio/amoniaco y fosfato entre los tratamientos acuapónico e hidropónico.

Las figuras a continuación presentan los resultados promedio de los diferentes parámetros de calidad del agua y su comparación entre los diferentes tratamientos del proyecto. Mayores detalles acerca de la validación estadística de los resultados se pueden observar en el Anexo 3 y 4 del documento.

3.3.1 Nitrógeno y fosfato

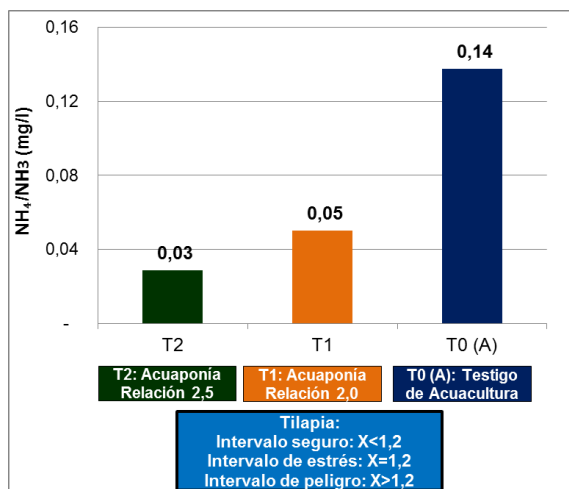


Figura 46: Niveles de amonio/amoniaco promedio de los tratamientos. Fuente: Autor.

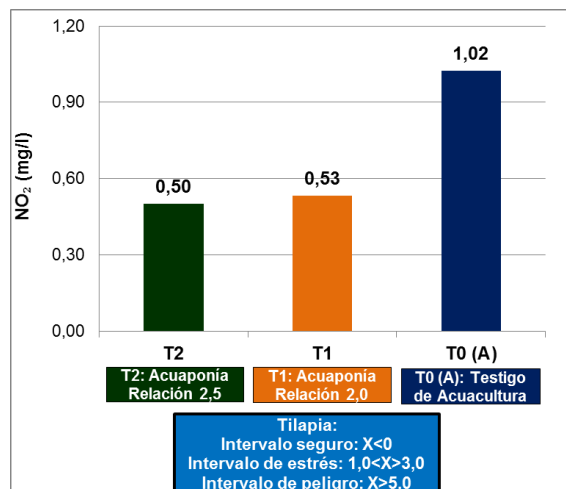


Figura 47: Niveles de nitrito promedio entre tratamientos. Fuente: Autor.

Para la evaluación de los parámetros de calidad de agua referentes al nitrógeno en sus diferentes formas (NH_4/NH_3 , NO_3 y NO_2), es deseable bajos niveles de amonio/amoniaco y nitrito, y niveles de nitrato dentro del intervalo seguro pues ello sirve como indicador de que el ciclo del nitrógeno se podría estar llevando a cabo correctamente (Pérez, 2002; Plaster, 2005; Curtis & Barnes, 2010).

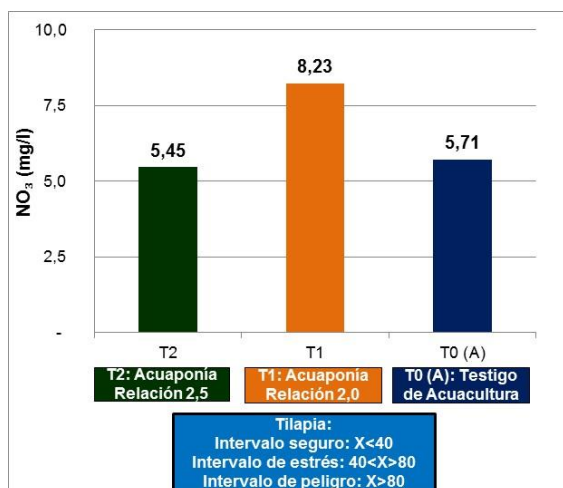


Figura 48: Niveles de nitrato promedio entre tratamientos. Fuente: Autor.

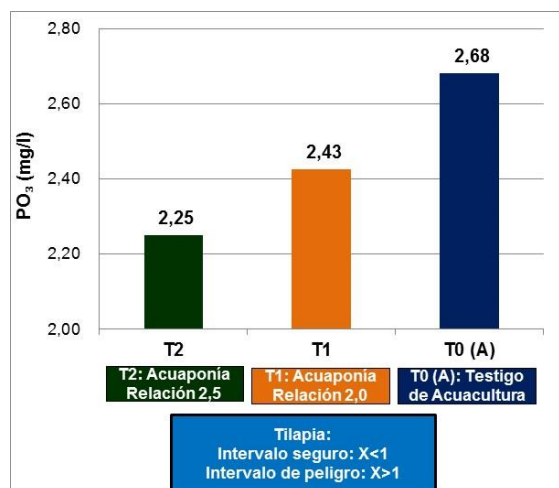


Figura 49: Niveles de fosfato promedio entre tratamientos. Fuente: Autor.

Los niveles de amonio/amoniaco, nitrito y nitrato se mantuvieron dentro del intervalo seguro para la crianza de tilapias en todos los tratamientos según las Figuras 46, 47 y 48. De entre estos tratamientos, el que obtuvo mejores resultados fue T2.

Los valores de amonio/amoniaco, nitrito y nitrato obtenidos en el proyecto son comparables con los datos obtenidos por Yousef (2008) siendo los mismos 1,3 mg/l, 0,6 mg/l y 19,6 mg/l respectivamente. En contraste, únicamente el valor de nitrato de los tratamientos difícilmente alcanza la mitad del valor de 19,6 mg/l obtenido por Yousef (2008) posiblemente debido a que en este proyecto se utilizó peces con un menor peso inicial que los empleados por Yousef.

Niveles elevados de fosfato son indicadores de sobrealimentación y además causantes de estrés (Hagen, 2003). Según el gráfico 49, T2 fue el tratamiento con niveles de fosfato más bajos, mientras que T0(A) fue el tratamiento con niveles más altos; aún así todos los tratamientos mantuvieron su nivel de fosfato fuera del intervalo seguro (< 1 mg/l).

3.3.2 pH, conductividad eléctrica, dureza, alcalinidad y TDS

En la Figura 50 a continuación se puede apreciar que los niveles de pH en todos los tratamientos se mantuvieron dentro del óptimo para la tilapia, pero el pH más cercano al óptimo para la fresa fue el obtenido en T1.

La conductividad eléctrica de los tratamientos se mantuvo en un valor bajo para el cultivo de fresa, sin embargo esto no representó ningún inconveniente en la producción.

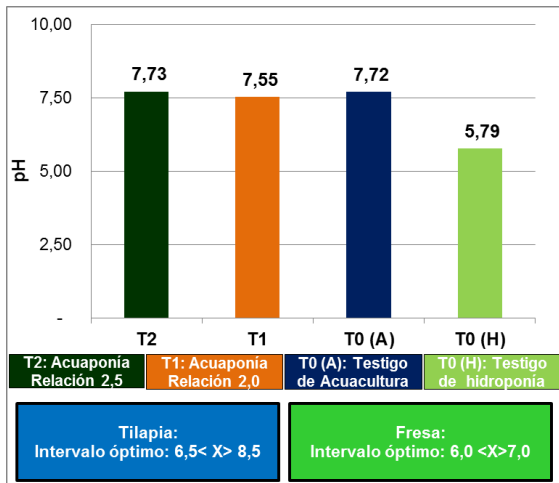


Figura 50: Niveles de pH promedio entre tratamientos. Fuente: Autor.

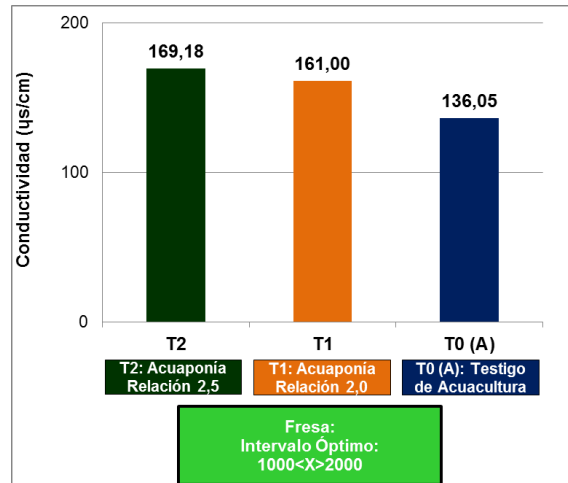


Figura 51: Niveles de conductividad eléctrica promedio entre tratamientos. Fuente: Autor.

La dureza del agua de todos los tratamientos se mantuvo dentro de los intervalos seguros para tilapia (Figura 52).

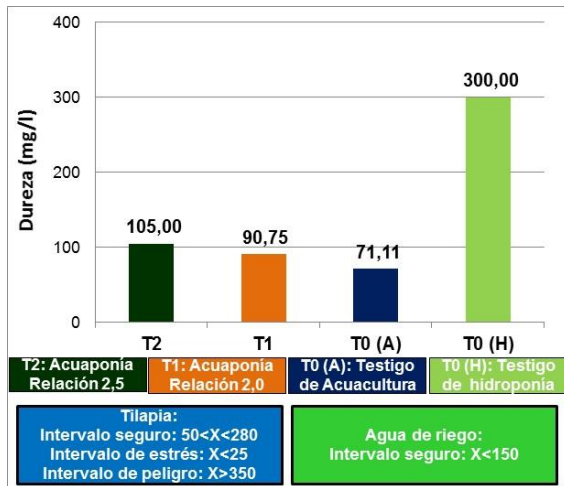


Figura 52: Dureza promedio entre tratamientos. Fuente: Autor.

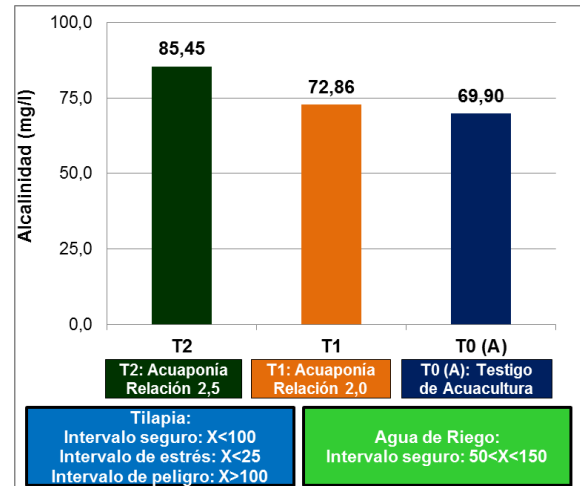


Figura 53: Nivel de alcalinidad promedio entre tratamientos. Fuente: Autor.

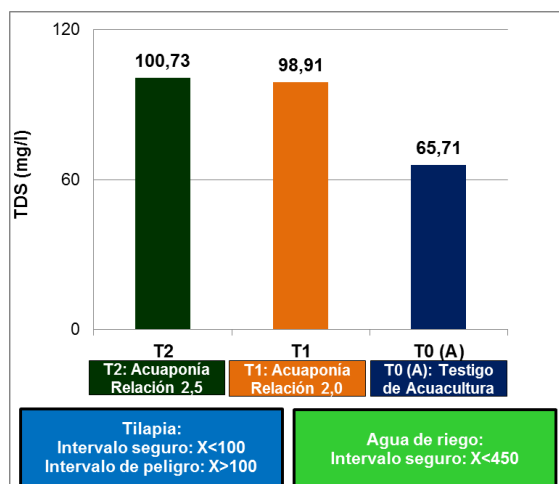


Figura 54: Nivel de sólidos disueltos totales entre tratamiento. Fuente: Autor.

La dureza del agua en T0 (H) se encuentra por encima de su intervalo seguro para ser utilizada como agua para riego, por lo que pudo causar eventualmente una acumulación de sales en el sustrato de cultivo.

La alcalinidad (Figura 53) se mantuvo dentro del intervalo seguro en los tratamientos excepto en T0(H) donde no se registró alcalinidad alguna, lo cual se puede relacionar con el pH ácido registrado en el sistema hidropónico. Por otro lado T1 es el tratamiento con el valor más cercano al óptimo para la crianza de tilapia

Finalmente los tratamientos se mantuvieron dentro del intervalo seguro en el total de sólidos disueltos según la Figura 54.

3.4 Resultados del Objetivo Específico 4: Proyectar mediante un análisis beneficio/costo las ventajas y desventajas que la acuaponía posee en comparación con la hidroponía.

3.4.1 Consideraciones previas a la realización del ejercicio económico

Para la realización del ejercicio económico se emplearon los siguientes parámetros:

Tabla 13: Especificaciones para la realización del ejercicio económico de los diversos

Parámetro	Especificación
Número de plantas en el modelo	10.000
Evapotranspiración estimada	0,14 l/planta/día en la ciudad de Loja según los datos de la estación meteorológica "La Argelia" (FAO, 2006; INAMHI, 2012)
Sistema de bombeo	Hidráulico, mediante una bomba de ariete con un caudal de 60 l/minuto
Material del canal de cultivo	Polietileno negro de 200 micras de grosor
Longitud del canal de cultivo	12 m
Número de niveles en el sistema de cultivo	3
Solución nutritiva	Solución hidropónica Farran modificada
Método de siembra de fresas	Semilla sexual o esquejes
Método de siembra de tilapias	Directa con individuos de ambos sexos

Fuente: Autor.

Algunos de estos materiales o parámetros difieren en comparación a los utilizados en la metodología experimental, la razón de estos cambios se detalla a continuación:

3.4.1.1 Semillas y alevines

Se eligió el método de siembra mediante semilla sexual como prioritario, pues, durante la planificación a nivel comercial se pudo constatar que a un precio de 0,50 \$ por cada planta de fresa (INIAP, 2014) generaría una inversión inicial de 5.000 \$ con un costo de depreciación anual de 2.500 \$ para un total de 10.000 plantas estimando una vida útil de 2 a 1,5 años (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002).

Mediante el método de propagación por semillas es posible reducir este costo puesto que cada fruto puede producir un promedio de 200 semillas (London Strawberry Festival, 2009); aun así los resultados son plantas con características no uniformes por lo que se corre el riesgo de obtener una producción menor (Adams et al., 1989; Strawberry Plants, 2010).

