

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE *Cyprinus carpio* Y *Australoheros facetus* EN
SISTEMAS ACUAPÓNICOS CON *Nasturtium officinale* Y *Mentha spp.* Y
COMPARACIÓN CON LA PRODUCCIÓN EN SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN DEL
AGUA**

Por

**Br. Nicolás Martin LÓPEZ FERNÁNDEZ
Br. Emiliano CHACÓN URRUELA**

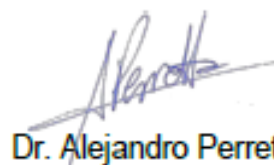
**TESIS DE GRADO presentada como uno de
los requisitos para obtener el título de Doctor
en Ciencias Veterinarias**

MODALIDAD: Trabajo experimental

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2023**

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:



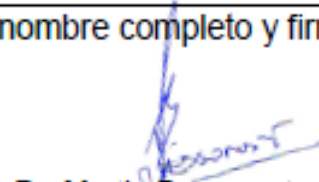
Dr. Alejandro Perretta
nombre completo y firma

Segundo miembro (Tutor):



Dr. Daniel Carnevia
nombre completo y firma

Tercer miembro:

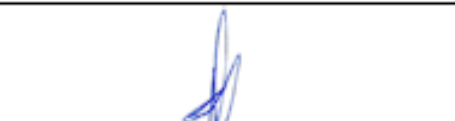


Dr. Martin Bessonart
nombre completo y firma

Fecha:

19/12/2023

Autores:



López Fernández Nicolás Martín
nombre completo y firma



Chacón Urruela Emiliano
nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

-Queremos agradecer en primer lugar a nuestras familias, especialmente a aquellos que nos acompañaron parte del camino y ya no están con nosotros.

-A nuestras parejas Andrea Fonseca y Annie Arrillaga, que nos acompañaron y apoyaron durante toda la carrera y especialmente durante este proyecto.

-A nuestro tutor el Dr. Daniel Carnevia, por su disposición y apoyo durante toda la tesis.

-A la unidad de Patología, Biología y Cultivo de Organismos Acuáticos (PaBCOA) principalmente a la Dra. Maite Letamendía, Dr. Alejandro Perretta y Dr. Ignacio Quartiani.

- Al docente Ing. Santiago Monteverde que nos ayudó con apoyo técnico y con el protocolo de secado de las plantas.

- Al personal de servicio del ex Instituto de Investigaciones Pesqueras.

-Queremos destacar a alguien especial, que lamentablemente ya no está con nosotros físicamente, Heber Da Costa personal de seguridad de facultad que estuvo día a día para darnos una mano; brindando herramientas y soluciones para problemas que nos surgieron durante el trabajo experimental, y que siempre nos sacaba una sonrisa.

-Al personal de Biblioteca de Facultad de Veterinaria por la paciencia y colaboración en la búsqueda de material bibliográfico y las correcciones realizadas.

TABLA DE CONTENIDOS

PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABLAS.....	11
RESUMEN	15
SUMMARY	16
ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN.....	17
Antecedentes	17
Sistemas de acuaponia.....	17
Especies de animales y plantas utilizados en sistemas de acuaponia	21
<i>Cyprinus carpio</i>	21
.....	22
<i>Australoheros facetus</i>	22
<i>Nasturtium officinale</i>	23
<i>Mentha spp.</i>	24
Fundamentación.....	25
HIPÓTESIS	27
OBJETIVO GENERAL.....	28
OBJETIVOS ESPECIFICOS	29
MATERIALES Y MÉTODOS	30
Análisis estadístico:	37
RESULTADOS.....	39
Crecimiento de los peces en longitud (cm):	39
Crecimiento de los peces en peso (g):	42
Análisis estadístico del crecimiento de los peces:	45
Resultados estadísticos al finalizar la experiencia con respecto al crecimiento en longitud (cm) - Carpas (<i>C. carpio</i>).	45
Resultados estadísticos al finalizar la experiencia con respecto al crecimiento en longitud (cm) - Castañetas (<i>A. facetus</i>).	46
Resultados estadísticos al finalizar la experiencia con respecto al crecimiento en longitud (cm) sin Outliers - Carpas (<i>C. carpio</i>).	47
Resultados estadísticos al finalizar la experiencia con respecto a la ganancia de peso (g) - Carpas (<i>C. carpio</i>).	48
Resultados estadísticos al finalizar la experiencia con respecto a la ganancia de peso (g) - Castañetas (<i>A. facetus</i>).	49

Resultados estadísticos al finalizar la experiencia con respecto a la ganancia de peso (g) sin Outliers - Carpas (<i>C. carpio</i>).	49
Tasa de alimentación e índice de conversión:.....	52
Índice de conversión de los peces:	53
Supervivencia de los peces:	55
Análisis estadístico de la supervivencia de los peces:	55
Resultados estadísticos de la supervivencia - Carpas (<i>C. carpio</i>).	55
Resultados estadísticos de la supervivencia - Castañetas (<i>A. facetus</i>).	56
En resumen, con respecto a la producción de carpas (<i>Cyprinus carpio</i>) obtuvimos:	56
Observaciones:	59
Producción de plantas de los sistemas acuapónicos:	60
Posibles ganancias derivadas de la producción de las plantas:	63
Parámetros del agua de los distintos sistemas a lo largo de todo el ensayo:	67
Análisis estadístico de los parámetros del agua:	69
Comparación Estadística de las temperaturas (°C) de los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	69
Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)	69
Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)	71
Comparación Estadística de la concentración de Amoniac/Amonio (NH ₃ /NH ₄) (mg/l) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	73
Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)	73
Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)	73
Comparación Estadística de la concentración de Nitritos (NO ₂) (mg/l) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	74
Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)	74
Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)	78
Comparación Estadística de la concentración de Nitrato (NO ₃) (mg/l) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	80
Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)	80
Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)	82
Comparación Estadística de la Dureza General o Total (GH) (°d) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	84
Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)	84
Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)	84
Comparación Estadística de la Dureza temporal (KH) (°d) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	85
Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)	85
Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)	87

Comparación estadística del pH entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	89
Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)	89
Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).....	91
Resumen de todo lo observado en relación a los parámetros del agua.	98
Temperatura (°C):	98
Amoniaco/Amonio (NH ₃ /NH ₄):	99
Nitritos (NO ₂):	100
Nitratos (NO ₃):.....	101
Dureza general o total (GH):	103
Dureza temporal (KH):	103
pH:	104
Cloro (Cl ₂):	105
DISCUSIÓN:	106
Crecimiento de Carpas	106
Crecimiento de Castañetas.....	107
Índice de conversión	107
Sobrevivencia	109
Producción de vegetales.....	110
Calidad de agua.....	112
CONCLUSIONES:.....	114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
ANEXO.....	120
Tablas de la formación de grupos y siembra de los peces:	120
Comparación estadística de los diferentes sistemas al comenzar la experiencia:	121
Comparación entre Sistemas Acuapónicos y Sistema con Filtro Biológico con relación a la Longitud (cm):	121
Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)	121
Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).....	123
Comparación entre Sistemas Acuapónicos y Sistema con Filtro Biológico con relación al Peso (g):	125
Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)	125
Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).....	127
Comparación estadística de los diferentes sistemas al finalizar la experiencia:	157
Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB) Longitud (cm) - <i>Cyprinus carpio</i>	157
Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) Longitud (cm) - <i>Cyprinus carpio</i>	159

Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB) sin Outliers Longitud (cm) - <i>Cyprinus carpio</i>	162
Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB) Longitud (cm) - <i>Australoheros facetus</i>	164
Prueba-F en la tabla ANOVA para determinar si hay diferencias significativas entre las medias de Tanque 3 (A/M), Tanque 4 (A/N) & Tanque 6 (A/FB).	165
Comparación entre sistemas en base al peso (g) de los peces:	167
Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB) ganancia de peso (g) - <i>Cyprinus carpio</i>	167
Comparación entre Sistemas Acuapónicos :	169
Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) ganancia de peso (g) - <i>Cyprinus carpio</i>	169
Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB) sin Outliers ganancia de peso (g) - <i>Cyprinus carpio</i>	172
Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB) ganancia de peso (g) - <i>Australoheros facetus</i>	174
Comparación Estadística de las temperaturas (°C) de los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	176
Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)	176
Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)	177
Comparación Estadística de la concentración de Nitritos (NO ₂) (mg/l) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	178
Comparación de Varias Muestras - Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)	178
Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)	179
Comparación Estadística de la concentración de Nitrato (NO ₃) (mg/l) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	181
Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)	181
Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)	183
Comparación Estadística de la Dureza temporal (KH) (°d) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	184
Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)	184
Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)	185
Comparación estadística del pH entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	186
Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)	186
Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)	187

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo del nitrógeno.	18
Figura 2. Sistema básico acuapónico.	19
Figura 3. <i>Cyprinus carpio</i> ; Foto tomada en el ex instituto de investigaciones pesqueras. .	21
Figura 4. <i>Australoheros facetus</i> ; Foto tomada en el ex Instituto de Investigaciones Pesqueras.	22
Figura 5. <i>Nasturtium officinale</i> ; Foto tomada de un brote durante el ensayo.	23
Figura 6. <i>Mentha spp</i> ; Foto tomada de brotes del ensayo	24
Figura 7. Tanques de dolmenit de 500l.	30
Figura 8. Bombas de agua; Foto tomada durante el armado del sistema de bombeo de agua.	30
Figura 9. Nuestro sistema acuapónico.	30
Figura 10. Instalación de cajones con canto rodado que servirán de filtro biológico y cama para los cultivos.....	31
Figura 11. Siembra de peces; Aclimatización previa a la siembra de peces en los tanques del ensayo.	31
Figura 12. Balanza de precisión e ictiómetro utilizado para realizar los muestreo de peces.	32
Figura 13. Test reactivos y tirillas utilizadas para tomar parámetros del agua (Estas últimas las conseguimos sobre la segunda mitad del ensayo).....	33
Figura 14. Tallos de <i>Mentha spp</i> (Izquierda) y de <i>Nasturtium officinale</i> (Derecha) recién sembrados en los sistemas acuapónicos.	34
Figura 15. Podas frescas de <i>Mentha spp</i> (Izquierda) y <i>Nasturtium officinale</i> (Derecha) ..	34
Figura 16. Pesado de podas frescas de <i>Mentha spp</i> (Izquierda) y de <i>Nasturtium officinale</i> (Derecha).	35
Figura 17. Horno V.I.P. Imperial II con podas ya secas de los cuatros sistemas acuapónicos.	35
Figura 18. Podas secas de <i>Mentha spp</i> (Izquierda) y de <i>Nasturtium officinale</i> (Derecha).36	
Figura 19. Pesado de podas secas de <i>Mentha spp</i> (Izquierda) y <i>Nasturtium officinale</i> (Derecha).	36
Figura 20. Toma de longitud (cm) con ictiómetro de <i>Cyprinus carpio</i> (Izquierda) y de <i>Australoheros facetus</i> (derecha).....	39
Figura 21. Gráfica de crecimiento promedio de C. carpio en longitud.	40
Figura 22. Gráfica crecimiento promedio de A. facetus en longitud.	41
Figura 23. Toma de peso (g) con balanza de precisión de <i>Cyprinus carpio</i> (izquierda) y <i>Australoheros facetus</i> (Derecha).	42
Figura 24. Gráfica de promedio de ganancia de peso de C. carpio.	43
Figura 25. Gráfica de Promedio de ganancia de peso de A. facetus.	44