También es posible recurrir a la siembra mediante la división de plantas madre en dos o cuatro hijuelos si la planta es lo suficientemente fuerte (Mantilla, 2010), de este modo es posible economizar en inversión inicial y por lo tanto en depreciación del cultivo. Este método se utilizó en algunas ocasiones durante la fase experimental del proyecto para reponer plantas muertas durante la

instalación del proyecto, para ello sólo se utilizaron plantas con una corona de 2,54 cm de ancho y dividiendo las plantas suficientemente fuertes en 2 partes vegetativas con hojas y raíces suficientes para su recuperación.

Si se obtiene las plantas de fresa mediante hijuelos, estos demoran entre uno a dos meses para que lleguen a su floración; mediante semilla sexual, nueve meses; y mediante propagación a través de esquejes, entre cuatro a cinco meses (Chiqui, 2010).

En cuanto a los alevines, la proyección económica opta por la adquisición de alevines de ambos géneros con la finalidad de elaborar tanques para la reproducción. Si bien la reproducción de tilapia requiere de un mayor conocimiento, la opción de compra de alevines cada seis meses para su cría y engorde lo convierte en un insumo a reponer constantemente.

3.4.1.2 Modificaciones al sistema de Riego

Se seleccionó como ideal a la bomba de ariete pues, en comparación, una bomba hidráulica para acuarios (caudal de 23,3 l/min) consume 0,034 KW/h, mientras que una bomba hidráulica de 5 HP (caudal 40 l/min) consume 0,37 KW/h; durante el lapso de un año y con intervalos de 15 minutos de encendido y 15 minutos de apagado, estas bombas generarían un costo de 29,2 \$ y 324,12 \$ al año respectivamente en comparación con la bomba de ariete la cual no genera ningún gasto en electricidad.

Por otro lado, pese a que las bombas para acuarios consumen poca electricidad, poseen la desventaja de poseer una presión de sólo 2 mca, presión que se perdería en cada punto de salida de agua por lo que se necesitaría colocar una bomba para cada 4 o 5 canales de cultivo, lo que aumentaría exponencialmente la inversión inicial, el consumo eléctrico y los costos de depreciación.

Por ello, el uso de bombas de ariete, las cuales no consumen energía eléctrica, son la opción más viable económicamente pese a su elevado costo inicial (600 a 1.400 \$ según su caudal de entre 1 a 2 l/s) siempre y cuando en el terreno exista suficiente diferencia de nivel para su funcionamiento.

3.4.1.3 Tanque de distribución de agua.

Debido a que el número de canales aumenta en la proyección a escala y una sola bomba no puede abastecer el caudal de cada uno de los canales debido a la pérdida de presión en cada punto de salida, se ideó una solución donde el uso de bombas de ariete en funcionamiento continuo llenen un tanque el cual se encargará de distribuir el agua a cada uno de los canales de cultivo.

Si bien las bombas de ariete poseen un caudal bajo en comparación a las bombas centrífugas, hay que considerar que se pueden mantener en funcionamiento continuo pues no consumen energía eléctrica.

Por ejemplo, utilizando un caudal de 1,5 litros por minuto e intervalos de riego de 15 minutos en cada canal de cultivo sería necesario un caudal total de 15 l/h/canal. Si se ajusta el caudal de la bomba de ariete a 3.600 l/h una bomba de ariete podría regar un total de 240 canales de cultivo.

Sin embargo esto no podría ser posible sin el tanque de distribución de agua puesto que, sin él, la bomba sólo debería mantenerse en funcionamiento cada 15 minutos según los parámetros del cultivo lo que reduce el caudal que la bomba hace circular a 1800 l/h lo que únicamente permitiría regar 120 canales de cultivo.

3.4.1.4 Canales de cultivo:

Los canales de cultivo utilizados durante la fase experimental del proyecto (PVC de 2,54 cm de ancho y 3 m de largo) no son factibles para una implementación a gran escala. La razón de esto es su elevado costo unitario, pues a un precio de 10,00 \$ y asumiendo una distancia entre hileras de 0,25 m, su implementación puede llegar a costar 40,00 \$ cada metro cuadrado y aún pese a poseer una vida útil promedio de 50 años (Plastigama, 2011) la depreciación constituiría un costo de 0,80 \$/año/m².

Utilizando un sistema de canales de cultivo hecho a base de polietileno negro de 200 micras similar al sistema NGC (Calderón, 2003; Gavilán, 2004; Tecnoficio, 2014) es posible generar a un costo de 0,45 \$ un canal de cultivo de medidas similares a los canales de PVC. Esto implica una inversión de 1,75 \$ por cada metro cuadrado de terreno y un costo de depreciación de sólo 0.35 \$/año/m² asumiendo 5 años de vida útil.

3.4.1.5 Solución nutritiva:

La solución hidropónica La Molina se comercializa a un precio de 16,20 \$ en Perú sin contar con el costo de envío (Universidad Nacional Agraria La Molina, 2013), mientras que en la localidad se comercializa a un costo de 28,00 \$ la solución para un total de 1000 litros bajo pedido.

Comprando los materiales al mayoreo, y preparándolos personalmente, el costo de solución nutritiva para 1000 litros puede ser de 1,50 \$ utilizando una modificación la fórmula Farran/Mingo (Tabla 16) con mención a Knop (1865); este precio concuerda con el utilizado en otros proyectos productivos como el proyecto propuesto por las tesis de Irrigo (2010) y Mantilla (2010).

En un proyecto a pequeña escala como esta tesis los costos de compra de los componentes de la solución son elevados puesto que los mismos no se venden al por menor o no se encuentran en la localidad; sin embargo, es factible y necesario la adquisición de los mismos para una producción a gran escala con la finalidad de abaratar los costos de producción.

Tabla 14: Solución Hidropónica Farran/Mingo modificada

Nutrientes	Fórmula	g/l
Nitrato de Potasio	KNO ₃	0,51
Nitrato de Amonio	NH ₄ NO ₃	0,05
Superfosfato Triple de Calcio	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	0,28
Sulfato de magnesio	MgSO ₄	0,32
Micronutrientes (Fertilon Combi ®)		0,012
Quelato de Hierro (6%) Ferriete ®		0,0005

Fuente: Farran & Mingo-Castel (2006) modificado según los datos de Gavilán (2004), Otazú, (2010) y la Universidad Nacional Agraria La Molina (2013).

3.4.2 Determinación de ingresos, egresos y amortización del proyecto.

El peso final de las tilapias obtenido en los tratamientos del proyecto no corresponde con los sistemas comerciales y experimentales analizados dentro de la bibliografía por lo tanto no reflejan el verdadero potencial de la acuicultura y acuaponía debido a errores de diseño del proyecto, por ello se empleó el peso y plan de alimentación citado por la empresa Bioalimentar (2010) como base para el cálculo del peso final y cantidad de alimento necesario para la determinación de beneficios y costos.

Del mismo modo, se utilizó el promedio del peso de los frutos y porcentaje de plantas en producción de los tratamientos T1, T2 Y T0(H) para la elaboración de la proyección económica del tratamiento hidropónico pues, los resultados obtenidos en el proyecto para este componente no son acordes a los resultados que obtuvieron al operar el sistema correctamente otros autores como Jara & Suni (1999) y Nissen & Hoffman (1998).

Para el cálculo de costos de mano de obra se empleó un salario mínimo sectorial de 340,34 \$, es decir 12,16 \$ por jornada ordinaria diaria (Ministerio de Relaciones Laborales, 2014).

Las horas de trabajo para cada actividad fueron estimadas en base a lo observado durante el desarrollo del proyecto; cabe destacar que muchas de estas actividades son automáticas, y si bien requieren revisiones diarias, no requieren de la presencia constante del operario para su funcionamiento.

Para la adquisición de insumos, se utilizaron costos al mayoreo para alimento para tilapia e insumos químicos para la elaboración de la solución nutritiva hidropónica.

En el cálculo de amortización para el proyecto se empleó como capital inicial la suma entre los costos de inversión inicial más los costos de producción del primer año del proyecto, mientras que los intereses se encuentran calculados a una tasa de 10% anual (CFN, 2014).

3.4.2.1 Tratamiento T2 (relación un pez para cada 2.5 plantas)

Tabla 15: Resultados del ejercicio económico del primer año empleando los datos obtenidos de T2 (relación 1 pez para cada 2.5 plantas)

T2

Número de plantas de fresa:	10.000,00
Número de tilapias:	4.000,00

Inversión inicial		
	Precio	% Costo
Componente hidropónico	\$ 661,75	5%
Tanques y sistema de bombeo	\$ 5.634,13	44%
Equipo electrónico y materiales	\$ 115,00	1%
Invernadero (452,20 m ²)	\$ 5.527,65	43%
Semillas y alevines	\$ 906,00	7%
Total de inversión inicial	\$ 12.844,53	100%

Costos de producción de 10.000 plantas de fresa y 4.000 tilapias en el sistema acuapónico		
	Precio	% Costo
Mano de obra	\$ 2.906,43	29%
Insumos y materiales	\$ 4.309,44	43%
Equipo y maquinaria	\$ 1.398,98	14%
Gastos fijos	\$ 1.441,82	14%
Total de Costos	\$ 10.056,67	100%

Ganancia bruta fresa		
Precio del Producto (\$/Kg)	\$ 2,20	
Producción Total en el Ciclo (kg)	3.769,60	
Ganancia Bruta (\$)	\$ 8.293,11	
Ganancia bruta tilapia		
Precio del producto (\$/Kg)	\$ 5,51	
Producción total en el ciclo (kg)	2592,00	
Ganancia bruta (\$)	\$ 14.285,95	
Ganancia bruta total (\$)	\$ 22.579,07	

Ganancia neta		
Ganancia bruta total	\$ 22.579,07	
Costo operación	\$ (10.056,67)	
Imprevistos (5%)	\$ (502,83)	
Impuestos (10%)	\$ (1.206,80)	
Ganancia neta año	\$ 10.812,77	
Ganancia neta mensual	\$ 901,06	
Relación Beneficio/Costo	0,92	

Fuente: Autor.

Referente a la inversión inicial, los mayores costos de la misma son la adquisición de los tanques piscícolas (44%) y la construcción del invernadero (43%). En cuanto a los costos de operación, los mayores costos son insumos y materiales (43%), precio perteneciente, en su mayoría, a los costos de alimentación de las tilapias en el proyecto.

Los resultados demuestran que existe una ganancia neta mensual de \$ 901,06 y una ganancia anual de 10.812,77 \$, siendo el producto que genera mayores ganancias la tilapia, representando la misma un 64% de los ingresos brutos del negocio.

Tabla 16: Amortización del capital inicial del proyecto empleando los datos obtenidos de T2 (relación 1 pez para cada 2.5 plantas).

CAPITAL	\$ 22.901,20
TASA ANUAL	10,00%
PAGO SEGÚN INGRESO ANUAL (%)	75%

Años	Saldo Inicial	Dividendo	Pago Capital	Pago Intereses	Saldo Final	Ganancia Anual - Amortización	Ganancia Mensual - Amortización
0					\$ 22.901,20		
1	\$ 22.901,20	-\$ 8.109,57	-\$ 5.819,45	-\$ 2.290,12	\$ 17.081,74	\$ 2.703,19	\$ 225,27
2	\$ 17.081,74	-\$ 8.109,57	-\$ 6.401,40	-\$ 1.708,17	\$ 10.680,34	\$ 2.703,19	\$ 225,27
3	\$ 10.680,34	-\$ 8.109,57	-\$ 7.041,54	-\$ 1.068,03	\$ 3.638,80	\$ 2.703,19	\$ 225,27
4	\$ 3.638,80	-\$ 8.109,57	-\$ 7.745,69	-\$ 363,88	-\$ 4.106,89	\$ 2.703,19	\$ 225,27
5	-\$ 4.106,89	-\$ 8.109,57	-\$ 8.520,26	\$ 410,69	-\$ 12.627,16	\$ 2.703,19	\$ 225,27

Fuente: Autor.

Los números positivos dentro de la casilla de saldo final son la deuda a pagar en base al capital inicial, la misma que se reduce año a año mediante el pago respectivo de un 75% del ingreso anual del negocio. Pese a este elevado porcentaje del ingreso anual empleado para el pago de la deuda contraída, el propietario del negocio todavía puede ganar un sueldo mensual de 225,27 \$.

Al cuarto año de desarrollo del proyecto podemos observar que el valor de saldo final se convirtió en -4.106,89 \$, valor negativo que significa que el capital inicial es pagado en su totalidad y a partir de este año y desde este punto se empieza a generar ingresos libres de deuda.

Los intereses del préstamo son pagados al final del quinto año; sin embargo, con el excedente del cuarto año, es posible pagar los intereses restantes y cerrar el crédito adquirido a partir del cuarto año.

3.4.2.2 Tratamiento T1 (relación un pez para cada 2 plantas)

Tabla 17: Resultados del ejercicio económico del primer año empleando los datos obtenidos de T1 (relación 1 pez para cada 2 plantas).

T1

Número de plantas de fresa:	10.000,00
Número de tilapias:	5.000,00

Inversión inicial		
	Precio	% Costo
Componente hidropónico	\$ 699,35	5%
Tanques y sistema de bombeo	\$ 6.085,74	42%
Equipo electrónico y materiales	\$ 115,00	1%
Invernadero (533,40 m ²)	\$ 6.520,27	45%
Semillas y alevines	\$ 1.095,00	8%
Total de inversión inicial	\$ 14.515,36	100%

Costos de producción de 10.000 plantas de fresa y 5.000 tilapias en el sistema acuapónico		
	Precio	% Costo
Mano de obra	\$ 3.206,86	27%
Insumos y materiales	\$ 5.361,12	45%
Equipo y maquinaria	\$ 1.587,89	13%
Gastos fijos	\$ 1.632,06	14%
Total de costos	\$ 11.787,93	100%

Ganancia bruta fresa	
Precio del producto (\$/Kg)	\$ 2,20
Producción total en el ciclo (kg)	5.044,62
Ganancia bruta (\$)	\$ 11.098,17
Ganancia bruta tilapia	
Precio del producto (\$/Kg)	\$ 5,51
Producción total en el ciclo (kg)	3240,00
Ganancia bruta (\$)	\$ 17.857,44
Ganancia total (\$)	\$ 28.955,61

Ganancia neta	
Ganancia bruta total	\$ 28.955,61
Costo operación	\$ (11.787,93)
Imprevistos (5%)	\$ (589,40)
Impuestos (10%)	\$ (1.414,55)
Ganancia neta año	\$ 15.163,74
Ganancia neta mensual	\$ 1.263,64
Relación Beneficio/Costo	1,02

Fuente: Autor.

Similar al tratamiento T2, los mayores costos de la misma son la adquisición de los tanques piscícolas (42%) y la construcción del invernadero (45%). Los insumos y materiales (45%) son el mayor rubro dentro de los costos de producción del proyecto.

Una ganancia neta mensual de 1.263,64 \$ y una ganancia anual de \$ 15.163,74, posicionan T1 como un tratamiento más rentable aún que T2. La razón de esto es que, si bien T1 y T2 poseen el mismo número de plantas (10.000), el peso promedio de los frutos de T1 (12,20 g) y su porcentaje de plantas en producción (59%) es mayor en comparación a T2 (10,60 g y 55%).

Si bien esto no es una gran diferencia, a gran escala genera diferencias considerables, siendo así que en un año T1 genera 5.044,62 Kg de fresas, mientras que T2 genera 3.769,60 Kg solamente, es decir, lo que representa una ganancia anual de 11.098,17 \$ para T1 y únicamente 8.293,11 \$ para T2.

Finalmente, el número de tilapias de T1 (5.000) es mayor que los utilizados en el tratamiento T2 (4.000) lo que favorece a la ganancia bruta total, puesto que los ingresos provenientes de la venta de tilapia en T1 (17.857,44 \$) y T2 (14.285,95 \$) son su principal fuente de ingresos (62 y 64% respectivamente).

Tabla 18: Amortización del capital inicial del proyecto empleando los datos obtenidos de T1 (relación 1 pez para cada 2 plantas).

CAPITAL	\$ 26.303,29
TASA ANUAL	10,00%
PAGO SEGÚN INGRESO ANUAL (%)	75%

Año	Saldo Inicial	Dividendo	Pago Capital	Pago Intereses	Saldo Final	Ganancia Anual - Amortización	Ganancia Mensual - Amortización
0					\$ 26.303,29		
1	\$ 26.303,29	-\$ 11.372,80	-\$ 8.742,48	-\$ 2.630,33	\$ 17.560,81	\$ 3.790,93	\$ 315,91
2	\$ 17.560,81	-\$ 11.372,80	-\$ 9.616,72	-\$ 1.756,08	\$ 7.944,09	\$ 3.790,93	\$ 315,91
3	\$ 7.944,09	-\$ 11.372,80	-\$ 10.578,40	-\$ 794,41	-\$ 2.634,31	\$ 3.790,93	\$ 315,91
4	-\$ 2.634,31	-\$ 11.372,80	-\$ 11.636,23	\$ 263,43	-\$ 14.270,54	\$ 3.790,93	\$ 315,91

Fuente: Autor.

El capital necesario para iniciar el proyecto según el tratamiento T1 es de \$ 26.303,29, mayor a T2 (\$ 22.901,20); aún pese a ello T2 logra pagar todas sus deudas a finales del tercer año, obteniendo además ingresos libres de deuda.

Además, el propietario del negocio gana un sueldo mensual de \$ 315,91 durante el tiempo en que la deuda es pagada, un valor bastante cercano al salario básico unificado de \$ 340,34 para los trabajadores del campo agropecuario en general (Ministerio de Relaciones Laborales, 2014).

En cuanto a los intereses contraídos por el préstamo, los mismos son pagados al final del cuarto año, sin embargo, es posible usar los ingresos obtenidos a partir del tercer año para pagar los impuestos y liquidar con ello la deuda adquirida.

3.4.2.3 Testigo T0(H) (testigo hidropónico)

Tabla 19: Resultados del Ejercicio económico del primer año para T0(H) (Testigo hidropónico).

T0 (H)		
Número de plantas de fresa:	10.000,00	
Inversión inicial		
	Precio	% Costo
Componente hidropónico	\$ 630,47	10%
Tanques y sistema de bombeo	\$ 4.117,62	65%
Equipo electrónico y materiales	\$ 115,00	2%
Invernadero (108,39 m ²)	\$ 1.324,99	21%
Semillas	\$ 150,00	2%
Total de inversión inicial	\$ 6.338,08	100%
Costos de producción de 10.000 plantas de fresa en el sistema hidropónico		
	Precio	% Costo
Mano de obra	\$ 2.650,43	46%
Insumos y materiales	\$ 1.609,11	28%
Equipo y maquinaria	\$ 717,50	12%
Gastos fijos	\$ 823,46	14%
Total de costos	\$ 5.800,50	100%
Ganancia bruta fresa		
Precio del producto (\$/Kg)	\$ 2,20	
Producción total en el Ciclo (kg)	3.289,61	
Ganancia bruta (\$)	\$ 7.237,15	
Ganancia total (\$)	\$ 7.237,15	
Ganancia neta		
Ganancia total	\$ 7.237,15	
Costo operación	\$ (5.800,50)	
Imprevistos (5%)	\$ (290,03)	
Impuestos (10%)	\$ (696,06)	
Ganancia neta año	\$ 450,56	
Ganancia neta mensual	\$ 37,55	
Relación Beneficio/Costo	0,55	

Fuente: Autor.

El mayor gasto de inversión inicial en el sistema acuapónico es la construcción de tanques y sistema de bombeo (65%), porcentaje aún mayor a la construcción del invernadero (21%) debido a que el tamaño de los tanques es menor puesto que no servirá de medio para el crecimiento de tilapias como en T1 y T2.

La mano de obra es el mayor costo dentro de los costos de producción (46%) seguida de los insumos y materiales (28%). El costo bajo de los insumos fue debido a que en la planificación del proyecto se adquirieron los diversos fertilizantes químicos en grandes cantidades para la elaboración de la solución hidropónica, principal insumo del proyecto, lo que reduce los costos significativamente.

La ganancia bruta generada por la venta de fresas es de 7.237,15 \$ al año, representando esto una ganancia neta de 450,56 \$ al año y 37,55 \$ al mes.

Estas cantidades son inferiores por completo en relación a T1 y T2, pero la razón de lo mismo es el hecho de que este proyecto no genera un doble producto como lo es la tilapia. Además considerando que el tratamiento hidropónico es el tratamiento con el menor peso promedio de los frutos (10,68 g) y menor porcentaje de plantas en producción (49%), el resultado final es inferior a otros tratamientos (3.289,61 Kg).

Tabla 20: Amortización del capital inicial del proyecto según el testigo T0(H) (Hidropónico)

CAPITAL	\$ 12.138,59
TASA ANUAL	10,00%
PAGO SEGÚN INGRESO ANUAL (%)	75%

Años	Saldo Inicial	Dividendo	Pago Capital	Pago Intereses	Saldo Final	Ganancia Anual - Amortización	Ganancia Mensual - Amortización
0					\$ 12.138,59		
1	\$ 12.138,59	-\$ 337,92	\$ 875,94	-\$ 1.213,86	\$ 13.014,52	\$ 112,64	\$ 9,39
2	\$ 13.014,52	-\$ 337,92	\$ 963,53	-\$ 1.301,45	\$ 13.978,05	\$ 112,64	\$ 9,39
3	\$ 13.978,05	-\$ 337,92	\$ 1.059,88	-\$ 1.397,81	\$ 15.037,94	\$ 112,64	\$ 9,39
4	\$ 15.037,94	-\$ 337,92	\$ 1.165,87	-\$ 1.503,79	\$ 16.203,81	\$ 112,64	\$ 9,39
5	\$ 16.203,81	-\$ 337,92	\$ 1.282,46	-\$ 1.620,38	\$ 17.486,27	\$ 112,64	\$ 9,39
6	\$ 17.486,27	-\$ 337,92	\$ 1.410,71	-\$ 1.748,63	\$ 18.896,98	\$ 112,64	\$ 9,39

Fuente: Autor

El proyecto nunca logra su amortización, de hecho, el pago de intereses aumenta año a año, por lo que el proyecto hidropónico con 10.000 plantas de fresa no será rentable ni permitirá recuperar el capital inicial; la razón de esto es que con los parámetros productivos actuales 10.000 plantas no son capaces de generar suficientes ingresos como para poder amortizar el capital inicial o sus intereses.

Otros negocios generan suficientes ganancias como el propuesto por Mantilla (2010) pero la razón es que el producto es dirigido a un mercado exclusivo como lo es Alemania. Esto permite subir el precio a 9,00 dólares por cada Kg de fresa, con la posibilidad de certificarlo como orgánico mediante el uso de agencias certificadoras internacionales, ya que, la “Normativa general para promover y regular la producción Orgánica-Ecológica biológica en el Ecuador” actualmente

no considera a los productos hidropónicos como orgánicos puesto que son cultivados mediante el uso de fertilizantes de origen químico (AGROCALIDAD, 2014).

En todo caso no es recomendable subir el precio final del producto, ya sea hidropónico o acuapónico, pues un precio elevado de venta en alimentos de consumo básico no contribuye a lograr la seguridad alimentaria para el consumidor (FAO, 2008), además que el mercado meta es reducido únicamente a gente con la capacidad de pago y no a quienes tienen la necesidad del producto permitiendo que el público opte por productos sustitutos de menor costo (Bolaños, 2009).

3.4.2.4 Testigo T0(A) (testigo de acuicultura)

Tabla 21: Resultados del ejercicio económico del primer año para T0(A) (Testigo de acuicultura)

T0 (A)

Número de tilapias:	5.000,00
---------------------	----------

Inversión inicial		
	Precio	% Costo
Sistema de circulación de agua	\$ 241,62	2%
Tanques y sistema de bombeo	\$ 5.551,31	44%
Equipo electrónico y materiales	\$ 115,00	1%
Invernadero (479,67 m)	\$ 5.863,42	46%
Alevines	\$ 945,00	7%
Total de inversión inicial	\$ 12.716,35	100%

Costos de producción de 5.000 tilapias en el sistema de acuicultura		
	Precio	% Costo
Mano de obra	\$ 3.206,86	28%
Insumos y materiales	\$ 5.258,78	46%
Equipo y maquinaria	\$ 1.390,77	12%
Gastos fijos	\$ 1.558,32	14%
Total de costos	\$ 11.414,73	100%

Ganancia bruta tilapia	
Precio del producto(Kg)	\$ 5,51
Producción total en el ciclo (kg)	3240,00
Ganancia bruta (\$)	\$ 17.857,44
Ganancia total (\$)	\$ 17.857,44

Ganancia neta	
Ganancia bruta total	\$ 17.857,44
Costo operación	\$ (11.414,73)
Imprevistos (5%)	\$ (570,74)
Impuestos (10%)	\$ (1.369,77)
Ganancia neta año	\$ 4.502,21
Ganancia neta mensual	\$ 375,18
Relación Beneficio/Costo	0,68

Fuente: Autor.

El mayor monto dentro de la inversión inicial es la construcción del invernadero para el proyecto, representando el mismo el 46% del costo de inversión inicial. En todo caso, dependiendo de las condiciones climáticas donde se vaya a ubicar

el proyecto, puede no ser necesario la construcción de un invernadero, siempre y cuando se utilice peces adaptados a la temperatura de la zona.

Referente a los costos de producción, los insumos y materiales representan el 46% de los gastos, siendo este valor elevado principalmente por el balanceado para la alimentación de la tilapia.

Según la Tabla 23 se obtiene una ganancia neta anual de 4.502,21 \$ y una ganancia mensual de 375,18 \$ para el propietario del proyecto, siendo este valor menor al obtenido en T1 (901,06 \$) o T2 (1.263,64 \$).

Tabla 22: Amortización del capital inicial del proyecto según el testigo T0(A) (Testigo de Acuacultura).

CAPITAL	\$ 24.131,07
TASA ANUAL	10,00%
PAGO SEGÚN INGRESO ANUAL (%)	75%

Año	Saldo Inicial	Dividendo	Pago Capital	Pago Intereses	Saldo Final	Ganancia Anual - Amortización	Ganancia Mensual - Amortización
0					\$ 24.131,07		
1	\$ 24.131,07	-\$ 3.376,66	-\$ 963,55	-\$ 2.413,11	\$ 23.167,52	\$ 1.125,55	\$ 93,80
2	\$ 23.167,52	-\$ 3.376,66	-\$ 1.059,91	-\$ 2.316,75	\$ 22.107,62	\$ 1.125,55	\$ 93,80
3	\$ 22.107,62	-\$ 3.376,66	-\$ 1.165,90	-\$ 2.210,76	\$ 20.941,72	\$ 1.125,55	\$ 93,80
4	\$ 20.941,72	-\$ 3.376,66	-\$ 1.282,49	-\$ 2.094,17	\$ 19.659,23	\$ 1.125,55	\$ 93,80
5	\$ 19.659,23	-\$ 3.376,66	-\$ 1.410,74	-\$ 1.965,92	\$ 18.248,50	\$ 1.125,55	\$ 93,80
6	\$ 18.248,50	-\$ 3.376,66	-\$ 1.551,81	-\$ 1.824,85	\$ 16.696,69	\$ 1.125,55	\$ 93,80
7	\$ 16.696,69	-\$ 3.376,66	-\$ 1.706,99	-\$ 1.669,67	\$ 14.989,70	\$ 1.125,55	\$ 93,80
8	\$ 14.989,70	-\$ 3.376,66	-\$ 1.877,69	-\$ 1.498,97	\$ 13.112,01	\$ 1.125,55	\$ 93,80
9	\$ 13.112,01	-\$ 3.376,66	-\$ 2.065,46	-\$ 1.311,20	\$ 11.046,55	\$ 1.125,55	\$ 93,80
10	\$ 11.046,55	-\$ 3.376,66	-\$ 2.272,00	-\$ 1.104,65	\$ 8.774,55	\$ 1.125,55	\$ 93,80
11	\$ 8.774,55	-\$ 3.376,66	-\$ 2.499,20	-\$ 877,45	\$ 6.275,34	\$ 1.125,55	\$ 93,80
12	\$ 6.275,34	-\$ 3.376,66	-\$ 2.749,12	-\$ 627,53	\$ 3.526,22	\$ 1.125,55	\$ 93,80
13	\$ 3.526,22	-\$ 3.376,66	-\$ 3.024,04	-\$ 352,62	\$ 502,18	-\$ 3.001,47	-\$ 250,12
14	\$ 502,18	-\$ 3.376,66	-\$ 3.326,44	-\$ 50,22	-\$ 2.824,26	-\$ 3.376,66	-\$ 281,39
15	-\$ 2.824,26	-3.376,66	-\$ 3.659,08	\$ 282,43	-\$ 6.483,35	-\$ 3.375,97	-\$ 281,33

Fuente: Autor

En cuanto a la amortización de la inversión inicial, se finaliza el pago del saldo en contra y los intereses se terminan de pagar en el año 15 del proyecto. Sin embargo, sin el invernadero el capital inicial sería menor y por lo tanto el pago de la deuda contraída se lograría en el año 7 del proyecto en donde se percibirían ganancias significativas como se puede apreciar en la Tabla 25.