Figura 26. Gráfica Caja y Bigotes	50
Figura 27. Gráfica Ración (g) administrada por día período a periodo.....	52
Figura 28. Gráfica de Índice de conversión alimenticia por sistema.	53
Figura 29. Realización de podas de <i>Mentha spp</i> y <i>Nasturtium officinale</i>	60
Figura 30. Gráfica de producción de vegetales a lo largo del ensayo.	61
Figura 31. Gráfica de la Temperatura (°C) de los sistemas con <i>C. carpio</i> a lo largo del ensayo.....	69
Figura 32. Gráfica Medias y 95 % de fisher LSD.	70
Figura 33. Gráfica de Temperatura (°C) de los sistemas con <i>A. facetus</i> a lo largo del ensayo.....	71
Figura 34. Gráfica de Medias y 95 % de fisher LSD.	72
Figura 35. Gráfica de la concentración de Nitritos de los sistemas con <i>C. carpio</i> a lo largo del ensayo.....	74
Figura 36. Gráfica de Medias y 95% de Fisher LSD.	75
Figura 37. Gráfica de la concentración de Nitritos de los sistemas con <i>A. facetus</i> a lo largo del ensayo.....	78
Figura 38. Gráfica de la concentración de Nitratos de los sistemas con <i>C. carpio</i> a lo largo del ensayo.....	80
Figura 39. Gráfica de Medianas.	81
Figuras 40. Gráfica de Nitratos de los sistemas con <i>A. facetus</i> a lo largo del ensayo.....	82
Figura 41. Gráfica de Medias y 95 % de fisher LSD	83
Figura 42. Gráfica de Dureza temporal de los sistemas con <i>C. carpio</i> a lo largo del ensayo.....	85
Figura 43. Gráfica Media y 95,0 % de Fisher LSD.	86
Figura 44. Gráfica de la Dureza temporal (KH) de los sistemas con <i>A. facetus</i> a lo largo del ensayo.....	87
Figura 45. Gráfica de Medias y 95,0 % de Fisher LSD.	88
Figura 46. Gráfica del pH de los sistemas con <i>C. carpio</i> a lo largo del ensayo.....	89
Figura 47. Gráfica de Medias y 95% de Fisher LSD.	90
Figura 48. Gráfica de valor de pH de los sistemas con <i>A. facetus</i> a lo largo del ensayo..	91
Figura 49. Gráfico de Medias y 95,0 % de Fisher LSD.	92
Figura 50. <i>Nasturtium officinale</i> atacado por las hormigas cortadoras.....	110
Figura 51. Maya para proteger los cultivos de los ataques de aves.....	110
Figura 52. Gráfico de Medias y 95,0 % de Fisher LSD.	122
Figura 53. Gráfica de Caja y Bigotes.	122
Figura 54. Gráfica de medias y 95,0% de fisher LSD	124
Figura 55. Gráfica de cajas y bigotes	124
Figura 56. Gráfica de Medianas con intervalos del 95% de confianza.	126
Figura 57. Grafico Cajas y bigotes.....	126

Figura 58. Gráfica de Medias y 95,0% de Fisher LSD.	128
Figura 59. Gráfica de Caja y bigotes.	129
Figura 60. Gráfica Gráfico de Medianas con intervalo de confianza del 95%	158
Figura 61. Gráfica. Caja y Bigotes.	159
Figura 62. Gráfica de Densidades Suavizadas.	160
Figura 63. Gráfica Caja y Bigotes.	161
Figura 64. Gráfica Caja y Bigotes.	163
Figura 65. Gráfica de Medias y 95,0 % de Fisher LSD.	164
Figura 66. Gráfica Medias y 95,0% de Fisher LSD	166
Figura 67. Gráfica Cajas y bigotes.....	166
Figura 68. Gráfica de Medianas con intervalos del 95% de confianza.	168
Figura 69. Gráfica de Caja y Bigotes.	169
Figura 70. Gráfica de Densidades Suavizadas.	170
Figura 71: Gráfica de Cuantiles.	172
Figura 72. Gráfica de Medianas con intervalos del 95,0% de Confianza.	173
Figura 73. Gráfica de Medias y 95,0% de Fisher LSD.	174
Figura 74. Gráfica de Cajas y Bigotes.	176
Figura 75. Gráfica de Caja y Bigotes.	181

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Cyprinus carpio</i> con sus tanques y características correspondientes.	31
Tabla 2. <i>Australoheros facetus</i> con sus tanques y características correspondientes.	31
Tabla 3. Siembra de plantas en sus tanques correspondientes.	33
Tabla 4: Longitud promedio de los peces en cada tanque.	39
Tabla 5. Promedio de crecimiento en longitud (cm) de los peces.	40
Tabla 6. Peso en gramos promedio de los peces en cada tanque.	42
Tabla 7. Promedio de ganancia de peso en (g) de los peces.	43
Tabla 8. Resultados estadísticos de longitud al finalizar la experiencia.	45
Tabla 9. Prueba de múltiples rangos y resultados estadísticos.	46
Tabla 10. Resultados estadísticos de longitud al finalizar la experiencia sin outliers.	47
Tabla 11. Prueba de múltiples rangos.	47
Tabla 12. Resultados estadísticos de pesos en gramos al finalizar la experiencia.	48
Tabla 13. Prueba de múltiples rangos.	49
Tabla 14. Resultados estadísticos de peso en gramos al finalizar la experiencia sin outliers, Tanques 1, Tanque 2 y Tanque 5.	50
Tabla 15. Prueba de múltiples rangos.	51
Tabla 16. Tasas de alimentación.	52
Tabla 17. Índice de conversión alimenticia.	53
Tabla 18. Supervivencia de los peces	55
Tabla 19. Resultados estadísticos de la supervivencia de carpas -	55
Tabla 20. Resultados estadísticos de la supervivencia de las castañetas.	56
Prueba de independencia.	56
Tabla 21. Cosechas de plantas.	61
Tabla 22. Cosechas de plantas y % rendimientos de cada tanque.	62
Tabla 23. Tabla de precios de berro y menta en distintas localidades.	63
Tabla 24. Posibles ganancias por la producción de berro y menta en distintas localidades.	64
Tabla 25. Parámetros del agua Tanque 1 (C/M).	67
Tabla 26. Parámetros del agua Tanque 2 (C/B).	67
Tabla 27. Parámetros del agua Tanque 3 (A/M).	67
Tabla 28. Parámetros del agua Tanque 4 (A/B).	68
Tabla 29. Parámetros del agua Tanque 5 (C/FB).	68
Tabla 30. Parámetros del agua Tanque 6 (A/FB).	68
Tabla 31. Resultados estadísticos de la Temperatura del agua del tanque 1, tanque 2 y tanque 5.	70
Tabla 32. Resultado estadístico parámetros del agua, tanque 3, tanque 4 y tanque 6.	72

Tabla 33. Resultados estadísticos de la concentración de Nitritos (NO ₂) en Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) y Tanque 5 (C/FB).	75
Tabla 34. Tabla de Medias con intervalos de confianza del 95%.	76
Tabla 35. Prueba de múltiples rangos.	76
Tabla 36. Resultados estadísticos de la concentración de Nitritos del agua, en Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) y Tanque 6 (A/FB).	78
Tabla 37. Prueba de múltiples rangos.	79
Tabla 38. Resultado estadísticos de la concentración de Nitratos (NO ₃) en Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB).	81
Tabla 39. Resultados estadísticos de la concentración de Nitratos (NO ₃) Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).	82
Tabla 40. Concentración de Dureza temporal (KH) en el Tanque 1 (C/M), Tanque 2 (C/N) y Tanque 5 (C/FB).	85
Tabla 41. Resultado estadístico de dureza temporal (KH) en Tanque 1 (C/M), Tanque 2 (C/N) y Tanque 5 (C/FB).	86
Tabla 42. Concentración de dureza temporal KH de los Tanque 3 (A/M), Tanque 4 (A/N) y Tanque 6 (A/FB).	87
Tabla 43. Resultado estadístico de dureza temporal (Kh) en los Tanque 3 (A/M), Tanque 4 (A/N) y Tanque 6 (A/FB).	88
Tabla 44. Resultados estadísticos de la concentración de pH en los Tanque 1 (C/M), Tanque 2 (C/N) y Tanque 5 (C/FB).	90
Tabla 45. Resultado estadístico del valor del pH en los Tanque 3 (A/M), Tanque 4 (A/N) y Tanque 6 (A/FB).	91
Tabla 46. Parámetros del agua con relación a las podas en sistemas acuapónicos.	93
Tabla 47. Resumen de análisis estadísticos de los parámetros del agua.	98
Tabla 48. Datos de siembra de peces y sus tanques correspondientes.	120
Tabla 49. Comparación en longitud entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB).	121
Tabla 50. Tabla ANOVA.	121
Tabla 51. Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).	123
Tabla 52. Tabla ANOVA.	123
Tabla 53: Resumen estadístico con relación al peso comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB).	125
Tabla 54: Prueba de Kruskal-Wallis.	125
Tabla 55: Resumen estadísticos Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).	127
Tabla 56: Tabla ANOVA	127
Tabla 57. Muestreo para curva de crecimiento de peces.	130
Tabla 58. Muestreo para curva de crecimiento de peces.	131
Tabla 59. Muestreo para curva de crecimiento de peces.	132

Tabla 60. Muestreo para curva de crecimiento de peces.....	133
Tabla 61. Muestreo para curva de crecimiento de peces.....	134
Tabla 62. Muestreo para curva de crecimiento de peces.....	135
Tabla 63. Muestreo para curva de crecimiento de peces.....	136
Tabla 64. Muestreo para curva de crecimiento de peces.....	137
Tabla 65. Muestreo para curva de crecimiento de peces.....	138
Tabla 66. Muestreo para curva de crecimiento de peces.....	139
Tabla 67. Muestreo para curva de crecimiento de peces.....	140
Tablas 68. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.	141
Tablas 69. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.	142
Tablas 70. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.	143
Tablas 71. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.	144
Tablas 73. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.	146
Tablas 74. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.	147
Tablas 75. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.	148
Tablas 76. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.	149
Tablas 77. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.	150
Tablas 78. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.	151
Tablas 79. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.	152
Tablas 80. Tablas de control de parámetros del agua.	153
Tabla 81. Cosecha de peces.	156
Tabla 82. Resumen estadístico comparación en longitud entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB).....	157
Tabla 83. Prueba de Kruskal-Wallis.....	157
Tabla 84. Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) Longitud (cm) - <i>Cyprinus carpio</i>	159
Tabla 85. Comparaciones de Desviaciones Estándar.	161
Tabla 86. Comparación de longitud entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB) sin Outliers.	162
Tabla 87. ANOVA.....	163
Tabla 88. Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB) Longitud (cm) - <i>Australoheros facetus</i>	164
Tabla 89. ANOVA.....	165
Tabla 90. Tabla de medias con intervalos de confianza del 95%.....	165
Tabla 91. Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB) ganancia de peso (g) - <i>Cyprinus carpio</i>	167
Tabla 92. Prueba de Kruskal-Wallis.....	167
Tabla 93. Comparación Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) ganancia de peso (g) - <i>Cyprinus carpio</i>	169

Tabla 94. Resumen estadístico comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB) sin Outliers ganancia de peso (g) - <i>Cyprinus carpio</i>	172
Tabla 95. Prueba de Kruskal-Wallis.....	173
Tabla 96. Resumen estadístico Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB) ganancia de peso (g) - <i>Australoheros facetus</i>	174
Tabla 97. Prueba-F en la tabla ANOVA para determinar si hay diferencias significativas entre las medias de Tanque 3 (A/M), Tanque 4 (A/N) & Tanque 6 (A/FB).	175
Tabla 98. Tabla de medias con intervalos de confianza del 95%.....	175
Tabla 99. Resumen estadístico de comparación de las temperaturas (°C) de los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	176
Tabla 100. Tabla ANOVA	177
Tabla 101. Comparación estadística de temperatura de los Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).	177
Tabla 102. ANOVA	178
Tabla 103. Comparación Estadística de la concentración de Nitritos (NO ₂) (mg/l) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	178
Tabla 104. Tabla ANOVA	179
Tabla 105. Comparación de concentración de nitritos de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).	179
Tabla 106. Verificación de varianza.....	180
Tabla 107. Prueba de Kruskal- Wallis.....	180
Tabla 108. Comparación Estadística de la concentración de Nitrato (NO ₃) (mg/l) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	181
Tabla 109. Prueba de Kruakal-Wallis.	182
Tabla 110. Comparación de concentraciones de Nitrato (NO ₃) de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).	183
Tabla 111. ANOVA.....	183
Tabla 112. Comparación Estadística de la Dureza temporal (KH) (°d) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.	184
Tabla 113. ANOVA.....	184
Tabla 114. Comparación de concentración de dureza temporal (KH) de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).	185
Tabla 115. Tabla ANOVA.	185
Tabla 116. Comparación estadística del pH entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.....	186
Tabla 117. ANOVA.....	186
Tabla 118. Comparación de concentración de pH de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).....	187
Tabla 119. ANOVA.....	187

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento de *Cyprinus carpio* y *Australoheros facetus* en sistemas acuapónicos con *Nasturtium officinale* y *Mentha spp.*, comparándolo con un sistema de recirculación con filtro biológico. Se sembraron juveniles de ambas especies en seis tanques de 500 L, tres tanques para cada especie. En cada grupo de repeticiones, a dos tanques se le implementó un sistema acuapónico, uno con *N. officinale* y otro con *Mentha spp.*, y el tercer tanque se preparó con un sistema de filtro biológico.

Se evaluó crecimiento en longitud y peso, índice de conversión alimenticia y porcentaje de supervivencia de los peces para cada tratamiento, así como producción de biomasa vegetal de los tratamientos con acuaponia.

Los resultados mostraron que *C. carpio* presentó mayor crecimiento y mejor índice de conversión alimenticia en acuaponia que en el sistema con filtro biológico, siendo superior en el tratamiento con *Mentha spp.*

En el caso de *A. facetus* no hubo diferencias entre los distintos sistemas ni tratamientos. La supervivencia fue buena en todos los casos.

Se obtuvo una adecuada producción de *Mentha. spp* y *N. officinale* en acuaponia.

No se evidenciaron diferencias en la calidad del agua entre sistemas.

En conclusión, la acuaponia mejoró el desempeño productivo de *C. carpio* pero no mostró dichos beneficios para *A. facetus* en el corto plazo evaluado. Los resultados sugieren el potencial de esta tecnología para incrementar los cultivos conjuntos de ciertas especies de peces y vegetales.

SUMMARY

The objective of this work is to evaluate the growth of *Cyprinus carpio* and *Australoheros facetus* in aquaponic systems with *Nasturtium officinale* and *Mentha spp.*, comparing it with a recirculation system with a biological filter. Juveniles of both species were stocked in six 500 L tanks, three tanks for each species. In each set of replicates, two tanks were fitted with an aquaponic system, one with *N. officinale* and the other with *Mentha spp.*, and the third tank was fitted with a biological filter system.

Growth in length and weight, feed conversion ratio and fish survival percentage were evaluated for each treatment, as well as plant biomass production from the aquaponics treatments.

The results showed that *C. carpio* had higher growth and a better feed conversion rate in aquaponics than in the biological filter system, being higher in the treatment with *Mentha spp.*

In the case of *A. facetus* there were no differences between the different systems or treatments. Survival was good in all cases.

An adequate production of *Mentha. spp* and *N. officinale* in aquaponics was obtained.

There were no differences in water quality between systems.

In conclusion, aquaponics improved the productive performance of *C. carpio* but did not show such benefits for *A. facetus* in the short term evaluated. The results suggest the good perspective of this technology to increase co-cultures of certain fish and plant species.

ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN

En la presente investigación comparamos sistemas de acuaponia con sistemas de recirculación con filtro biológico, siendo la presencia de las plantas el factor diferencial entre ambos tipos de sistemas, testamos dos especies de peces y dos especies de vegetales.

Antecedentes

Sistemas de acuaponia

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) la acuaponia es la integración de un sistema de recirculación en acuicultura y la hidroponia en un sistema de producción (Somerville et al., 2014).

Se trata de una tecnología relativamente nueva, que aplica distintos métodos y enfoques. El término acuaponia ha sido definido por el Aquaponics Hub (Cooperation in Science and Technology de Europa) como *“un sistema de producción de organismos acuáticos y plantas en el que la mayoría (> 50 %) de los nutrientes que sostienen el crecimiento óptimo de las plantas se derivan de los desechos que se originan en la alimentación de los organismos acuáticos”* (Goddek, S., Joyce, A., Kotzen. B y Burnell, G, 2019).

Esto implica que el sistema utiliza al menos la mitad de todos los nutrientes proporcionados por los alimentos y desechos de los peces como fertilizante para las plantas (Yep y Zheng, 2019).

En algunos casos, no se complementa con ningún fertilizante, lo cual logra un impacto favorable en la agricultura (Yep y Zheng, 2019).

La hidroponía se define como un conjunto de técnicas que permite el cultivo de vegetales en un medio libre de suelo, con el fin de producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando diversos sitios (Somerville et al., 2014).

La acuicultura es la cría y producción en cautiverio de peces y otras especies de animales y plantas acuáticas en condiciones controladas. Los sistemas de recirculación en acuicultura se definen como métodos de producción acuícola en los cuales el agua se reutiliza para el pescado después de un proceso de limpieza y filtrado. Estos pueden aumentar considerablemente la productividad por unidad de tierra y es la tecnología de ahorro de agua más eficiente en la piscicultura (Somerville et al., 2014).

En una unidad de acuaponia, el agua de los tanques de peces pasa a través de un filtro biológico se procesa los desechos de los peces disueltos en el agua y el alimento no consumido. Este biofiltro proporciona las condiciones necesarias de circulación de agua oxigenada sobre un sustrato poroso para que las bacterias autotróficas o también conocidas como nitrificantes (*Nitrosomas* y *Nitrobacter*) puedan proliferar; Esto quiere decir que el tiempo que le toma a las bacterias colonizar el sustrato y poder cumplir con su función correctamente se denomina maduración del filtro biológico. Esto puede llevar varios días (7 a 21 días dependiendo del inóculo de bacterias). Una vez el filtro ha madurado este podrá transformar el amoníaco que es tóxico para los peces en concentraciones muy bajas (se ha demostrado que puede causar reducción de

crecimiento en peces y daño en tejido branquiales,) en nitritos como producto intermedio que también es tóxico en bajas concentraciones (pudiendo causar la disminución del crecimiento por stress y puede provocar la enfermedad “de la sangre marrón” por la producción de metahemoglobina en sangre) y posteriormente en nitrato que pueden llegar a ser tóxico para los peces pero en concentraciones muy altas, siendo este último un nutriente accesible para las plantas. Este proceso se denomina nitrificación (Shafeena, 2016; Somerville et al., 2014).