Tabla 23: Amortización del capital inicial del proyecto según el testigo T0(A) (Testigo de Acuacultura). Opción sin la construcción de un invernadero.

CAPITAL	\$ 14.114,32
TASA ANUAL	10,00%
PAGO SEGÚN INGRESO ANUAL (%)	75%

Año	Saldo Inicial	Dividendo	Pago Capital	Pago Intereses	Saldo Final	Ganancia Anual - Amortización	Ganancia Mensual - Amortización
0					\$ 17.876,76		
1	\$ 17.876,76	-\$ 3.719,67	-\$ 1.931,99	-\$ 1.787,68	\$ 15.944,76	\$ 1.239,89	\$ 103,32
2	\$ 15.944,76	-\$ 3.719,67	-\$ 2.125,19	-\$ 1.594,48	\$ 13.819,57	\$ 1.239,89	\$ 103,32
3	\$ 13.819,57	-\$ 3.719,67	-\$ 2.337,71	-\$ 1.381,96	\$ 11.481,86	\$ 1.239,89	\$ 103,32
4	\$ 11.481,86	-\$ 3.719,67	-\$ 2.571,48	-\$ 1.148,19	\$ 8.910,37	\$ 1.239,89	\$ 103,32
5	\$ 8.910,37	-\$ 3.719,67	-\$ 2.828,63	-\$ 891,04	\$ 6.081,74	\$ 1.239,89	\$ 103,32

6	\$ 6.081,74	-\$ 3.719,67	-\$ 3.111,49	-\$ 608,17	\$ 2.970,25	\$ 1.239,89	\$ 103,32
7	\$ 2.970,25	-\$ 3.719,67	-\$ 3.422,64	-\$ 297,02	-\$ 452,40	\$ 1.239,89	\$ 103,32
8	-\$ 452,40	-\$ 3.719,67	-\$ 3.764,91	\$ 45,24	-\$ 4.217,31	\$ 1.239,89	\$ 103,32

Fuente: Autor

La eliminación del invernadero como parte del sistema de cultivo acuapónico corresponde a climas estables, sin vientos o precipitaciones fuertes, por lo que probablemente no podría realizarse en la ciudad de Loja. Además existe todavía el riesgo del ingreso de plagas al sistema si no cuenta con una debida protección, por lo que se requeriría barreras rompe vientos y trampas para insectos para prevenir estas situaciones.

En el sistema de acuicultura la ganancia para su propietario es de 103,32 \$ mensuales durante el periodo de amortización; esta ganancia es menor a T1 (225,27 \$) o T2 (315,91 \$), pero superior a T0(H) (9,39 \$).

CONCLUSIONES

El tratamiento T1 (relación 1 pez por cada 2 plantas) obtuvo los mejores resultados en cuanto a peso promedio de los frutos, porcentaje de plantas en producción, floración, estado inmaduro y fructificación, además de la mayor producción total en términos de peso y los menores índices de mortandad y frutos defectuosos.

Dentro del componente acuícola T1 presentó los mejores resultados en cuanto a peso promedio y producción final de tilapias en relación a los demás tratamientos del proyecto pero no los esperados comercialmente.

Se puede concluir que en los tratamientos con un componente acuícola, según los parámetros de calidad del agua, no representaron ningún inconveniente en la producción de fresa, donde T2 (relación 1 pez por cada 2,5 plantas) presentó los mejores parámetros de calidad del agua para la crianza de tilapia, exceptuando su alcalinidad y pH las cuales fueron óptimas en T1.

Según los resultados obtenidos en la realización de los ejercicios económicos de los diferentes tratamientos, T1 presenta una mayor rentabilidad que el sistema hidropónico, esto debido a que la producción de tilapia constituye una fuente de ingresos mayor a la producción de fresas.

Finalmente T0(H) (testigo hidropónico) presentó los menores resultados entre los tratamientos probablemente debido a inconvenientes presentados con la solución nutritiva y a la sensibilidad que las plantas de fresa poseen ante fluctuaciones en los parámetros de la solución nutritiva.

RECOMENDACIONES

Se debe considerar que los peces se desarrollen hasta un tamaño adecuado en tanques de cría previo a incorporarlos dentro de los sistemas acuapónicos para su respectivo crecimiento y engorde; además, es necesario realizar una medición mensual de los peces en los tanque mediante el muestreo de entre 25 a 30 peces con la finalidad de garantizar un correcto desarrollo de las tilapias durante su crecimiento.

Dentro del proyecto existieron problemas debido a la no medición de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, por ello, se debe considerar como vital al análisis de los niveles de oxígeno disuelto en cualquier sistema acuícola.

Respecto a la rentabilidad del proyecto a gran escala, existen tres elementos que constituyen la mayor inversión y costo en T1: la construcción del invernadero, los tanques y el sistema de bombeo y los insumos y materiales (especialmente el balanceado para tilapia), por lo que la reducción del costo de uno de estos componentes mediante la investigación de alternativas viables podría reducir los costos del proyecto y generar una mayor rentabilidad y estabilidad para el sistema de cultivo.

Pese al uso eficiente de los desechos acuícolas por parte del sistema acuapónico, una problemática persiste y es la dependencia de balanceados comerciales los cuales no permite reducir los costos de precio final del producto; pues si bien, los productos obtenidos son de buena calidad y producidos de una metodología innovadora, su precio al mercado es similar a la competencia, por lo que no ayuda a la generar alimentos de precio accesible en zonas de escasas económicas.

Por ello, la siguiente meta para la acuaponía no sólo es la investigación de nuevas especies para su cría y cultivo, sino la elaboración de fórmulas alimenticias mediante recursos locales o micro ecosistemas acuáticos que provean una alimentación de bajo costo y producible dentro de la misma granja para la alimentación de tilapia y otros peces omnívoros.

Bibliografía

- ABC Digital. (2012). Frutilla. Asunción, Paraguay. Recuperado el 6 de 11 de 2012, de ABC Digital: <http://archivo.abc.com.py/suplementos/rural/articulos.php?pid=238292>
- ABC TV. (2009). *Técnicas de medición y pesaje de peces*. Obtenido de Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=JKCmB_uD8d4
- Acuarios Eli. (2012). *PH, KH y GH ¿que significan ?* Obtenido de Acuarios Eli: <http://www.acuarioseli.com/2012/12/ph-kh-y-gh-que-significan.html>
- Adams, C. R., Bamford, K. M. & Early, M. P. (1989). *Principios de Hortofruticultura*. Zaragoza, España: Editorial Acribia, S.A.
- Agency, California Environmental Protection. (2013). *Folleto Informativo 3.1.3.0: Conductividad Eléctrica/Salinidad*. California, United States: California Environmental Protection Agency. Recuperado el 05 de 09 de 2014, de California Environmental Protection Agency: http://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf
- AGROCALIDAD. (2014). Instructivo de la Normativa general para promover y regular la producción Orgánica-Ecológica biológica en el Ecuador. Quito, Ecuador: AGROCALIDAD. Recuperado el 20 de 06 de 2014, de Agrocalidad: <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/Instructivo%20produccion%20organica-ecologica-biologica%20en%20Ecuador.pdf>
- Agrytect. (2012). Estadísticas y Precios de productos agrícolas en el Ecuador. Ecuador. Recuperado el 3 de 6 de 2012, de Agrytec Agrícola: <http://www.agrytec.com/agricola/>
- Agytec. (2011). *Cultivo de Tilapia*. Recuperado el 24 de 03 de 2014, de Agytec: http://agrytec.com/pecuario/index.php?option=com_content&id=6247:cultivo-de-tilapia
- Alcántara Onofre, S. (2001). Restauración de jardines históricos en México: los jardines flotantes (chinampas) y los jardines formales (Chapultepec). *Seminario Internacional: Los jardines históricos. Aproximación multidisciplinaria* (págs. 1-3). Buenos Aires, Argentina: Unesco - Icomos. Obtenido de ICOMOS: http://www.international.icomos.org/publications/jardines_historicos_buenos_aires_2001/conferencia8.pdf
- Al-Hafedh, Y., Alam, A. & Beltagi, M. S. (2008). Food Production and Water Conservation in a Reciculating Aquaponic System in Saudi Arabia at Different Ratios of Fish Feed to Plants. *Journal of the World Aquaculture Society*, 510-520.
- Andrade, S. A. (2005). La acuicultura. *El Ecologista*. Recuperado el 15 de 06 de 2014, de Ecologistas en acción: <http://www.ecologistasenaccion.org/article14724.html>
- AQUA. (2014). *Why Aquaculture?* Recuperado el 02 de 05 de 2014, de Pacific Aqua: <http://pacificaqua.org/about-aquaculture/>
- Aqua Medic. (2014). *Biobacter®*. Recuperado el 02 de 04 de 2014, de Aqua Medic of North America: <http://www.aqua-medic.com/product/biobacter/>
- Arano, C. R. (2007). Hidroponía en "tiempos modernos" (II). *Horticultura Internacional*, 26-33. Recuperado el 31 de 05 de 2012, de Hidroponía. Las páginas de Carlos R. Arano: http://www.carlos-arano.com.ar/26_33.pdf

- Arano, C. R. (2014). Hidroponía: Conductividad Eléctrica. Buenos Aires, Argentina, Buenos Aires, Argentina. Obtenido de Hidroponía. Las páginas de Carlos R. Arano: <http://www.carlos-arano.com.ar/ce.html>
- Armony Servi S.A. (2013). *Cursos de Acuaponía*. Recuperado el 24 de 03 de 2014, de Olx: <http://guayaquil.olx.com.ec/cursos-de-acuaponia-iid-524353535>
- Azcón Bieto, J. & Talón, M. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Aravaca, España: Mc Graw Hill.
- Baltazar, P. M. & Palomino, A. R. (2008). *Manual de cultivo de Tilapia*. Lima, Perú: FONDEPES. Recuperado el 11 de 05 de 2014, de http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manual_tilapia.pdf
- Barrera, P. & Hernández, J. (2010). *Cultivo de Lechugas en Hidroponía Bajo Invernadero*. Chapingo, México: Universidad Autonoma Chapingo. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/44271841/Lechugas-en-Sistema-Nft>
- Bautista, J. C. & Ruiz, J. M. (2011). Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. *Revista Fuente*, 10-14. Recuperado el 09 de 05 de 2014, de <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/2.pdf>
- Bioalimentar. (2010). *Programa y Guía de alimentación. Balanceado Tilapero*. Recuperado el 09 de 07 de 2012, de Bioalimentar: http://www.bioalimentar.com.ec/avimentos/plan_alimenticio.php?id=8
- Biología y Geología Interactiva. (2011). *La contaminación de ríos y lagos: eutrofización*. Recuperado el 11 de 09 de 2011, de Biología y Geología: http://biologiaygeologia.org/unidadbio/a_ctma/hidrosfera/contaminario.html
- Bofish. (2009). *La Acuaponía en México*. Recuperado el 16 de 07 de 2012, de bofish.org: <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>
- BoFish. (2014). *Sistemas de Acuaponia*. Recuperado el 24 de 03 de 2014, de BoFish: http://www.acuaponia.com/?page_id=848
- Bojórquez, F. (2008). *Parámetros de agua de riego*. Recuperado el 09 de 05 de 2014, de <http://www.hortalizas.com/irrigacion/parametros-de-agua-de-riego/>
- Bolaños, N. (2009). *Mercado Meta Y Segmentacion de Mercado*. Obtenido de SlideShare: <http://es.slideshare.net/BONODG/mercado-meta-y-segmentacion-de-mercado>
- Bonete, J. (2010). *Desarrollo y caracterización de herramientas genómicas en *Fragaria diploide* para la mejora del cultivo de fresa*. Recuperado el 16 de 06 de 2014, de Tesis doctorales en red: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/42009/jbg1de1.pdf?sequence=1>
- C. R., R. (2007). Comparación de Sistema de tres sistemas de Producción de Fresa en Invernadero. *Redalyc*, 17-23.
- Calderón, F. S. (2003). *Fresa Hidropónica*. Bogotá, Colombia. Recuperado el 31 de 09 de 2012, de Dr. Calderón Labs: http://www.drcalderonlabs.com/Cultivos/Fresa/El_Cultivo_Hidroponico_de_Fresa.htm
- Caló, P. (2014). *Cultivos sin Tierra - Parte 4: Acuaponía*. Recuperado el 31 de 03 de 2014, de El Federal: <http://elfederal.com.ar/nota/revista/25147/cultivos-sin-tierra-parte-4-acuaponia>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2010). *Fresa (*Fragaria vesca* L.)*. Recuperado el 10 de 02 de 2014, de Empresario:

- http://www.empresario.com.co/recursos/page_flip/MEGA/mega_fresa/files/ficha%20fresa.pdf
- CFN. (2014). *Matriz de tasas de interés del 01 al 31 julio 2014*. Obtenido de Corporación Financiera Nacional: http://www.cfn.fin.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=1656&Itemid=407
 - Chiqui, F. A. (2010). *Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (Fragaria sp) variedad oso grande, bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacios, Cantón Cuenca*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
 - Cifuentes, J., Torres, M. & Mondragon, M. (1997). *El Océano y sus recursos XI: Acuicultura*. México D.F.: La Ciencia para Todos. Recuperado el 26 de 03 de 2014, de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/090/html/s_ec_7.html
 - Competitividad, S. d. (2011). *La hidroponía tiene su espacio en dos centros comerciales del ahorro*. Recuperado el 24 de 03 de 2014, de Noticias Quito: http://www.noticiasquito.gob.ec/Noticias/news_user_view/la_hidroponia_tiene_su_espacio_en_dos_centros_comerciales_del_ahorro--3648
 - Corazón Verde S.A. (2014). *Hidroponía o cultivos sin suelo*. Recuperado el 02 de 05 de 2014, de Centro Nacional de Jardinería Corazón Verde: <http://www.corazonverdecr.com/es/Hidroponia>
 - Curtis, H. & Barnes, S. N. (2010). *Biología*. Buenos Aires, Argentina: Panamericana.
 - De Long, D. P., Losordo, T. M. & Rakocy, J. E. (2009). *Tank Culture of Tilapia*. St. Thomas, United States: Southern Regional Aquaculture Center. Recuperado el 19 de 06 de 2014, de College for Agriculture Food and Environment: <http://www2.ca.uky.edu/wkrec/tilapiatankculture.pdf>
 - Delfini, A. (2006). *Cultivo de Tilapia en Estanques de Tierra en Ecuador*. Guayaquil, Guayas, Ecuador. Recuperado el 06 de 11 de 2012, de AQUAMAR S.A.: http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ISTA7/Memorias/alfonso_delfini.pdf
 - Despommier, D. (2010). *The Vertical Farm*. Recuperado el 20 de 08 de 2014, de Vertical Farm: <http://www.verticalfarm.com/>
 - Diario El Productor. (2012). *Precios Referenciales*. Ecuador. Recuperado el 06 de 03 de 2012, de El Productor: <http://elproductor.com/>
 - Diario El Universo. (2012). *ONU advierte un 75% de crecimiento en la población urbana*. *El Universo*. Obtenido de <http://www.eluniverso.com/2012/04/05/1/1361/onu-advierte-un-75-crecimiento-poblacion-urbana.html>
 - Diario La Hora. (2012). *Cultivo de la tilapia roja*. Recuperado el 03 de 05 de 2014, de La Hora: http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101386453/-1/Cultivo_de_la_tilapia_roja.html#.U2SGmvl5MrU
 - Díaz, G. (2004). *Hidroponía en casa: Una actividad familiar*. San José, Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería. Recuperado el 07 de 10 de 2014, de Ministerio de Agricultura y Ganadería: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/Hidroponia.pdf
 - Dieta y nutrición. (2014). *Información nutricional de la Fresa*. Recuperado el 27 de 03 de 2014, de Dieta y nutrición: <http://www.dietaynutricion.net/informacion-nutricional-de/fresa/>

- Diver, S. (2000). *Aquaponics-Integration of Hydroponics with Aquaculture*. ATRA-National Sustainable Agriculture Information Service.
- Diver, S. & Renehart, L. (2010). *Aquaponics-Integration of Hydroponics with Aquaculture*. ATRA-National Sustainable Agriculture Information Service.
- Ecología verde. (2013). *Hidroponía, una agricultura más ecológica y sostenible*. Recuperado el 30 de 04 de 2014, de Ecología verde: <http://www.ecologiaverde.com/hidroponia-una-agricultura-mas-ecologica-y-sostenible/>
- Eco-Sitio. (2011). *Amenaza a la seguridad alimentaria según la FAO*. Recuperado el 18 de 11 de 2012, de Eco-Sitio: <http://noticias-ambientales-internacionales.blogspot.com/2011/03/amenaza-la-seguridad-alimentaria-segun.html>
- Espinosa, P. & Espinoza, L. M. (2007). *Hidroponía rústica*. Recuperado el 07 de 10 de 2014, de SAGARPA: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/documents/fichasaapt/hidroponia%20r%C3%BAstica.pdf>
- Fagro. (2007). *Morfología y Fisiología de la Frutilla*. Recuperado el 27 de 03 de 2014, de Fagro: http://www.fagro.edu.uy/~horticultura/CURSO%20HORTICULTURA/FRUTILLA/frutilla_morf_fisiologia.pdf
- FAO. (2004). *Acuicultura: principales conceptos y definiciones*. Recuperado el 26 de 03 de 2014, de FAO: <http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/aquaculture-defs.htm>
- FAO. (2005 a). *Programa de información de especies acuáticas. Tilapia*. Recuperado el 20 de 06 de 2014, de FAO: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/es
- FAO. (2005 b). *Programa de información de especies acuáticas. Trucha*. Roma, Italia: FAO. Recuperado el 20 de 06 de 2014, de FAO: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/es
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma, Italia: FAO. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>
- FAO. (2006). Seguridad alimentaria. *Informe de políticas FAO, 4*. Recuperado el 20 de 08 de 2014, de ftp://ftp.fao.org/es/esa/policybriefs/pb_02_es.pdf
- FAO. (2008). *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo*. Roma, Italia: FAO. Recuperado el 14 de 05 de 2014, de FAO: <http://www.fao.org/3/a-i0291s.pdf>
- FAO. (2010). *Políticas de Seguridad Alimentaria e Inocuidad Alimentaria en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile, Chile: FAO/RLC. Obtenido de Comité veterinario permanente del cono sur: <http://www.cvpconosur.org/wp-content/uploads/2010/08/seguridad-alimentaria-2010.pdf>
- FAO. (2011). *La Seguridad Alimentaria: información para la toma de decisiones: Guía Práctica*. Recuperado el 15 de 05 de 2014, de FAO: <http://www.fao.org/docrep/014/al936s/al936s00.pdf>
- FAO. (2012). *Buscador de Datos*. Recuperado el 10 de 05 de 2012, de FAOStat: http://faostat3.fao.org/home/index.html#VISUALIZE_TOP_20
- FAO. (2014). *El estado mundial de la pesca y acuicultura*. Recuperado el 18 de 06 de 2014, de FAO: <http://www.fao.org/3/7870db4d-2558-4714-9c56-0cf49f010f3e/i3720s.pdf>
- Farran, I. & Mingo-Castel, A. M. (2006). Potato Minituber Production Using Aeroponics: Effect of Plant Density and Harvesting Intervals. *American Journal*

- of *Potato Research*, 47-63. Obtenido de Research Gate: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CEAQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F226629169_Potato_minituber_production_using_aeroponics_Effect_of_plant_density_and_harvesting_intervals%2
- Fat Secret México. (2014). *Base de datos de alimento y contador de calorías: Tilapia (Pez)*. Recuperado el 31 de 03 de 2014, de Fat secret: [http://www.fatsecret.com.mx/calor%C3%ADas-nutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/tilapia-\(pez\)](http://www.fatsecret.com.mx/calor%C3%ADas-nutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/tilapia-(pez))
 - FDA. (2010). *Mercury Levels in Commercial Fish and Shellfish (1990-2010)*. Recuperado el 31 de 03 de 2014, de FDA: <http://www.fda.gov/food/foodborneillnesscontaminants/metals/ucm115644.htm>
 - Fernández, D. (2007). Sistema Hidropónico con tubos de PVC. Colombia. Recuperado el 14 de 02 de 2012, de Todo Hidroponía: <http://todohidroponico.com/2007/06/sistema-hidroponico-con-tubos-de-pvc-faq.html>
 - Foley, J. (2014). *Cinco pasos para alimentar al mundo*. Recuperado el 25 de 04 de 2014, de <http://www.ngenespanol.com/comida/713691/cinco-pasos-alimentar-al-mundo/>
 - Fundación Española de la Nutrición. (2008). *Fresa (Fragaria vesca)*. Recuperado el 03 de 02 de 2013, de FEN Nutrición: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/fresa.pdf>
 - Fundación Hogares Juveniles Campesinos. (2002). Manual Agropecuario. En F. H. Campesinos, *Manual Agropecuario* (págs. 102-103). Bogotá-Colombia: Limerin.
 - García, Á. (2012). Criterios modernos para la evaluación de la calidad del agua para riego. *IPNI*, 27-36. Obtenido de [http://www.ipni.net/publication/ia-la/ahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/\\$FILE/6%20Art.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-la/ahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/$FILE/6%20Art.pdf)
 - García, U., León, C., Hernández, F. & Chávez, R. (2005). Evaluación de un sistema experimental de Acuaponía. *Universidad de Colima-México*.
 - Garza Fernández, H. (1992). *Compendio de métodos para análisis del agua*. Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León. Obtenido de http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1020082556/1020082556_004.pdf
 - Gaspar, T., De la Calle, S. & Ruíz, E. (2010). *Guía Nutricional de la Carne*. Recuperado el 31 de 03 de 2014, de Fedecarne: <http://www.fedecarne.es/ficheros/swf/pdf/guiaNutricion.pdf>
 - Gavilán, M. U. (2004). *Tratado de Cultivo sin Suelo*. Barcelona-España: Mundi-Prensa.
 - Gisanz, J. C. (2007). *Hidroponía*. Montevideo, Uruguay: INIA (Instituto Nacional De Investigación Agropecuaria).
 - Gobierno del Estado de Chihuahua. (2005). Potencial Agroindustrial de Fresa en Chihuahua. Chihuahua, México. Recuperado el 13 de 06 de 2012, de <http://201.131.19.30/estudios/agroindustria/FRESA.pdf>
 - González, R., Romero, O. & Valdivié, M. (2013). Evaluación de la calidad del agua y su influencia en el cultivo de la Tilapia. *Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Granma*. Obtenido de VET-UY: <http://www.vet-uy.com/articulos/piscicultura/050/020/pec020.htm>
 - Gutiérrez, F. & Álvarez, R. (2011). Los Cíclidos (Pisces: Cichlidae) en Colombia: Introducciones, trasplantes y repoblaciones. *Luna Azul*, 153-177.

- Obtenido de Luna Azul:
http://200.21.104.25/lunazul/downloads/Lunazul33_13.pdf
- Hagen. (2003). *Nutrafin Test: Ammonia*. Recuperado el 24 de 03 de 2014, de Nutrafin: http://www.hagen.com/pdf/aquatic/nf-Ammonia_Salt.pdf
 - Hagen. (2003). *Nutrafin Test: Phosphate*. Recuperado el 24 de 03 de 2014, de Nutrafin: <http://www.hagen.com/pdf/aquatic/nf-Phosphate.pdf>
 - Hagen. (2007). *Guía básica de acuarios*. Silla, España: Hagen. Recuperado el 06 de 25 de 2014, de Hagen: <http://www.hagen.com/pdf/aquatic/BasicAquaGuide-SPA.pdf>
 - Hagen. (2008). *Nutrafin Test: Iron*. Obtenido de Nutrafin: <http://usa.hagen.com/File/f541b54c-e548-4b5c-b944-f56ea0074701>
 - Hallam, M. (2012). *How to get started in Aquaponics – Rules-of-Thumb*. Recuperado el 24 de 03 de 2012, de Aquaponics: <http://practicalaquaponics.com/blog/learn-about-aquaponics/how-to-get-started-in-aquaponics-%E2%80%93rules-of-thumb/>
 - Halwart, M. & Modadugu, G. (2006). *Cultivo de Peces en campos de arroz*. Roma, Italia: FAO y Centro Mundial de Pesca. Obtenido de http://books.google.com.ec/books?id=DXTapxhy0l0C&pg=PA3&lpg=PA3&dq=cultivo+de+peces+en+arrozales+historia&source=bl&ots=iv_9-vWjt3&sig=68iGMjJ0CnwxbM_8KS_QlLze6so&hl=es&sa=X&ei=iFmZU9vBJ8GsyAS8xYLoDg&ved=0CCYQ6AEwBA#v=onepage&q=cultivo%20de%20peces%20en%2
 - HANNA. (2007). *Medidor Portátil de Conductividad Eléctrica del Agua HI 993310: Manual de Instrucciones*. Obtenido de http://www.hannainst.es/catalogo/fichas/m_Manual_de_Instrucciones_HI_993310.pdf
 - Hernández, R. S., Fernández, C. C. & Baptista, P. L. (2010). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill.
 - Hudson, N. (1982). *Conservación del Suelo*. Barcelona. España: Reverté. Reimpreso en el 2000.
 - Hudson, N. (1997). *Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía*. Roma, Italia: FAO. Recuperado el 02 de 04 de 2014, de Diseño experimental
 - INAMHI. (2012). *Anuario meteorológico 2009*. Quito, Ecuador: SIGIHM. Recuperado el 29 de 05 de 2014, de Instituto de Meteorología e Hidrología: <http://186.42.174.231/index.php/clima/anuarios-meteorologicos/283-anuario-meteorologico-2009>
 - Infoagro. (2013). *El cultivo de la fresa*. Recuperado el 27 de 03 de 2014, de Infoagro: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/fresas.htm
 - INIAP. (2013). *INIAP presentará las bondades del uso de la aeroponía e hidroponía*. Recuperado el 24 de 03 de 2014, de Ecuador Universitario: <http://ecuadoruniversitario.com/agenda/iniap-presentara-las-bondades-del-uso-de-la-aeroponia-e-hidroponia/>
 - INIAP. (2014). *Venta de semillas y plantas*. Recuperado el 04 de 06 de 2014, de INIAP: http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=47
 - Instituto Nacional de la Pesca. (2014). *Memorias de la Reunión Nacional de Tilapia*. México, México: Instituto Nacional de la Pesca. Recuperado el 20 de 06 de 2014, de Memorias de la Reunión Nacional de Tilapia:

- <http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/1memoriastilapia1.pdf>
- Instituto San Antonio de Padua. (2002). *Cultivo Hidropónico*. Recuperado el 26 de 03 de 2014, de Cultivo Hidropónico: http://www.oni.escuelas.edu.ar/2002/buenos_aires/hidroponia/ventajas_y_de_sventajas.htm
 - Irrigo, A. P. (2010). *Estudio de Viabilidad de un proyecto de producción de lechugas hidropónicas en el sudoeste de la provincia de Córdoba*. Córdoba, España: Universidad Católica de Córdoba. Instituto de ciencias de la administración. Obtenido de Producción Académica UCC: <http://tesis.bibdigital.uccor.edu.ar/53/>
 - Iruela Gonzalez, O. (2008). *El crecimiento de los peces del acuario*. Obtenido de http://www.cuba.elacuaria.com/art/dulce/crecimiento_peces.htm
 - Jacobs, C. & Fowler, D. (2010). *The Vertical Farm*. Obtenido de Vertical Farm: <http://www.verticalfarm.com/designs?folder=7e45a31c-07e9-4129-b499-3e92c395eb70>
 - Jara, E. & Suni, M. (1999). Evaluación de soluciones nutritivas para el cultivo hidropónico de "fresa" fragaria x ananassa. *Revista Peruana de Biología*. Obtenido de Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Sistema de Bibliotecas - Biblioteca Central "Pedro Zulen": http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/biologia/v06_n1/eval_solu.htm
 - Jones, S. (2002). Evolution of Acuaponics. *Acuaponics Journal*, 15-17.
 - Leira, P. (2012). *Los Cultivos Hidropónicos: La Agricultura Sostenible*. Recuperado el 01 de 05 de 2014, de Pedro Leira. Actualidad y Gestión Empresarial: <http://pedroleira.com/2012/03/27/los-cultivos-hidroponicos-la-agricultura-sostenible/>
 - Lennard, W. & Leonard, B. (2006). A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. *Springer Science+Business Media*.
 - León, A. (2009). *Proyecto de factibilidad para la creación de una Microempresa dedicada al cultivo de Tilapia (Oreochromis sp) al mercado de los Estados Unidos ubicado en la parroquia El Mindo, cantón San Miguel de los Bandos*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1484/1/CD-2230.pdf>
 - León, G. (2013). *El curioso origen de las frutillas*. Recuperado el 27 de 03 de 2014, de El Efecto Rayleigh: <http://elefectorayleigh.wordpress.com/2013/08/15/el-curioso-origen-de-las-frutillas/>
 - Licata, M. & Macek, M. (2013). *Tabla de contenido nutricional de diversas frutas*. Recuperado el 27 de 03 de 2014, de Zona Diet: <http://www.zonadiet.com/tablas/frutas.htm>
 - Licata, M. & Macek, M. (2014). *Aporte nutricional de las carnes*. Recuperado el 31 de 03 de 2014, de Zona diet: <http://www.zonadiet.com/tablas/carnes.htm>
 - London Strawberry Festival. (2009). *Strawberry Fun Facts*. Recuperado el 20 de 06 de 2014, de London strawberry festival: <http://www.londonstrawberryfestival.com/facts.htm>
 - López, L., Cárdenas, R., Lobit, P., Martínez, O. & Escalante, O. (2005). Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en hidroponía. *Fitotecnia mexicana*, 171-174. Obtenido de Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61028211>