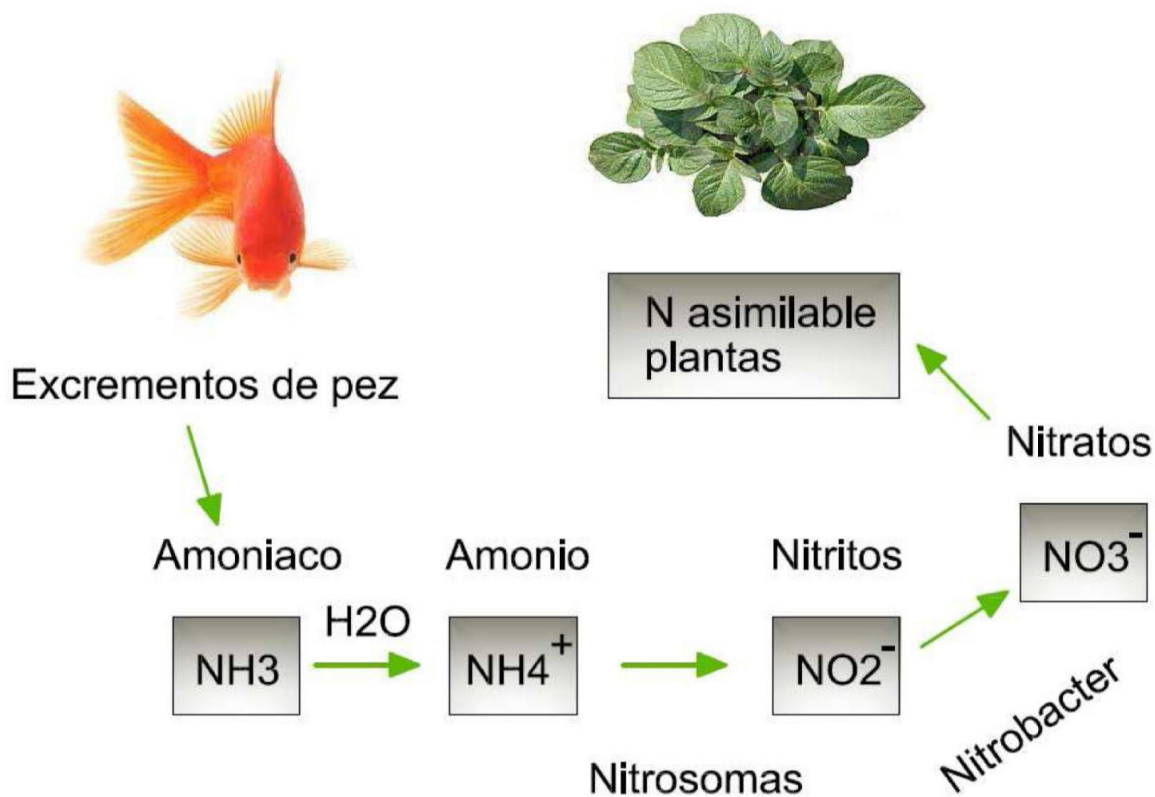


Figura 1. Ciclo del nitrógeno (Carreño, 2020).

Luego el agua es conducida a las camas de cultivo de plantas, este es un contenedor que se encuentra repleto de un material inerte (Canto rodado, esferas de cerámica entre otros), elementos que brindan una serie de beneficios al sistema tales como brindar soporte a las plantas, retener y liberar nutrientes en los sólidos capturados favoreciendo en diferentes grados la mineralización del sistema.

El agua viaja a través de los lechos de cultivo de las plantas, con las sustancias nitrogenadas y otros nutrientes, los cuales son absorbidos por las plantas y por lo tanto retirados del medio acuático mejorando de esta forma la calidad del agua.

Las plantas utilizan las sustancias nitrogenadas, principalmente el Nitrato para crecer y desarrollarse. El N es un elemento químico que constituye uno de los nutrientes más importantes en el crecimiento de las plantas. Se encuentra en las mismas en formas orgánicas e inorgánicas. Las formas inorgánicas son de escasa magnitud, encontrándose en su mayoría como NO_3^- . En la planta la mayor cantidad del N está en forma orgánica. Se considera esencial en el crecimiento del vegetal; constituyendo moléculas como la clorofila, aminoácidos esenciales, enzimas, proteínas, hormonas, trifosfato de adenosina (ATP), entre otros. Asimismo, es fundamental en diversos procesos metabólicos como la utilización de los carbohidratos (Perdomo, Brabazón y Manzoni, s.f.)

En relación a las formas químicas en las que el N es absorbido por las plantas, estas pueden absorberlo como NO_3^- o NH_4^+ . La mayoría de las plantas absorben la mayor parte de su N como NO_3^- ; dado que en la mayor parte de los suelos las condiciones permiten la acción de las bacterias nitrificantes. Asimismo, en determinadas condiciones como anaeróbicas o inmediatamente después de la aplicación de fertilizantes amoniacales, pueden absorber más NH_4^+ que NO_3^- . Conforme avanza el crecimiento la planta absorbe más NO_3^- . En otros casos las plantas pueden absorber N bajo forma de urea. (Perdomo, Brabazón y Manzoni, s.f.)

Como mecanismos de ganancia de nitrógeno se encuentran también la fijación no simbiótica y la fijación simbiótica, el aporte de N por la lluvia, los fertilizantes inorgánicos y abonos orgánicos, el proveniente del proceso de mineralización a partir de restos frescos vegetales y animales. El proceso de absorción de NO_3^- requiere gasto de energía y la presencia de determinadas enzimas, como las NO_3^- – permeasas que catalizan el pasaje de los iones NO_3^- a través de las membranas celulares (Perdomo, Brabazón y Manzoni, s.f.).

Para cerrar el ciclo de la acuaponia el agua vuelve a los peces depurada. Este sistema permite crear un medio ambiente simbiótico; donde peces, plantas y bacterias adquieren la capacidad de prosperar simbióticamente, creando un entorno de crecimiento donde todos se favorecen (siempre y cuando el sistema se encuentre debidamente equilibrado).

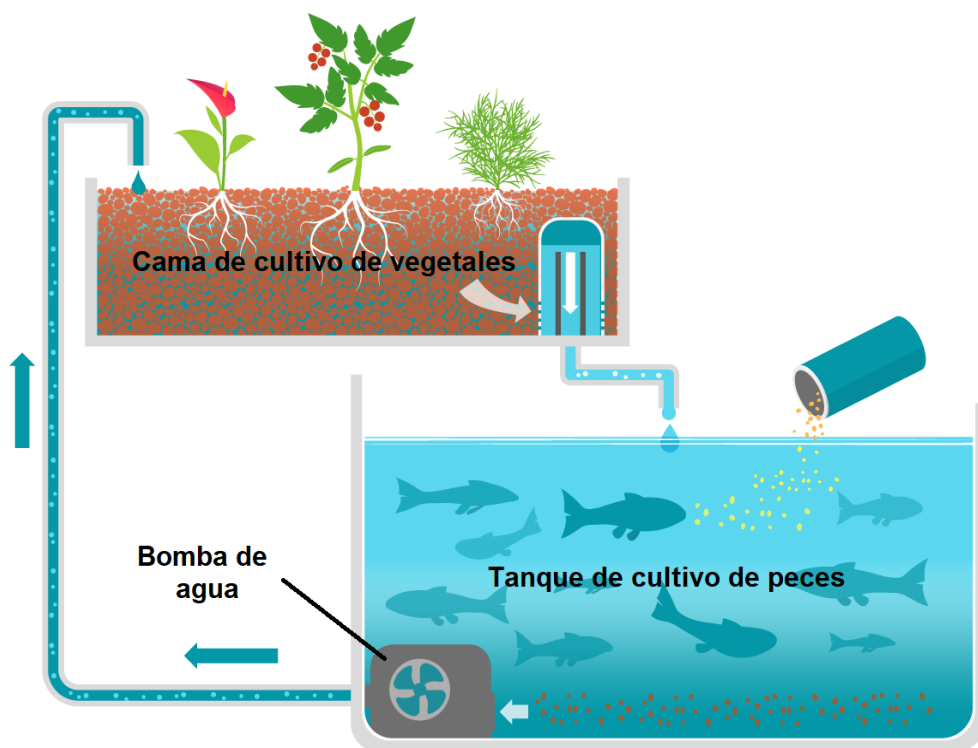


Figura 2. Sistema básico acuapónico. Manomano (s.f)

Como ventajas del sistema acuapónico podemos citar que se encuentran diseñados para criar grandes cantidades de peces y grandes cantidades de vegetales en volúmenes de agua que son relativamente pequeños (Khandaker y Kotzen, 2018; Kyaw y Ng, 2017; Shafeena, 2016; Somerville et al., 2014). Esto se debe a que se trata de producciones intensivas y con recirculación por lo que hay un ahorro importante de agua (Yep y Zheng, 2019).

Se disminuye el impacto ambiental ya que no hay eliminación de agua al exterior, sino que el efluente de la acuicultura se desvía a través de lechos de plantas y vuelve a los peces, suministrando a su vez los nutrientes para las plantas, de una fuente sostenible, rentable y no química. Así se eliminan algunas desventajas que independientemente poseen los funcionamientos de la acuicultura y los sistemas hidropónicos. Sin la biofiltración de las plantas se tendría que hacer recambios parciales, liberando al ambiente agua cargada de metabolitos que pueden ocasionar eutrofización de los ambientes acuáticos (Khandaker y Kotzen, 2018; Kyaw y Ng, 2017; Shafeena, 2016; Somerville et al., 2014).

La acuaponia convierte el flujo de residuos en una activa producción de ambos cultivos promoviendo su sostenibilidad (Goddek et al., 2019); Somerville et al., 2014).

Permite un ahorro de espacio al desarrollar dos producciones en una misma superficie. Es un sistema ideal para optimizar en ambientes controlados en áreas urbanas, como contrapartida de la escasez de tierras aptas para la agricultura (Somerville et al., 2014).

Se destaca que este sistema permite el reciclaje de los recursos de nutrientes; tomando nutrientes disueltos de los alimentos y las heces de los peces y utilizando bacterias, capaces de descomponer la materia orgánica, que transforman el nitrógeno y el fósforo en formas biodisponibles para que las plantas las utilicen. De esta manera también se minimiza o elimina la necesidad de utilizar fertilizantes para las plantas, evitando los costos de su aplicación (Yep y Zheng, 2019).

La ventaja económica de la acuaponia radica en ser capaz de aumentar el valor general tanto de la piscicultura como la hidroponía convencional (Somerville et al., 2014).

Algunas debilidades de este sistema incluyen la dependencia de una fuente de energía para bombeo del agua y la necesidad de que las personas que lo manejen deban formarse en producción de peces y de vegetales (Goddek et al., 2019).

Se ha demostrado que las producciones vegetales y pesqueras de acuaponia presentan resultados comparables con la hidroponía y los sistemas de recirculación de la acuicultura. Asimismo, puede ser más productiva y económicamente viable en determinadas circunstancias, en especial cuando la tierra y el agua son limitados (Love DC., Uhl, M y Genello, L., 2015; Somerville et al., 2014).

Varias investigaciones han evaluado las producciones de peces y vegetales por acuaponia.

Dentro de las especies de plantas más económicas que pueden crecer en los sistemas acuapónicos se encuentran verduras de hoja verde: como la lechuga, la albahaca, espinaca, la menta y el berro (Kyaw y Ng, 2017; Shafeena, 2016; Somerville et al., 2014).

Delaide y col. en 2016 informaron un aumento del crecimiento de la lechuga del 39% en acuaponia en comparación con el tratamiento hidropónico único. Asimismo, el uso del agua de peces acuapónicos ahorró un 62,8% de fertilizante mineral. Esto además de beneficios de producción podría contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de un sitio de producción anual de lechuga, por hectárea en un 72%, debido al ahorro de energía para la producción de fertilizantes (Delaide et al., 2016; Monsees et al., 2019).

Otro estudio realizado por Oladimeji, S y col. en 2020 evaluó el desempeño de un sistema de acuaponia de bagre-calabaza en comparación con sistemas de acuicultura

recirculatorios y estáticos (para desempeño de peces); y sistemas de riego y no riego (para desempeño de calabaza). Los resultados mostraron que la producción de pescado en el sistema de acuaponia fue 29% y 75% más eficiente que los sistemas de acuicultura recirculatoria y estática, respectivamente. La supervivencia de los peces también mejoró significativamente, probablemente debido a la mejor calidad del agua en el sistema de acuaponia. También el rendimiento de la producción de calabaza en el sistema de acuaponia fue aproximadamente cinco veces mayor que el rendimiento en tierras de regadío (Oladimeji et al., 2020).

Especies de animales y plantas utilizados en sistemas de acuaponia

Actualmente los sistemas acuapónicos utilizan diversas especies de peces (Krastsnova et al., 2022). Un estudio realizado en 44 países en 2014 concluyó que las especies de peces más comunes utilizadas fueron tilapias (55%) y peces ornamentales (koi, carpas doradas y peces tropicales) (48%) (Love et al., 2014).

Así mismo se han reportado tilapia (69%), peces ornamentales (43%), bagres (25%), otros animales acuáticos (18%), percas (16%), mojarra azul (15%), trucha (10%) y lubina (7%) (Love DC., Uhl, M y Genello, L., 2015).

Por otra parte, se han descrito muchas especies de plantas que pueden crecer en acuaponia. Las más populares son hierbas y especias para su uso culinario como albahaca, cilantro, cebollino, perejil, menta, lechuga, espinacas, acelga, repollo, berro, así como algunas plantas medicinales (Danner et al., 2019).

Cyprinus carpio

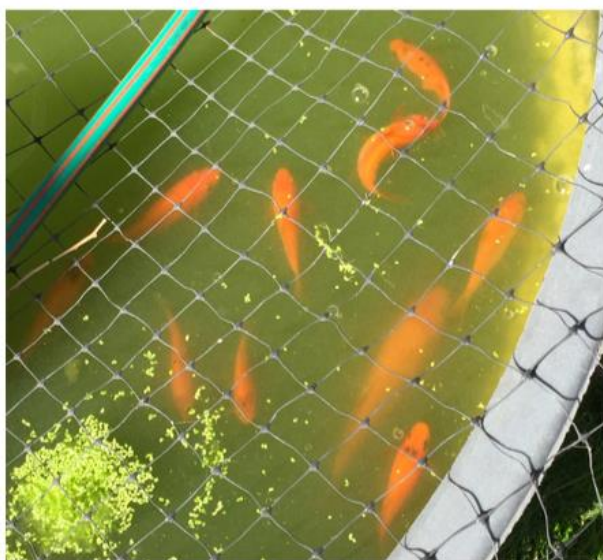


Figura 3. *Cyprinus carpio*; Foto tomada en el ex instituto de investigaciones pesqueras.

Cyprinus carpio (Linnaeus, 1758), conocido popularmente como “Carpa común” se encuentra clasificado taxonómicamente dentro del Orden de los Cypriniformes, Familia Cyprinidae (Teixeira De Mello et al., 2011a).

Se trata de un pez introducido en el Uruguay, cuya distribución original corresponde a cuencas dulceacuícolas de Asia central y Europa del este. En nuestro país actualmente se encuentra introducida a nivel de todas las cuencas del territorio, en tajamares; en estado salvaje se encuentra en los ríos: Uruguay bajo, Río de la Plata interior, Santa Lucía, así como en ríos costeros del Río de la Plata (Teixeira De Mello et

al., 2011a).

En relación a su tamaño, este puede ser grande, algunas veces superando los 40 kg de peso y midiendo 100 cm de longitud. Es un pez omnívoro, alimentándose de material vegetal e invertebrados que habitan en el fondo. En el Río de la Plata su pesca es de importancia económica (Teixeira De Mello et al., 2011a).

La carpa común se trata de unos de los peces más importantes de la acuicultura, y se ha elegido como especie modelo de diversos estudios acuapónicos con buenos resultados;

ya que tiene una amplia distribución en todo el mundo y puede sobrevivir en aguas de mala calidad. Sin embargo, existen estudios limitados acerca del cultivo de carpas 'koi' en sistemas de acuaponia (Nuwansi et al., 2021).

Cyprinus carpio var. *koi* popularmente conocido como carpa 'koi' es un pez ornamental con gran demanda en el mercado del sudeste asiático debido a sus patrones de color. Es de naturaleza resistente, adecuado para piscinas de jardín y acuarios.

Las carpas *koi* pueden cultivarse en sistemas de acuicultura de flujo continuo o de recirculación (RAS). Sin embargo, se cultiva con mayor frecuencia al aire libre en estanques de tierra (Watson, Hill, y Pouder, 2004).

La mayoría de los estudios de crecimiento de carpas *koi* se han centrado en el crecimiento de larvas y alevines (< 5 g de peso inicial), criados en tanques de concreto o instalaciones de investigación a pequeña escala, donde la calidad del agua se controla a través de intercambios diarios de agua (Nakamura y Kasahara 1955; Damme et al. 1989; Jha y Barat 2005; Dhanaraj et al. 2010; Korkmaz y Caklogullari 2011). Estos estudios generalmente tenían como objetivo optimizar el crecimiento de los juveniles para el mercado de ornamentales, y se reportaron parámetros como mortalidad, incidencia de deformidades, crecimiento total, tasa de crecimiento específica (SGR), conversión alimenticia (FCR) y calidad del agua (pH, temperatura, oxígeno disuelto).

De los estudios que han informado parámetros de crecimiento (por ejemplo, FCR, SGR) de *koi* cultivados en sistemas de acuaponia, los tamaños de alevines más utilizados fueron pesos iniciales de < 7 g y pesos finales de < 9 g (Hussain et al. 2014, 2015; Nuwansi et al. 2017, 2019, 2021), seguido de un estudio con peces más grande de la variedad *koi* (84,8 g de peso inicial) (Paudel, 2020). Todos estos estudios usaron a pequeña escala (< 200 L tanques de peces), sistemas de acuaponia acoplados que cultivan *koi* con verduras de hoja verde (Maitland et al., 2022).

En Europa central y oriental la mayor parte de la producción de carpas proviene de operaciones extensivas en estanques de peces, donde el agua de estanque sin tratar es vertida al medio ambiente, causando problemas medioambientales; por lo que varios autores plantean mejorar las prácticas de cultivo de carpas y reducir su impacto ambiental, como una tendencia deseable para los enfoques ecológicos y de sostenibilidad (Maucieri et al., 2020; Teixeira De Mello et al., 2011a).

Australoheros facetus

Australoheros facetus (Jenyns, 1842) pertenece al Orden de los *Perciformes*, Familia: *Cichlidae*, Sub Familia: *Cichlasomatinae*. Su nombre común en nuestro medio es "Castañeta" (Teixeira De Mello et al., 2011b).

Es un cíclido autóctono que se distribuye en Sudamérica, a nivel de la cuenca baja del río Paraná, en Argentina, así como cuencas costeras de Brasil y Uruguay; en donde existen registros para todas sus cuencas (Teixeira De Mello et al., 2011b).



Figura 4. *Australoheros facetus*; Foto tomada en el ex Instituto de Investigaciones Pesqueras.

Actualmente está siendo cultivado en el bioterio del edificio PES en sede nueva de facultad de veterinaria (ruta 8 kilómetro 18) como pez de laboratorio (Lopez et al., 2019).

A. facetus corresponde a la castañeta de mayor porte en nuestro país, ya que puede medir hasta 25-30 cm de largo. Su hábitat son cañadas, ríos, arroyos, así como tajamares y lagunas. En cuanto a su alimentación es omnívoro, a base de insectos acuáticos, peces de pequeño tamaño, algas y plantas acuáticas adheridas a sustratos. El verano es su temporada de reproducción, desovando 300-1000 huevos. Estos son depositados sobre superficies que se acondicionan previamente. Al nacer las larvas, los padres las pueden dejar adheridas a hojas de plantas próximas a la superficie, ya que presentan glándulas adhesivas en la cabeza que posteriormente desaparecen. De esta manera las larvas se proveen de oxígeno (Teixeira De Mello et al., 2011b).