- MAA. (2014). *Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires: Ventajas de la acuicultura*. Obtenido de MAA: http://www.maa.gba.gov.ar/pesca/old/acui_ventajas.php
- MAG. (2007). *Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica: Agrocadena de Fresa*. Recuperado el 03 de 02 de 2013, de MAG: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00070.pdf>
- MAGAP. (2011). *Capacitación: Construcción de Estanques, Cultivo de la Cahama, Cultivo de Tilapia*. Ecuador: Viceministerio de Acuicultura y Pesca.
- Malca, O. (2006). *Seminario de Agronegocios. Lechugas Hidropónicas*. Lima, Perú. Recuperado el 03 de 10 de 2012, de http://www.up.edu.pe/carrera/administracion/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/11lechugh.pdf
- Mantilla Olmedo, P. A. (2010). *Proyecto de factibilidad para la producción y exportación de fresa hidropónica al mercado de Alemania*. Quito, Ecuador: UTL. Obtenido de Reposito digital UTE: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/6361/1/42367_1.pdf
- Martin, J. M. (2012). *Bonares Actual*. Recuperado el 02 de 05 de 2014, de <http://www.bonaresactual.com/la-junta-trabaja-para-ayudar-a-los-freseros-a-optimizar-el-uso-del-agua-de-riego/>
- Martínez, J. L. (2010). Simbolismo y Tecnología de la Chinampa en el México Prehispánico. *Primer Congreso Red de Investigadores Sociales Sobre Agua* (pág. 2). Progreso, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Obtenido de Red de Investigadores Sociales Sobre Agua: http://redissa.hostei.com/rissa/Mtz_Ruiz.pdf
- Masser, M. P., Rakocy, J. & Losordo, T. M. (1992). Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Management of Recirculating Systems. *SRAC*, 1-2. Obtenido de <http://www.extension.iastate.edu/fisheries/publications/SRAC452.pdf>
- Mateus, J. (2009). Acuaponía: Hidroponía y Acuicultura. Sistema Integrado de Producción de Alimentos. *Red de hidroponía, Boletín No 44. Lima-Perú*.
- McGinty, A. & Rakocy, J. (1989). Cage Culture Of Tilapia. *Southern Regional Aquaculture Center*.
- Mercado Modelo. (2005). *Frutilla*. Recuperado el 27 de 03 de 2014, de Mercado Modelo: <http://www4.mercadomodelo.net/documentos/Manual%20de%20Comercializacion/6-Frutilla.pdf>
- Mincetur. (2005). *Perfil del Mercado y Competitividad Exportadora de la Tilapia*. Lima Perú: Mincetur. Recuperado el 31 de 03 de 2014, de Perfil del Mercado y Competitividad Exportadora de la Tilapia: <http://www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/penx/pdfs/Tilapia.pdf>
- Ministerio de Relaciones Laborales. (2014). *Anexo 1: Estructuras ocupacionales y porcentajes de incremento para la remuneración mínima sectorial y tarifas comisión sectorial no. 1 "Agricultura y plantaciones"*. Obtenido de Ministerio de Relaciones Laborales: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBoQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.relacioneslaborales.gob.ec%2Fwp-content%2Fplugins%2Fdownload-monitor%2Fdownload.php%3Fid%3D1530%26force%3D1&ei=BI31U_gl6s2xBO6rguAF&usg=AF

- Mitología Egipcia Blogspot. (2012). *Mitología Egipcia Dioses.blogspot.com/*. Recuperado el 03 de 05 de 2014, de <http://mitologia-egipcia-dioses.blogspot.com/>
- Mundo Tilapia. (2014). *Cronología Historica de la Tilapia*. Recuperado el 30 de 03 de 2014, de Mundo Tilapia: http://mundotilapia.es.tl/Historia_-_History-tilapia.htm
- Muñoz, M. (2014). *Acuaponía Costa Rica*. Recuperado el 31 de 03 de 2014, de <http://acuaponiacr.blogspot.com/2013/05/acuaponia-historia.html>
- Nicovita. (2002). *Manual de Crianza de Tilapia*. Sinaloa. México.
- Nissen M., J. & Hoffmann F., J. E. (1998). Evaluación de cuatro sistemas de manejo hídrico sobre la producción de frutilla (*Fragaria x ananassa D.*) en la zona de Valdivia. *Agro sur*. Obtenido de Revistas Electrónicas UACH: http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88021998000200001&script=sci_arttext
- ONU. (2012). *La población urbana mundial crecerá un 75%*. Recuperado el 20 de 08 de 2014, de Centro de Noticias ONU: <http://www.un.org/spanish/News/story.asp?NewsID=23127#.U3QZefl5MrU>
- ONU. (2013). *La población mundial crecerá en mil millones en la próxima década*. Recuperado el 20 de 08 de 2014, de Centro de Noticias ONU: <http://www.un.org/spanish/News/story.asp?newsID=26703#.U3QWpvl5MrU>
- ONU. (2013). *World Population Prospects The 2012 Revision*. New York, United States: ONU. Obtenido de http://esa.un.org/wpp/Documentation/pdf/WPP2012_%20KEY%20FINDINGS.pdf
- Oña, A. & Romero, L. (2004). *Proyecto de factibilidad para la producción y comercialización de pulpa de fresa congelada en la ciudad de Quito*. Quito, Ecuador: UTE: Facultad de ciencias económicas. Recuperado el 16 de 06 de 2014, de Repositorio digital UTE: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/6394/1/23590_1.pdf
- Otazú, V. (2010). *Manual de producción de semilla de papa de calidad usando aeroponía*. Lima, Perú: Centro Internacional De La Papa (CIP).
- Pérez, J. (2002). Aplicación de Nitrosomonas y Nitrobacter en forma de biopelícula para la nitrificación biológica en reactores de lecho fijo. *Universidad Autónoma de Barcelona*.
- Plaster, E. J. (2005). *La Ciencia del Suelo y su Manejo*. Madrid-España: Thomson.
- Plastigama. (2011). *Tubosistemas para agua a presión biax de PLASTIGAMA. Manual técnico*. Obtenido de <http://mariorubio.com.ec/Portals/0/pdfs/Plastigama/biax/biax%20plastigama.pdf>
- Pobreza Mundial. (2009). *La inseguridad alimentaria en el mundo*. Recuperado el 20 de 08 de 2014, de Pobreza Mundial: <http://www.pobrezamundial.com/la-inseguridad-alimentaria-en-el-mundo/>
- PREDESUR. (2008). *Cultivo y enfermedades de trucha y tilapia se analizaron en PREDESUR*. Recuperado el 01 de 05 de 2014, de SUREGION: <http://suregion.wordpress.com/2008/07/21/cultivo-y-enfermedades-de-trucha-y-tilapia-se-analizaron-en-predesur/>
- Proyectos Peruanos. (2008). *Proyecto de Producción de Tilapia*. Obtenido de Proyectos Peruanos: <http://www.proyectosperuanos.com/tilapias.html>

- Rakocy, J. E. (1988). Hydroponic Lettuce Production in a Recirculating Fish Culture System. *Island Perspectives*, 5-10. Obtenido de University of Florida Digital Collections: <http://ufdc.ufl.edu/CA01300009/00001/5j>
- Rakocy, J. E. (1989). Tank Culture of Tilapia. *SRAC (Southern Regional Aquaculture Center)*.
- Rakocy, J. E., Bailey, D. S. & Shul, C. (2004). Update on Tilapia and Vegetable Production in the UVI Aquaponic System. *University of the Virgin Islands*, 15.
- Rakocy, J. E., Bailey, D. S. & Shult, C. R. (2011). *A Commercial-Scale Aquaponic System Developed at the University of the Virgin Islands*. Kingshill, United States: University of the Virgin Islands. Obtenido de <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCoQFjAA&url=http%3A%2F%2Fag.arizona.edu%2Fazaqua%2Fista%2FISTA9%2FFullPapers%2FRakocy1.doc&ei=WsWrU52ZB8elyASp1YLACQ&usg=AFQjCNHzvSzorRslf-IGODZAcq17QdQBPA&sig2=i2LcN9>
- Rakocy, J. E., Bailey, D. S. & Thoman, E. S. (2004). *Intensive tank culture of tilapia with a suspended bacterial-based, treatment process*. St. Thomas, United States: University of the Virgin Islands, Agricultural Experiment Station. Recuperado el 13 de 11 de 2012, de College of Agriculture and Life Sciences: <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ista6/ista6web/pdf/584.pdf>
- Rakocy, J. E., Shultz, C. & Bail, D. S. (2008). *Aquaponic Production of Tilapia and Basil: Comparing a Batch and Staggered Cropping System*.
- Rakocy, J. & Bailey, D. (2008). *Initial Economic Analyses of Aquaponic Systems*. St. Thomas, United States: University of the Virgin Islands. Obtenido de Aquaponics Global: <http://aquaponicsglobal.com/wp-content/uploads/2012/02/INITIAL-ECONOMIC-ANALYSES-OF-AQUAPONIC-SYSTEMS-Norway-Aquaponics.pdf>
- Ramírez, H. (2011). *Sistemas de producción de fresa de altas densidades*. Montecillo, México: Colegio de Postgraduados. Recuperado el 25 de 08 de 2014, de Colegio de Postgraduados. Biblioteca: http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/506/Ramirez_Gomez_H_MC_Edafologia_2011.pdf?sequence=1
- Rossete, C. e. (2007). Comparación de Sistema de tres sistemas de Producción de Fresa en Invernadero. *Redalyc*, 17-23.
- Rueda, F. (2011). Breve historia de una gran desconocida: La Acuicultura. *Eubacteria*, 1-2. Recuperado el 25 de 03 de 2014, de Eubacteria: <http://www.um.es/eubacteria/acuicultura.pdf>
- Saavedra, G. (2013). La pesca artesanal en las encrucijadas de la modernización. Usos, apropiaciones y conflictos en el borde costero del sur de Chile. *Revista Andaluza de Antropología*, 69-102. Obtenido de Revista Andaluza de Antropología: <http://www.revistaandaluzadeantropologia.org/uploads/raa/n4/saavedra.pdf>
- Saavedra, M. (2006). *Manejo del Cultivo de Tilapia*. Managua, Nicaragua.
- Sánchez, C. (2004). *Hidroponía Paso a Paso. Cultivos sin Tierra*. Lima, Perú: Ediciones Ripalme.
- Santander, F. (2011). *Cultivo de Fresas Hidropónicas*. Obtenido de FIAGRO: http://www.fiagro.org/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=160&limitstart=535
- SERA. (2007). *Cuidados para un acuario natural*. Recuperado el 07 de 07 de 2014, de Tropicarium: <http://www.tropiacuarium.com/downloads/cuidadosparaunacuaronatural.pdf>

- Sigler, W. A. & Bauder, J. (2012). *Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales*. Recuperado el 05 de 09 de 2014, de http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%2012-11-15-SP.pdf
- Slow Food. (2014). *La acuicultura*. Recuperado el 18 de 06 de 2014, de Slow Fish: http://www.slowfood.com/slowfish/pagine/esp/pagina.lasso?-id_pg=44
- State of New South Wales. (2010). Strawberry fertiliser guide. *Primefact*, 1-9. Obtenido de http://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0020/333362/Strawberry-fertiliser-guide.pdf
- Strawberry Plants. (2010). *Strawberry Seeds*. Recuperado el 20 de 06 de 2014, de Strawberry Plants: <http://strawberryplants.org/2010/05/strawberry-seeds/>
- Tecnoficio. (2014). *Sistemas NFT. Producción de Alimentos Hidropónicos*. Obtenido de Tecnoficio: http://www.tecnoficio.com/produccion_de_alimentos/hidroponia_sistemas_NFT.php
- Ten Acre Organics. (2012). *TAO*. Recuperado el 01 de 05 de 2014, de Ten Acre Organics: <http://tenacreorganics.com/learning-from-the-masters-commercial-aquaponics-training-in-florida/>
- Tetra. (2013). *Tetra Test 6 in 1*. Recuperado el 02 de 02 de 2013, de Tetra Fish: http://www.tetrafish.es/tetra/go/7B4FA824079E3BE3B2540904EC663F1D/?seite=5&group_id=470085&group_2_id=34&lang_id=10
- Tilapias del Sur. (2005). *Cultivo de tilapia en estanques rústicos*. Recuperado el 13 de 09 de 2013, de Tilapias del Sur: <http://tilapiasdelsur.com.ar/downloads/Cultivodetilapiaenestanquesrusticos.pdf>
- Toro, F. A. (2011). Uso de antibióticos en la nutrición animal. *Sistemas de Producción Agroecológicos*, 51-64. Recuperado el 18 de 06 de 2014, de *Sistemas Agroecológicos*: <http://www.sistemasagroecologicos.co/art3/CUARTO%20ARTICULO%20FREDDY%20TEC.pdf>
- UNAM, F. d. (2010). Sistema de cultivo hidropónico casero NFT. México. Recuperado el 3 de 01 de 2012, de Youtube: <http://www.youtube.com/watch?v=gynxEGlyTYA>
- Universidad Nacional Agraria La Molina. (2013). *14º Curso práctico internacional de hidroponía*. Recuperado el 05 de 08 de 2013, de Universidad Nacional Agraria La Molina: Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral: http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/Curso_Internacional_2013/
- Universidad Nacional Agraria La Molina. (2013). *Formula de solución nutritiva para cultivo de Fresa*. Lima, Perú: Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Recuperado el 06 de 04 de 2014, de Universidad Nacional Agraria La Molina: <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/Boletin59/Formula%20Fresa%20Cuanca%20Ecuador.pdf>
- Universidad Nacional Agraria La Molina. (2013). *La solución Hidropónica La Molina*. Obtenido de Universidad Nacional Agraria La Molina: Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral: <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/solucion1.htm>

- Velasquez, J. (1964). *Efecto del hierro en el desarrollo de las raíces de las plantas*. Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Obtenido de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=Sx8OAQAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Wikipedia. (2012). Seguridad alimentaria. Recuperado el 18 de 11 de 2012, de Seguridad alimentaria: http://es.wikipedia.org/wiki/Seguridad_alimentaria
- Wikipedia. (2013). *Oreochromis aureus*. Recuperado el 03 de 05 de 2014, de http://es.wikipedia.org/wiki/Oreochromis_aureus
- Wikipedia. (2014). Fresa. Recuperado el 27 de 03 de 2014, de Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Fragaria>
- Yousef S., A.-H., Aftab, A. & Mohamed, S. (2008). Food Production and Water Conservation in a Recirculating Aquaponic System in Saudi Arabia at Different Ratios of Fish Feed to Plants. *Journal of the world aquaculture society*, 510-520.