Es una especie estudiada en nuestro país; Carnevia, D. en 2017 realizó un estudio en el que describió macroscópicamente el desarrollo larvario post eclosión de la misma. López y col. en 2019 realizaron en un estudio donde evaluaron el crecimiento durante el alevinaje de esta especie cultivada en tanques. En este estudio se demostró que los resultados de sobrevivencia se encontraban dentro del rango aceptable, mientras que los índices de conversión fueron muy buenos (IC=1,07-1,29), considerando que los peces solo tuvieron acceso al alimento balanceado.



Figura 5. *Nasturtium officinale*; Foto tomada de un brote durante el ensayo.

Nasturtium officinale

Popularmente conocido como “berro” es una hierba acuática perenne de rápido crecimiento, *rastrera o flotante*. Se trata de una planta semiacuática que se encuentra en la orilla de riachuelos y arroyos, así como a lo largo de márgenes de los estanques (en agua con poca corriente) (Klimek-Szczykutowicz et al., 2018; Medellín, 2021).

Es originaria de India, África, Europa y Asia occidental y es consumida por el hombre como una hierba medicinal y de ensalada verde, teniendo un olor distintivo y un sabor ligeramente amargo (Medellin, 2021).

En la naturaleza la planta de berro es tolerante al frío incluso a temperaturas de

-15°C, es poco tolerante a la salinidad y su crecimiento óptimo se da a un pH de 7.2 (Fennell, 2006).

Se destaca por sus cantidades relativamente grandes de betacaroteno (vitamina A), ácido ascórbico (vitamina C), ácido fólico, hierro, yodo, calcio y fósforo. Asimismo, posee un alto nivel de aminoácidos como arginina, glicina, lisina y triptófano y se destaca por sus antioxidantes (Klimek-Szczykutowicz et al., 2018).

Diversos estudios han reportado los efectos beneficiosos para la salud humana del su consumo; los cuales incluyen efectos anticancerígenos, disminución del daño del ADN de linfocitos y alteraciones del estado antioxidante en sangre de adultos sanos, así como un efecto en prevención de la diabetes (Fernández et al., 2016).

El Centro para el Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos (CDC) lo catalogó como el cultivo con mayor contenido de nutrientes por caloría (Di Noia, 2014). Su rusticidad ha permitido establecer sembradíos con mínimos requerimientos de infraestructura y manejo agronómico en distintos lugares alrededor del mundo (Medellin, 2021).

Por estas razones el berro presenta una gran demanda convirtiéndolo en un cultivo adecuado para la agricultura comercial o de pequeña escala (Nhan et al., 2019).

Los berros cultivados en hidroponía (técnica de cultivo en una solución nutritiva sin necesidad de suelo), se han convertido en la elección de la mayoría de los consumidores, convirtiéndolo en un mercado en crecimiento. Siendo alto su valor de aplicación industrial (Boligon et al., 2013).

En Uruguay la transmisión del parásito *Fasciola hepática* al ser humano es ocasional, directamente relacionada a la ingestión de berros silvestres, por lo que se recomienda la ingesta de berro hidropónico con el fin de prevenir dicha parasitosis (Lopez Lemes et al., 1996).

Constituye una planta investigada en estudios de hidroponía y más recientemente acuaponía debido a que crece muy bien en sustratos inundados y tiene rápido crecimiento (Medellin, 2021).

Se ha evaluado la eficiencia en la eliminación de nutrientes y crecimiento de la misma bajo diferentes regímenes de recolección en sistemas acuapónicos de recirculación integrados para la cría de carpa común; recomendándole una recolección quincenal de menos del 25% de la biomasa de los berros en crecimiento para una eliminación eficiente de nutrientes y el crecimiento sostenible tanto del berro como de la carpa común en los sistemas acuapónicos (Nhan et al., 2019).

En experiencia preliminares se constató que el *Nasturtium officinale* se adaptó muy bien a lecho de cultivo por ser una planta de hábitos biológicos palustre desarrollándose rápido y exuberante en sistemas acuapónicos (López, N. Datos no publicados).

Mentha spp.



Figura 6. *Mentha spp.*; Foto tomada de brotes del ensayo

La menta (*Mentha spp.*) es una planta proveniente de China, donde se le ha encontrado en forma silvestre (Anwar et al., 2019).

Tiene un tallo de color rojizo y es una hierba que se puede tener durante 5 o 6 años produciendo hojas. Posee un olor intenso debido al mentol de su esencia. Se han realizado estudios evaluando el cultivo de menta en hidroponía, así como en sistemas acuapónicos biointegrados con cultivo de menta y carpa común; resultando en un adecuado rendimiento de producción de ambas y parámetros de calidad del agua, movimiento de nutrientes y el rendimientos del biofiltro adecuados (Shete et al., 2016).

El género *Mentha* es muy popular gracias a sus especies aromáticas, muy importantes desde el punto de vista medicinal y/o económico con distintas perspectivas biológicas. Comprende más de 30 especies reportadas y crece en todo el mundo en casi todas las condiciones agroclimáticas (Anwar et al., 2019).

Las especies más comunes de *Mentha* son *M. aquatica*, *M. arvensis*, *M. citrata*, *M. longifolia*, *M. piperita*, *M. pulegium*, *M. rotundifolia* y *M. spicata*. Estas se cultivan para la producción de aceites esenciales. Asimismo se utilizan en muchos países de Europa, Australia, América y Oriente Medio como aromatizantes de alimentos, ingredientes en cosméticos y preparaciones farmacéuticas. Esto último se debe a sus propiedades en el tratamiento de la fiebre, síntomas respiratorios como tos y patología digestiva dado sus efectos broncodilatadores y antiespasmódicos. Se han investigado sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias y antialérgicas, que pueden deberse a la presencia de bioactivos como terpenoides (Anwar et al., 2019).

Fundamentación

En Uruguay existen empresas que se dedican a la hidroponía aprovechando suelos poco fértiles o situados en lugares poco convenientes para la realización de cultivos a suelo.

Implementando la producción de peces a estos sistemas ya existentes conseguimos varios beneficios para este tipo de emprendimientos. Uno de los beneficios más importantes es la eliminación o la disminución drástica de fertilizantes implementados en las aguas que se recirculan para permitir el correcto crecimiento de las plantas; permitiéndoles ahorrar grandes sumas de dinero recirculando el agua de los peces y aprovechando los desechos de estos para fertilizar las plantas.

Este ahorro trae aparejado además un aspecto muy beneficioso para el ambiente y este es que las aguas eliminadas de los sistemas acuapónicos están mucho menos cargadas de compuestos nitrogenados y además no poseen los restos de fertilizantes antes mencionados por lo cual ayudan a prevenir desarrollos no deseados de algas (Eutrofización) en los espejos de aguas que rodean los predios que llevan adelante este tipo de actividad.

Estamos conscientes que al agregar otra producción se genera un gasto nuevo en adquisición de peces y su alimentación, pero estos gastos se ven ampliamente retribuidos al realizar la venta de esta producción de peces.

También podemos agregar que el agua en los sistemas acuapónicos suele permanecer más tiempo en el sistema que las aguas enriquecidas o fertilizadas de la hidroponía, permitiendo al emprendimiento ahorrar en cantidades de agua consumida.

En este ensayo procuramos utilizar plantas que suelen utilizarse en empresas hidropónicas y que suelen estar disponible a lo largo de todo el año en los anaqueles de los supermercados. Estas plantas suelen ser consumidas con regularidad ya sea en ensaladas o preparaciones culinarias como es el caso del *Nasturtium officinale* y en bebidas detox o tragos en bares como es el caso de la *Mentha spp.*

En el caso de los peces, elegimos la *Cyprinus carpio* por ser un pez ampliamente utilizado en este tipo de producción (Acuaponía) y además se encuentra muy distribuida en nuestro país ya sea como pez de cultivo como peces ornamentales. Pudiendo el cultivo de este pez ser un tanque de peces para exhibición o un cultivo de peces para alimentación.

El caso de la *Australoheros facetus* es otro, este es un pez autóctono ampliamente distribuido por todo el territorio y que llega a un muy buen tamaño (30 cm) y que a lo largo de los últimos años la actual Unidad de Patología, Biología y Cultivo de Organismos Acuáticos (PaBCOA) ha trabajado con este animal y demostrado de que es muy fácil de reproducir en cautiverio, pudiendo alcanzar una buena cantidad de ejemplares con una instalación más bien modesta. Tomamos la decisión de emplearla en este ensayo para poder determinar cómo se comporta en sistemas intensivos de producción y específicamente cómo sería su desempeño en este tipo de producción. Siendo esta una de las primeras experiencias con este género a nivel mundial. Somos conscientes que las *A. facetus* que emplearemos no cuentan con mejoramiento genético ni con mucha información previa de engordes y mucho menos en sistemas acuapónicos, por lo cual realizaremos comparaciones con otros cíclidos más estudiado como las *Tilapia nilotica* (*Oreochromis aureus*).

HIPÓTESIS

- Los peces cultivados en acuaponia tendrán mayor crecimiento (evaluado como aumento del largo y peso) y mayor sobrevivencia que los cultivados en sistema con solo filtro biológico.
- La calidad del agua, medida como concentración de sustancias nitrogenadas: amoníaco, nitritos y nitratos será mejor (concentraciones más bajas) en los sistemas con acuaponia que en los sistemas con solo filtro biológico.
- Como el berro produce más biomasa que la menta fijará más sustancias nitrogenadas y por tanto el crecimiento de los peces (evaluado como aumento de largo y peso) y la sobrevivencia serán mayores en los tanques con berro que en los tanques con menta.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la producción de los sistemas acuapónicos de *Cyprinus carpio* y *Australoheros facetus* con *Mentha spp* y *Nasturtium officinale*.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Comparar el crecimiento en longitud y peso de *Astraloheros facetus* y *Cyprinus carpio* en sistemas con *Mentha spp*, con *Nasturtium officinale* y con solo filtro biológico (sin plantas).

Determinar sobrevivencia e índice de conversión de *Astraloheros facetus* y *Cyprinus carpio* en sistemas con *Mentha spp*, con *Nasturtium officinale* y con solo filtro biológico (sin plantas).

Cotejar las diferencias en los parámetros del agua y su incidencia en el crecimiento de los peces en sistemas acuapónicos contra sistemas con solo filtro biológico (sin plantas).

Evaluar el crecimiento del *Nasturtium officinale* y *Mentha spp*. en sistemas de acuaponia sin fertilización adicional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se acondicionaron 6 tanques de dolmenit de 500 L de capacidad; se los llenó con agua de OSE hasta alcanzar los 450 L, cada uno de estos tanques presentaba instalado un sistema de control del volumen del agua que funciona por desbordamiento.

Se le colocó una entrada de aire con una piedra porosa a cada uno para mantener el agua saturada en oxígeno y así poder sembrar una buena densidad de peces sin tener la limitante del oxígeno.



Figura 8. Bombas de agua; Foto tomada durante el armado del sistema de bombeo de agua.



Figura 7. Tanques de dolmenit de 500 l.

Dentro de cada tanque a su vez se colocó una bomba de agua (Modelo RS Electrical RS - 20000) con una capacidad de bombeo máximo de 2500 L/Hr, dicha capacidad de bombeo se reguló mediante un pase de agua que nos permitió ajustar el flujo de agua según las necesidades del sistema a 1000 L/Hr (para que funcione sin desbordar agua de los cajones del filtro biológico ya sea con o

sin plantas).

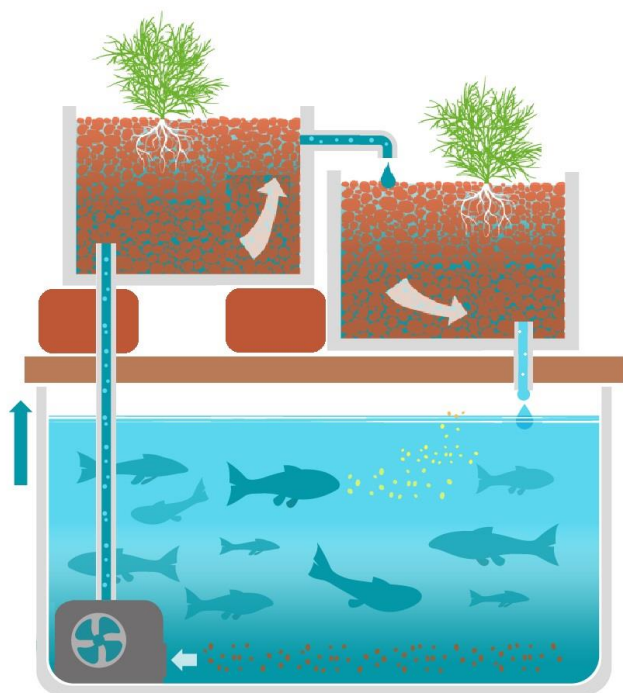


Figura 9. Nuestro sistema acuapónico

Arriba de cada tanque se colocaron dos cajones de plástico de 76,8 L (60x40x32 cm de alto) de capacidad y un superficie de siembra de 0,24 m² cada uno, instalados en serie de forma tal que el agua del tanque de los peces entraba por el extremo anterior del primer cajón y salía por el extremo posterior, cayendo en forma de cascada en el extremo posterior del segundo cajón y regresando al tanque cayendo en forma de cascada por el extremo anterior del segundo cajón. Para tal fin se les instalaron a los cajones caños de PVC de ¾ pulgadas para que sirvieran como entrada o salida de agua por rebalsado.



Figura 10. Instalación de cajones con canto rodado que servirán de filtro biológico y cama para los cultivos

Estos cajones se llenaron con canto rodado de tamaño mediano de unos 2 cm de diámetro promedio y pequeño de unos 0.4 cm de diámetro promedio, los cuales cumplieron dos funciones muy importantes, de sustrato y sostén de las plantas. Por sobre todo esto se agregaron piedras de mayor tamaño que cubrían la superficie sirviendo de soporte a los tallos y hojas de las plantas y ayudando a evitar el crecimiento de plantas no deseadas.

El 70% de las piedras utilizadas en esta experiencia ya han sido parte de un filtro biológico en proyectos anteriores de acuaponia, permitiéndonos de esta manera acelerar el proceso de fijación de las bacterias para el correcto funcionamiento del mismo.

Este sistema de recirculación de agua comenzó a funcionar sin peces ni plantas el 07/09/20, día -14 y permaneció así durante 7 días para corregir cualquier desperfecto y permitirles a las bacterias colonizar la totalidad del canto rodado suministrado.

Una vez transcurrido ese tiempo, ósea día -7 el 14/09/20 se realizó la siembra como se detalla en las Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1. *Cyprinus carpio* con sus tanques y características correspondientes.

Tabla 2. *Australoheros facetus* con sus tanques y características correspondientes.

<i>Cyprinus carpio</i>					<i>Australoheros facetus</i>				
Grupos	Numero Peces	Biomasa (g)	Pesos Promedio (g)	Longitud Promedio (cm)	Grupos	Numero Peces	Biomasa (g)	Pesos Promedio (g)	Longitud Promedio (cm)
Tanque 1 (C/M)	33	209	6,35 ^a	7,09 ^b	Tanque 3 (A/M)	20	216	10,82 ^c	8,17 ^d
Tanque 2 (C/N)	30	204	6,80 ^a	7,03 ^b	Tanque 4 (A/N)	19	213	11,25 ^c	8,28 ^d
Tanque 5 (C/FB)	29	206	7,13 ^a	7,19 ^b	Tanque 6 (A/FB)	22	211	9,63 ^c	7,78 ^d

a, b, c o d Grupos presentes en las Tabla 1 y Tabla 2 que NO presentan diferencias estadísticamente significativas.



Figura 11. Siembra de peces; Aclimatación previa a la siembra de peces en los tanques del ensayo.

Los grupos fueron denominados según ubicación (Tanque) y sistema que funciona en el entre paréntesis (Especie de pez (C=*Cyprinus carpio* o A=*Australoheros facetus*)/Especie de planta en caso de ser un sistema acuapónico (M=*Mentha spp* o N=*Nasturtium officinale*) o Sistema con recirculación con Filtro Biológico (FB)). Se confeccionó una tabla con los datos de cada grupo y de los animales que los componían. Anexo (Pág. 122)

Se realizaron muestreos de los peces cada 14 días para controlar su crecimiento y ajustar la cantidad de alimento, esto fue tomando una muestra aleatoria de 10 peces de cada tanque y tomando sus medidas:

peso (g) con una balanza de precisión y longitud (cm) con el ictiómetro. Anexo (Pág. 132-142).

Para la realización de los grupos y posteriormente los muestreos se procedió a realizar un protocolo de sedación de los peces para evitar el estrés que estas maniobras pueden generar en los peces. Para esto se administró Eugenol a una concentración de 40 mg/L de agua (1 ml de preparado de Eugenol (dilución 1:10 en alcohol etílico) cada 5 L de agua).

Los peces se alimentaron con ración balanceada para peces industrial "Erro" con la siguiente composición: Proteínas 36.48%, E.E.: 7.92%, Cenizas 10%, Humedad 8.58%, Fibra bruta 5.62%, Ca 3%, P 2%, Lisina 2.43%, Metionina 0.9%, Densidad 468 g/L y con un tamaño de granulación medio a razón de un 5% de la biomasa, esto se calcula hallando el promedio del muestreo de cada tanque y multiplicando por el número de peces al momento de la siembra.

El alimento correspondiente para cada tanque se dividió en dos momentos de alimentación uno por la mañana y otro por la tarde, donde se administraron cada vez una cantidad de ración equivalente al 50% del total calculada por día. Se tomó registro de cada alimentación Anexo (Pág. 143-154).

Al finalizar la experiencia se calculó el índice de conversión. El valor de índice de conversión se calcula dividiendo la cantidad de ración que reciben los peces durante un periodo de tiempo entre lo que han crecido los peces en ese mismo periodo de tiempo. Es un indicador que nos enseña que tan bien los peces convierten el alimento que consumen

en peso vivo. Este índice puede verse modificado por varias razones como la digestibilidad de la ración administrada, la salud de los animales e incluso por su bienestar y cuanto menor es su valor es mejor ya que indica que el animal en estudio necesita menos alimento para ganar peso.



Figura 12. Balanza de precisión e ictiómetro utilizado para realizar los muestreos de peces.

En este ensayo empleamos una ración genérica para peces que no está formulada específicamente para ninguna de las dos especies utilizadas en el mismo. Esto hace que quizás los índices de conversión no sean los mejores, pero es un alimento al que todos los peces del lugar donde se desarrolló la experiencia estaban acostumbrados a consumir. Pero además intentamos comprobar que al brindarles a los peces mejores condiciones ambientales con mejores parámetros del agua, estos podrían tener un mejor índice de conversión alimentario.

A los 14 días del correcto funcionamiento del sistema de recirculación del agua y 7 días de la siembra de los peces, se procedió a sembrar las plantas (21/09/22) día 0.

Pero previamente se tomaron los parámetros del agua tales como Temperatura (°C), Amoniac/amonio (NH_3/NH_4) (mg/l) y Nitritos (NO_2) (mg/l). Tomando estos valores como

los iniciales ya que en este momento se completaron todos los sistemas. De aquí en adelante se controlaron los parámetros del agua (Temperatura (°C) Amoniaco/amonio (NH_3/NH_4)(mg/l) y Nitritos (NO_2)(mg/l)) una vez por semana hasta la finalización del ensayo. A partir del 02/11/20 hasta el final del ensayo tras la adquisición de nuevos kits de análisis del agua comenzamos a medir Nitratos (NO_3) (mg/l), Dureza general o total (GH)(°d), Dureza carbonatada o temporal (KH)(°d), pH y Cloro (Cl_2)(mg/l). Anexo (Pág. 155-157).

Durante el ensayo se repuso el agua perdida por evaporación o funcionamiento del sistema.