ANEXOS

ANEXO 1: Temperatura semanal registrada en el proyecto.

Mes	Fechas	Semana	Temperatura					Temperatura Agua			Humedad Relativa (%)					
			°T Max	°T Min	°T 6:00	°T 12:00	°T 18:00	°T 6:00	°T 12:00	°T 18:00	H Max	H Min	H 6:00	H 12:00	H 18:00	
Septiembre	8 sept - 14 sept	1	31,50	14,00	17,00	31,50	18,00									
	15 sept - 21 sept	2	37,62	9,63	15,76	28,24	21,49	17,67						73,80	29,67	97,67
	22 sept - 28 sept	3	34,99	12,70	18,58	28,00	20,12	19,00	21,50	21,00	96,80	26,60	68,00	35,17	71,80	
	29 sept - 5 oct	4	38,29	14,91	15,90	28,66	19,86	21,50	22,65	22,50	99,00	14,50	96,25	34,00	52,15	
Octubre	6 oct - 12 oct	5	33,77	15,03	16,73	27,07	19,30	20,29	21,86	22,71	99,00	28,29	97,67	50,71	72,29	
	13 oct - 19 oct	6	37,47	15,76	18,04	29,90	19,77	22,00	23,71	24,43	99,00	16,57	99,00	42,43	79,29	
	20 oct - 26 oct	7	37,93	16,14	17,52	30,81	20,71	22,80	24,00	24,57	99,00	14,71	95,60	35,43	75,43	
	27 oct - 2 nov	8	33,60	17,51	18,05	29,69	20,92	23,15	24,55	24,60	99,00	19,90	94,55	38,50	75,65	
Noviembre	3 oct - 9 nov	9	37,80	13,85	15,91	31,17	21,14	22,00	25,14	26,71	97,33	10,00	91,43	33,17	57,57	
	10 nov - 16 nov	10	38,50	11,08	50,10	27,18	20,92	22,60	24,71	25,20	99,00	17,60	92,60	40,57	73,20	
	17 nov - 23 nov	11	39,30	15,86	18,70	31,96	20,70	23,20	25,71	25,86	99,00	10,00	72,00	41,29	77,33	
	24 nov - 30 nov	12	37,20	13,64	16,38	34,02	19,86	22,75	24,60	26,00	92,57	12,71	93,00	17,67	61,14	
Diciembre	1 dic - 7 dic	13	32,52	13,72	20,38	27,32	20,30	23,25	24,50	25,00	99,00	18,00	93,50	35,83	72,67	
	8 dic - 14 dic	14	37,41	16,73	18,17	29,78	20,99	23,67	24,67	25,57	99,00	13,71	85,17	42,83	62,17	
	15 dic - 21 dic	15	37,99	17,39	18,82	31,36	21,04	23,50	25,43	25,14	88,00	18,14	83,33	33,57	61,43	
	22 dic - 28 dic	16	35,25	15,57	19,43	25,53	20,53	24,00	26,00	25,83	83,83	10,00	76,00	32,29	58,00	
Enero	29 dic - 4 ene	17	34,82	14,25	17,19	23,88	19,70	22,17	23,50	32,67	92,17	10,85	82,92	45,83	61,92	
	5 ene - 11 ene	18	33,53	15,56	18,15	27,66	19,04	22,75	24,14	35,67	91,43	24,43	87,50	43,29	71,86	
	12 ene - 18 ene	19	30,12	19,18	17,10	24,24	18,95	21,40	22,43	22,57	91,33	34,33	81,17	55,03	65,83	
	19 ene - 25 ene	20	32,34	15,47	16,94	25,99	20,35	21,60	20,00	24,33	93,14	19,83	86,80	45,14	62,33	
PROMEDIO			35,60	14,90	19,24	28,70	20,18	22,07	23,84	25,58	95,42	17,79	86,86	38,55	68,93	

ANEXO 2: Temperatura mensual promedio registrada en el proyecto.

Mes	Fechas	Semanas	Temperatura					Temperatura Agua			Humedad Relativa (%)				
			°T Max	°T Min	°T 6:00	°T 12:00	°T 18:00	°T 6:00	°T 12:00	°T 18:00	H. Max	H. Min	H. 6:00	H. 12:00	H. 18:00
Septiembre	8 Sept.-25 Oct.	1- 4	35,60	12,81	16,81	29,10	19,87	19,39	22,08	21,75	97,90	20,55	79,35	32,94	73,87
Octubre	6 Oct. - 2 Nov.	4 - 8	35,69	16,11	17,58	29,37	20,18	22,06	23,53	24,08	99,00	19,87	96,70	41,77	75,66
Noviembre	3 Nov. 30 Nov.	9 - 12	38,20	13,61	25,27	31,08	20,66	22,64	25,04	25,94	96,98	12,58	87,26	33,17	67,31
Diciembre	1 Dic. - 28 Dic.	13 - 16	35,79	15,85	19,20	28,50	20,72	23,60	25,15	25,39	92,46	14,96	84,50	36,13	63,57
Enero	29 Dic. -25 Ene.	17 - 20	32,70	16,11	17,35	25,44	19,51	21,98	22,52	28,81	92,02	22,36	84,60	47,32	65,49
PROMEDIO			35,60	14,90	19,24	28,70	20,18	21,93	23,66	25,19	95,67	18,06	86,48	38,27	69,18

ANEXO 3: Resultados y validación estadística de la medición de los diferentes parámetros de calidad del agua en los sistemas de cultivo con un componente acuícola

VARIABLES	RESULTADOS			VALIDACIÓN SEGUN ANOVA			
	T2	T1	T0(A)	Valores Óptimos	F obtenida	F crítica	Diferencia Significativa
NH ₄ / NH ₃ (mg/l)	0,03	0,05	0,14	X<0,1	3,86	3,49	SI
σ	0,05	0,10	0,07	min			
CV	1,58	2,00	0,51	min			
NO ₂ (mg/l)	0,50	0,53	1,02	X=0	0,84	3,14	NO
σ	0,60	0,72	2,15	min			
CV	1,21	1,36	2,10	min			
NO ₃ (mg/l)	5,45	8,23	5,71	X<40	1,77	3,14	NO
σ	4,98	6,44	4,95	min			
CV	0,91	0,78	0,87	min			
PO ₃ (mg/l)	2,25	2,43	2,68	X<1	0,29	3,14	NO
σ	1,57	1,81	2,12	min			
CV	0,70	0,75	0,79	min			
pH	7,73	7,55	7,72	X=7	0,60	3,15	NO
σ	0,72	0,27	0,46	min			
CV	0,09	0,04	0,06	min			
Dureza (mg/l)	105,00	90,75	71,05	100<X<110	2,49	3,16	NO
σ	72,79	59,15	25,98	min			
CV	0,69	0,65	0,37	min			
Alcalinidad (mg/l)	85,45	72,86	69,90	X=75	1,16	3,14	NO
σ	28,40	57,00	35,19	min			
CV	0,33	0,78	0,50	min			
TDS (mg/l)	100,73	98,91	65,71	X<100	11,85	3,14	SI
σ	22,62	22,35	36,12	min			
CV	0,22	0,23	0,55	min			
Conductividad (µs/cm)	169,18	161,00	136,05	X= 1700	17,47	3,14	SI
σ	37,40	38,02	38,14	min			
CV	0,22	0,24	0,28	min			

Simbología

Parámetros óptimos

Diferencia significativa

Fuente: Autor.

ANEXO 4: Resultados y validación estadística de la medición de los diferentes parámetros de calidad del agua en el testigo hidropónico

Resultados de la medición de los diferentes parámetros de calidad del agua en T0(H).		
VARIABLES	Resultados	Valores Óptimos
pH	5,79	X=7
σ	0,32	min
CV	0,05	min
Dureza (mg/l)	300,00	100<X<110
σ	0,00	min
CV	0,00	min
Alcalinidad (mg/l)	0,00	X=75
σ	0,00	min
CV	0,00	min
Conductividad (µs/cm)	3.982,40	X= 1700
σ	3.397,60	min
CV	0,85	min

Fuente: Autor.

ANEXO 5: Fotos de la instalación y desarrollo del proyecto



Imagen 55: Construcción de tanque de geomembrana (Autor)



Imagen 56: Terreno original donde se llevó a cabo el proyecto (Autor)



Imagen 57: Diseño final externo del invernadero (Autor)



Imagen 58: Diseño Final Interno del invernadero y fresas en producción (Autor)



Imagen 59: Aclimatación de los alevines previa a la siembra (Autor)



Imagen 60: Alevines liberados en el tanque de geomembrana (Autor)



Imagen 61: Plantas de fresa del sistema hidropónico (Autor)



Imagen 62: Plantas del tratamiento acuapónico 2,5 (Autor)



Imagen 63: Trasplante de plantas muertas (Autor)



Imagen 64: Ataque de araña roja (*Tetranychusurticae*) a las plantas de fresa (autor)



Imagen 65: Fresas del tratamiento aquapónico 2,0 (autor)



Imagen 66: Fresas maduras en el tratamiento 2,0 (Autor)

ANEXO 6: Inversión inicial del proyecto acuapónico a nivel comercial según los datos del tratamiento 2,5.**Construcción Invernadero**

Concepto	Equipo y Maquinaria		
	Cant.	Costo/Unidad	Subtotal
Plástico	1,00	865,33	\$ 865,33
Tubos	1,00	1649,73	\$ 1.649,73
Ferretería	1,00	1198,97	\$ 1.198,97
Construcción	1,00	491,01	\$ 491,01
Total			\$ 4.205,04

Tanques y sistema de bombeo

Concepto	Equipo y Maquinaria				Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil	Depreciación Anual
Tanque piscícola de geomembrana de 750 micras	4,00	Tanque de 67 m3	\$ 451,61	\$ 1.806,46	10	\$ 180,65
Bomba de ariete 60 l/min	2,72	Unidad	\$ 1.400,00	\$ 3.804,35	15	\$ 253,62
Accesorios de los Tanques	50,00	Unidad	\$ 0,30	\$ 15,00	10	\$ 1,50
Tanque de abastecimiento de geomembrana 750 micras	1,00	Tanque de 0,14 m3	\$ 8,32	\$ 8,32	10	\$ 0,83
				\$ 5.634,13		\$ 436,60

Equipo Eléctrico y Materiales

Concepto	Equipo y Maquinaria				Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil (años)	Depreciación Anual
Medidor pH	1,00	unidad	\$ 40,00	\$ 40,00	3	\$ 13,33
Medidor TDS	1,00	unidad	\$ 25,00	\$ 25,00	3	\$ 8,33
Medidor de Conductividad eléctrica	1,00	unidad	\$ 25,00	\$ 25,00	3	\$ 8,33
Balanza Gramera	1,00	unidad	\$ 5,00	\$ 5,00	3	\$ 1,67
Termohigrometro TA328 MARCA KTJ	1,00	unidad	\$ 20,00	\$ 20,00	3	\$ 6,67
				\$ 115,00		\$ 38,33

Componente Hidropónico

Concepto	Equipo y Maquinaria				Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil	Depreciación Anual
Canales de cultivo de Polietileno negro de 200 micras	250,00	Canal de 12 m longitud	\$ 1,75	\$ 437,95	5	\$ 87,59
Manguera de 1 "	55,20	m	\$ 1,65	\$ 91,08	5	\$ 18,22
Manguera de 3/4 "	1,57	m	\$ 1,10	\$ 1,73	5	\$ 0,35
Unión Flex. 3/4	27,60	unidad	\$ 0,27	\$ 7,45	5	\$ 1,49
Teeflex 3/4	48,70	unidad	\$ 0,27	\$ 13,15	5	\$ 2,63
Programador de Tiempo	4,00	unidad	\$ 12,00	\$ 48,00	10	\$ 4,80
Cable Eléctrico Nro. 12	85,06	m	\$ 0,70	\$ 59,54	10	\$ 5,95
Granillo lavado de rio	0,07	m3	\$ 40,00	\$ 2,84	5	\$ 0,57
				\$ 661,75		\$ 121,59

Semillas y alevines

Concepto					Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil	Depreciación Anual
Plantas de Fresas	75,00	Kg	\$ 2,00	\$ 150,00	4	\$ 37,50
Alevines de Tilapia (macho y hembra)	10,80	millar de alevín	\$ 70,00	\$ 756,00	2	\$ 378,00
				\$ 906,00		\$ 415,50

ANEXO 8: Inversión inicial del proyecto acuapónico a nivel comercial según los datos del tratamiento 2,0.**Construcción Invernadero**

Concepto	Equipo y Maquinaria		
	Cant.	Costo/Unidad	Subtotal
Plástico	1,00	865,33	\$ 865,33
Tubos	1,00	1649,73	\$ 1.649,73
Ferretería	1,00	1198,97	\$ 1.198,97
Construcción	1,00	491,01	\$ 491,01
Total			\$ 4.205,04

Tanques y sistema de bombeo

Concepto	Equipo y Maquinaria				Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil	Depreciación Anual
Tanque piscícola de geomembrana de 750 micras	5,00	Tanque de 67 m3	\$ 451,61	\$ 2.258,07	10	\$ 225,81
Bomba de ariete 60 l/min	2,72	Unidad	\$ 1.400,00	\$ 3.804,35	15	\$ 253,62
Accesorios de los Tanques	50,00	Unidad	\$ 0,30	\$ 15,00	10	\$ 1,50
Tanque de abastecimiento de geomembrana 750 micras	1,00	Tanque de 0,14 m3	\$ 8,32	\$ 8,32	10	\$ 0,83
				\$ 6.085,74		\$ 481,76

Equipo Eléctrico y Materiales

Concepto	Equipo y Maquinaria				Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil (años)	Depreciación Anual
Medidor pH	1,00	unidad	\$ 40,00	\$ 40,00	3	\$ 13,33
Medidor TDS	1,00	unidad	\$ 25,00	\$ 25,00	3	\$ 8,33
Medidor de Conductividad eléctrica	1,00	unidad	\$ 25,00	\$ 25,00	3	\$ 8,33
Balanza Gramera	1,00	unidad	\$ 5,00	\$ 5,00	3	\$ 1,67
Termohigrometro TA328 MARCA KTJ	1,00	unidad	\$ 20,00	\$ 20,00	3	\$ 6,67
				\$ 115,00		\$ 38,33

Componente Hidropónico

Concepto	Equipo y Maquinaria				Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil	Depreciación Anual
Canales de cultivo de Polietileno negro de 200 micras	250,00	Canal de 12 m longitud	\$ 1,75	\$ 437,95	5	\$ 87,59
Manguera de 1 "	69,00	m	\$ 1,65	\$ 113,85	5	\$ 22,77
Manguera de 3/4 "	1,71	m	\$ 1,10	\$ 1,88	5	\$ 0,38
Unión Flex. 3/4	34,50	unidad	\$ 0,27	\$ 9,32	5	\$ 1,86
Teeflex 3/4	32,75	unidad	\$ 0,27	\$ 8,84	5	\$ 1,77
Programador de Tiempo	5,00	unidad	\$ 12,00	\$ 60,00	10	\$ 6,00
Cable Eléctrico Nro. 12	92,38	m	\$ 0,70	\$ 64,67	10	\$ 6,47
Granillo lavado de rio	0,07	m3	\$ 40,00	\$ 2,84	5	\$ 0,57
				\$ 699,35		\$ 127,40

Semillas y alevines

Concepto					Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil	Depreciación Anual
Plantas de Fresas	75,00	Kg	\$ 2,00	\$ 150,00	4	\$ 37,50
Alevines de Tilapia (macho y hembra)	13,50	millar de alevín	\$ 70,00	\$ 945,00	2	\$ 472,50
				\$ 1.095,00		\$ 510,00

Cosecha y empaquetado de frutos	48,88	\$ 16,00	\$ 782,14											
Recolección de peces y empaquetado	25,00	\$ 16,00	\$ 400,00											
Venta	39,11	\$ 16,00	\$ 625,71											\$ 625,71
Alimentación Piscícola				Balanceado Primera Etapa	6,38	Saco 40Kg	\$ 42,00	\$ 267,75						\$ 4.937,84
				Balanceado Inicial	27,89	Saco 40Kg	\$ 29,25	\$ 815,71						
				Balanceado Crecimiento	96,85	Saco 20Kg	\$ 12,75	\$ 1.234,84						
				Balanceado Engorde 1	157,73	Saco 20Kg	\$ 12,38	\$ 1.951,85						
				Balanceado Engorde 2	59,10	Saco 20Kg	\$ 11,25	\$ 664,88						
				Quelato de Hierro (6%) Ferriete®	0,03	Saco 10 Kg	\$ 100,00	\$ 2,82						
B. Costos Fijos														
Administración (5%)														\$ 448,69
Reserva (5%)														\$ 448,69
Depreciación de Planta														\$ 434,68
Consumo Eléctrico														\$ 0,00
Técnico														\$ 300,00
COSTO TOTAL (A+B)														\$ 10.605,78

ANEXO 10: Inversión inicial del proyecto hidropónico a nivel comercial.**Construcción Invernadero**

Concepto	Equipo y Maquinaria		
	Cant.	Costo/Unidad	Subtotal
Plástico	1,00	865,33	\$ 865,33
Tubos	1,00	1649,73	\$ 1.649,73
Ferretería	1,00	1198,97	\$ 1.198,97
Construcción	1,00	491,01	\$ 491,01
Total			\$ 4.205,04

Tanques y sistema de bombeo

Concepto	Equipo y Maquinaria				Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil	Depreciación Anual
Tanque de almacenamiento de geomembrana de 750 micras	4,00	Tanque de 5,62 m3	\$ 72,49	\$ 289,96	10	\$ 29,00
Bomba de ariete 60 l/min	2,72	Unidad	\$ 1.400,00	\$ 3.804,35	15	\$ 253,62
Accesorios de los Tanques	50,00	Unidad	\$ 0,30	\$ 15,00	10	\$ 1,50
Tanque de abastecimiento de geomembrana 750 micras	1,00	Tanque de 0,14 m3	\$ 8,32	\$ 8,32	10	\$ 0,83
				\$ 4.117,62		\$ 284,95

Equipo Eléctrico y Materiales

Concepto	Equipo y Maquinaria				Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil (años)	Depreciación Anual
Medidor pH	1,00	unidad	\$ 40,00	\$ 40,00	3	\$ 13,33
Medidor TDS	1,00	unidad	\$ 25,00	\$ 25,00	3	\$ 8,33
Medidor de Conductividad eléctrica	1,00	unidad	\$ 25,00	\$ 25,00	3	\$ 8,33
Balanza Gramera	1,00	unidad	\$ 5,00	\$ 5,00	3	\$ 1,67
Termohigrometro TA328 MARCA KTJ	1,00	unidad	\$ 20,00	\$ 20,00	3	\$ 6,67
				\$ 115,00		\$ 38,33

Componente Hidropónico

Concepto	Equipo y Maquinaria				Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil	Depreciación Anual
Canales de cultivo de Polietileno negro de 200 micras	250,00	Canal de 12 m longitud	\$ 1,75	\$ 437,95	5	\$ 87,59
Manguera de 1 "	55,20	m	\$ 1,65	\$ 91,08	5	\$ 18,22
Manguera de 3/4 "	0,77	m	\$ 1,10	\$ 0,85	5	\$ 0,17
Unión Flex. 3/4	27,60	unidad	\$ 0,27	\$ 7,45	5	\$ 1,49
Teeflex 3/4	48,70	unidad	\$ 0,27	\$ 13,15	5	\$ 2,63
Programador de Tiempo	4,00	unidad	\$ 12,00	\$ 48,00	10	\$ 4,80
Cable Eléctrico Nro. 12	41,64	m	\$ 0,70	\$ 29,15	10	\$ 2,92
Granillo lavado de rio	0,07	m3	\$ 40,00	\$ 2,84	5	\$ 0,57
				\$ 630,47		\$ 118,38

Semillas y alevines

Concepto	Equipo y Maquinaria				Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil	Depreciación Anual
Plantas de Fresas	75,00	Kg	\$ 2,00	\$ 150,00	4	\$ 37,50
				\$ 150,00		\$ 37,50

ANEXO 11: Costos de producción del proyecto hidropónico a nivel comercial.

Costos de Producción

Concepto	Mano de Obra			Insumos y Materiales					Equipo Maquinaria				Total
	#Jornales	Costo unitario	Subtotal	Nombre	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Nombre	Años	Costo/Unidad	Subtotal	
A. Costos Variables													
Instalación del Sistema Hidropónico	14,00	\$ 16,00	\$ 224,00										\$ 224,00
Revisión y Limpieza del Sistema de Riego	1,00	\$ 16,00	\$ 16,00	Agua de riego	83,31	m3	\$ 0,20	\$ 16,66					\$ 32,66
Trasplante	4,00	\$ 16,00	\$ 64,00										\$ 64,00
Manejo del sistema Acuapónico e Hidropónico	45,63	\$ 16,00	\$ 730,00	Agua de riego	646,36	m3	\$ 0,20	\$ 129,27	Dep. Tanques y sistema de bombeo	1,00	\$ 284,95	\$ 284,95	\$ 1.592,41
				Buffer Solution pH 4	0,52	l	\$ 15,00	\$ 7,82	Dep. Componente Hidropónico	1,00	\$ 110,10	\$ 110,10	
				Buffer Solution pH 7	0,52	l	\$ 15,00	\$ 7,82	Dep. Equipos y Materiales	1,00	\$ 284,95	\$ 284,95	
									Dep. Plántulas	1,00	\$ 37,50	\$ 37,50	
Labores Culturales y Podas Fitosanitarias	13,04	\$ 16,00	\$ 208,57										\$ 208,57
MIP	9,78	\$ 16,00	\$ 156,43										\$ 156,43
Cosecha y empaquetado de frutos	39,11	\$ 16,00	\$ 625,71										
Venta	39,11	\$ 16,00	\$ 625,71										\$ 625,71
Fertirriego				Nitrato de Potasio	329,65	Kg	\$ 1,80	\$ 593,36					\$ 1.447,53
				Nitrato de Amonio	32,32	Kg	\$ 1,65	\$ 53,33					

				Superfosfato Triple de Calcio	180,98	Kg	\$ 1,80	\$ 325,77				
				Sulfato de magnesio	206,84	Kg	\$ 1,50	\$ 310,26				
				Micronutrientes (Fertilon Combi)	7,76	Kg	\$ 15,00	\$ 116,35				
				Quelato de Hierro (6%) Ferriete®	0,32	Saco 10 Kg	\$ 150,00	\$ 48,48				
				B. Costos Fijos								
				Administración (5%)								\$ 217,57
				Reserva (5%)								\$ 217,57
				Depreciación de Planta								\$ 88,33
				Consumo Eléctrico								\$ 0,00
				Técnico								\$ 300,00
				COSTO TOTAL (A+B)								\$ 5.174,79

ANEXO 12: Inversión inicial del proyecto de acuicultura a nivel comercial.**Construcción Invernadero**

Concepto	Equipo y Maquinaria		
	Cant.	Costo/Unidad	Subtotal
Plástico	1,00	865,33	\$ 865,33
Tubos	1,00	1649,73	\$ 1.649,73
Ferretería	1,00	1198,97	\$ 1.198,97
Construcción	1,00	491,01	\$ 491,01
Total			\$ 4.205,04

Tanques y sistema de bombeo

Concepto	Equipo y Maquinaria				Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil	Depreciación Anual
Tanque psicola de geomembrana de 750 micras	5,00	Tanque de 67 m3	\$ 451,61	\$ 2.258,07	10	\$ 225,81
Bomba de ariete 60 l/min	2,31	Unidad	\$ 1.400,00	\$ 3.240,74	15	\$ 216,05
Accesorios de los Tanques	50,00	Unidad	\$ 0,30	\$ 15,00	10	\$ 1,50
Tanque de abastecimiento de geomembrana 750 micras	1,00	Tanque de 2 m3	\$ 37,49	\$ 37,49	10	\$ 3,75
				\$ 5.551,31		\$ 447,11

Equipo Eléctrico y Materiales

Concepto	Equipo y Maquinaria				Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil (años)	Depreciación Anual
Medidor pH	1,00	unidad	\$ 40,00	\$ 40,00	3	\$ 13,33
Medidor TDS	1,00	unidad	\$ 25,00	\$ 25,00	3	\$ 8,33
Medidor de Conductividad eléctrica	1,00	unidad	\$ 25,00	\$ 25,00	3	\$ 8,33
Balanza Gramera	1,00	unidad	\$ 5,00	\$ 5,00	3	\$ 1,67

Termohigrometro TA328 MARCA KTJ	1,00	unidad	\$ 20,00	\$ 20,00	3	\$ 6,67
				\$ 115,00		\$ 38,33

Componente Hidropónico

Concepto	Equipo y Maquinaria				Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil	Depreciación Anual
Manguera de 1 "	69,00	m	\$ 1,65	\$ 113,85	5	\$ 22,77
Manguera de 3/4 "	1,62	m	\$ 1,10	\$ 1,78	5	\$ 0,36
Unión Flex. 3/4	34,50	unidad	\$ 0,27	\$ 9,32	5	\$ 1,86
Programador de Tiempo	5,00	unidad	\$ 12,00	\$ 60,00	10	\$ 6,00
Cable Eléctrico Nro. 12	87,61	m	\$ 0,70	\$ 61,32	10	\$ 6,13
				\$ 241,62		\$ 36,19

Semillas y alevines

Concepto					Depreciaciones	
	Cant.	Unidad	Costo/Unidad	Subtotal	Vida Útil	Depreciación Anual
Alevines de Tilapia (macho y hembra)	13,50	millar de alevin	\$ 70,00	\$ 945,00	2	\$ 472,50
				\$ 906,00		\$ 415,50

MIP	9,78	\$ 16,00	\$ 156,43																	\$ 156,43	
Cosecha y empaquetado de frutos	48,88	\$ 16,00	\$ 782,14																		
Recolección de peces y empaquetado	25,00	\$ 16,00	\$ 400,00																		
Venta	39,11	\$ 16,00	\$ 625,71																		\$ 625,71
Alimentación Piscícola				Balanceado Primera Etapa	6,38	Saco 40Kg	\$ 42,00	\$ 267,75													\$ 4.936,62
				Balanceado Inicial	27,89	Saco 40Kg	\$ 29,25	\$ 815,71													
				Balanceado Crecimiento	96,85	Saco 20Kg	\$ 12,75	\$ 1.234,84													
				Balanceado Engorde 1	157,73	Saco 20Kg	\$ 12,38	\$ 1.951,85													
				Balanceado Engorde 2	59,10	Saco 20Kg	\$ 11,25	\$ 664,88													
				Quelato de Hierro (6%)	0,02	Saco 10 Kg	\$ 100,00	\$ 1,60													
B. Costos Fijos																					
Administración (5%)																					\$ 433,71
Reserva (5%)																					\$ 433,71
Depreciación de Planta																					\$ 390,89
Consumo Eléctrico																					\$ 0,00
Técnico																					\$ 300,00
COSTO TOTAL (A+B)																					\$ 10.232,58