Figura 13. Tests reactivos y tirillas reactivas utilizadas para tomar parámetros del agua (Estas últimas las conseguimos sobre la segunda mitad del ensayo).

Tabla 3. Siembra de plantas en sus tanques correspondientes.

Una vez tomados los parámetros y comprobado que todos los sistemas de recirculación del agua estaban funcionando correctamente se sembraron 2 tanques de *Cyprinus carpio*, uno (Tanque 1) con plantas de *Mentha spp.* y el otro (Tanque 2) con plantas de *Nasturtium officinale* y 2 tanques de *Australoheros facetus* uno (Tanque 3) con plantas de *Mentha spp.* y otro (Tanque 4) con plantas de *Nasturtium officinale*. La siembra se realizó con tallos frescos de ambas plantas sin raíces y se pesó la cantidad de plantas asignadas a cada sistema. Se dejó 1 tanque (Tanques 5 y 6) de cada especie de pez sin

Siembra de plantas	
Sistemas	Peso (g)
Tanque 1 (C/M)	80,38
Tanque 2 (C/N)	131,99
Tanque 3 (A/M)	76,04
Tanque 4 (A/N)	127,97

sembrar con plantas para poder estudiar cuál fue la variación en la calidad del agua y por ende en el desarrollo de los peces en ausencia/presencia de las plantas.

Se realizaron cosechas de las plantas con tanta frecuencia como fue necesario según su crecimiento al alcanzar un volumen de cosecha. Se fue anotando el peso fresco de cada cosecha realizada en cada sistema de forma tal de ir evaluando la producción de cada sistema de forma individual y poder calcular cuál fue la producción total y su valor económico según el precio del mercado al finalizar la experiencia a los 3 meses.



Figura 14. Tallos de *Menta spp* (Izquierda) y de *Nasturtium officinale* (Derecha) recién sembrados en los sistemas acuapónicos.



Figura 15. Podas frescas de *Menta spp* (Izquierda) y *Nasturtium officinale* (Derecha).



Figura 16. Pesado de podas frescas de *Mentha spp* (Izquierda) y de *Nasturtium officinale* (Derecha).



Figura 17. Horno V.I.P. Imperial II con podas ya secas de los cuatro sistemas acuapónicos

Se procesaron las podas en un horno V.I.P. Imperial II a 60 grados Celsius (°C) durante 72 horas para retirar toda la humedad de las plantas y pesando lo obtenido con una balanza de precisión. Con los datos obtenidos se calculó la producción total de plantas en base al peso fresco y su equivalente en materia seca. Si por diversas causas como ataques de aves, hormigas o cualquier otro motivo que dañaron las plantas estas se recogían, se pesaban y se congelaban en Freezer en espera de obtener un volumen adecuado para proceder al secado.

Realizamos este procedimiento para evaluar cuál de las dos plantas finalmente fija mayor cantidad de compuestos nitrogenados dado que existe una correlación directa entre el peso de la materia seca y estos últimos.



Figura 18. Podas secas de *Mentha spp* (Izquierda) y de *Nasturtium officinale* (Derecha).



Figura 19. Pesado de podas secas de *Mentha spp* (Izquierda) y *Nasturtium officinale* (Derecha).

Con fines de evitar la disminución del crecimiento de las plantas no se permitió que éstas florezcan, removiendo manualmente los pimpollos cuando estos aparecieron en los distintos sistemas de acuaponia.

La cosecha (muestreo final) de los peces se realizó al finalizar la experiencia una vez transcurridos los 3 meses de la siembra de las plantas (completado del sistema) el día 93 (23/12/20). Observando de esta manera cuál fue su desarrollo final al culminar la experiencia. Anexo (Pág. 158).

El día 26/12/20 se vuelve a pesar las cosechas de las plantas con la misma balanza y con una balanza de precisión y se calcula el porcentaje de materia seca para cada cosecha. Luego se sumaron los resultados de las cosechas parciales realizadas durante la experiencia y se calculó la producción en fresco total y la producción de materia seca total producida por cada uno de los sistemas.

También realizamos una búsqueda de precios de nuestros dos cultivos de vegetales en los departamentos que frecuentamos entre las fechas del 07 al 15/04/2023 e indagamos cuáles eran las presentaciones y formas de venta de los dos productos para generar estudio de posibles ganancias económicas al realizar la venta del mismo. En las localidades de Maldonado, Minas y Montevideo los precios obtenidos son los de venta al público, por lo tanto, el precio podría tomarlo si vendiéramos directamente al consumidor final. Pero en el caso de Mercedes la información obtenida es de un distribuidor y por lo tanto en este caso nos da una idea de cuál sería el valor de nuestra producción si la vendiéramos a otros puntos de venta al público.

Luego de obtener los precios en las distintas localidades, promediamos el precio por gramos en cada localidad y calculamos cuál sería el valor de nuestras distintas producciones según el tipo de pez utilizado en los sistemas y cuál sería el valor del total producido y presentamos todo esto en tablas

Análisis estadístico:

Se realizaron comparaciones de los datos de aumento de peso y largo de los peces en cada tratamiento mediante:

Se realizó prueba de Kruskal-Wallis, prueba de Múltiples Rangos y prueba de T para determinar si existían diferencias significativas en el crecimiento en longitud (cm) entre los tres tratamientos con carpas.

También realizamos prueba de ANOVA y prueba de Múltiples Rangos para determinar si existen diferencias significativas en el crecimiento en longitud (cm) entre los tres tratamientos con carpas sin outliers

Realizamos prueba de ANOVA para determinar si existen diferencias significativas en el crecimiento en longitud (cm) entre los tres tratamientos con castañetas

Efectuamos prueba de Kruskal-Wallis, prueba de W, Kolmogorov-Smirnov y prueba de Múltiples Rangos para comprobar si existían diferencias significativas entre las ganancias de peso (g) de los tres tratamientos con carpas.

También se efectuaron pruebas de Kruskal-Wallis y de Múltiples Rangos para constatar si existían diferencias significativas entre las ganancias de peso (g) de los tres tratamientos con carpas sin outliers.

Y efectuamos la prueba de ANOVA para verificar si existían diferencias significativas entre las ganancias de peso (g) de los tres tratamientos con castañetas.

Se realizó la comparación de la sobrevivencia de los peces en cada tratamiento mediante análisis de χ^2 .

Se compararon los datos de los parámetros del agua en relación a los peces empleados obtenidos mediante muestreos a lo largo del ensayo.

Se ejecutaron pruebas de ANOVA para comprobar que las temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) no tuvieran diferencias significativas tanto en los sistemas con carpas como en los con castañetas.

Se hicieron pruebas de ANOVA, Tabla de Medias y prueba de Múltiples rangos para determinar si existían diferencias significativas entre la concentración de Nitritos (NO_2) (mg/l) entre los tres sistemas con carpas.

E hicimos pruebas de Kruskal-wallis y de Múltiples Rangos para determinar si existían diferencias significativas entre la concentración de Nitritos (NO_2) (mg/l) entre los tres sistemas con castañetas.

Para determinar si existían diferencias significativas en la concentración de Nitratos (NO_3) (mg/l) entre los tres sistemas con carpas realizamos la prueba de Kruskal-Wallis.

Y para determinar si existían diferencias significativas en la concentración de Nitratos (NO_3) (mg/l) entre los tres sistemas con castañetas realizamos la prueba de ANOVA.

Para observar si existían diferencias significativas en la Dureza temporal (KH) ($^{\circ}\text{d}$) y el pH tanto entre los tres sistemas con carpas como en los tres sistemas con castañetas empleamos la prueba de ANOVA.

Para los análisis estadísticos se utilizó el programa Statgraphic Centurión, tomándose un coeficiente de confianza del 95 %.

RESULTADOS

Crecimiento de los peces en longitud (cm):



Figura 20. Toma de longitud (cm) con ictiómetro de *Cyprinus carpio* (Izquierda) y de *Australoheros facetus* (Derecha)

Tabla 4: Longitud promedio de los peces en cada tanque.

Longitud (cm) promedio de los peces:						
	T1 (C/M)	T2 (C/N)	T3 (A/M)	T4 (A/N)	T5 (C/FB)	T6 (A/FB)
Siem. 12/09	7,09	7,03	8,17	8,28	7,19	7,78
Mue. 28/09	7,30	7,90	8,40	8,50	7,50	7,60
Mue. 12/10	8,20	8,10	8,70	8,80	7,80	8,30
Mue. 26/10	9,50	9,10	8,90	9,30	8,30	8,30
Mue. 09/11	9,80	9,50	9,00	9,10	8,60	8,30
Mue. 23/11	10,80	10,40	9,20	9,50	10,10	8,40
Mue. 08/12	11,30	10,80	8,90	9,80	10,30	9,20
Cose. 23/12	11,99	11,16	9,46	9,70	10,15	9,17

Esta tabla muestra cómo fue variando muestreo a muestreo la longitud de los peces a medida que transcurre la experiencia. Anexo (Pág. 132-142).

Tabla 5. Promedio de crecimiento en longitud (cm) de los peces.

Promedio de crecimiento en longitud (cm) de los peces:						
	T1 (C/M)	T2 (C/N)	T3 (A/M)	T4 (A/N)	T5 (C/FB)	T6 (A/FB)
Siem. 12/09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mue. 28/09	0,21	0,87	0,23	0,22	0,31	-0,18
Mue. 12/10	1,11	1,07	0,53	0,52	0,61	0,52
Mue. 26/10	2,41	2,07	0,73	1,02	1,11	0,52
Mue. 09/11	2,71	2,47	0,80	0,82	1,41	0,52
Mue. 23/11	3,71	3,37	1,03	1,22	2,91	0,62
Mue. 08/12	4,21	3,77	0,75	1,52	3,11	1,42
Cose. 23/12	4,90	4,13	1,29	1,42	3,31	1,39

Esta tabla nos muestra el crecimiento que se desprende al anotar la diferencia de la longitud promedio obtenida en cada muestreo contra el promedio al momento de la siembra. Esto nos permite estimar cuánto ha crecido promedialmente los individuos de cada sistema al momento que se realiza el muestreo.

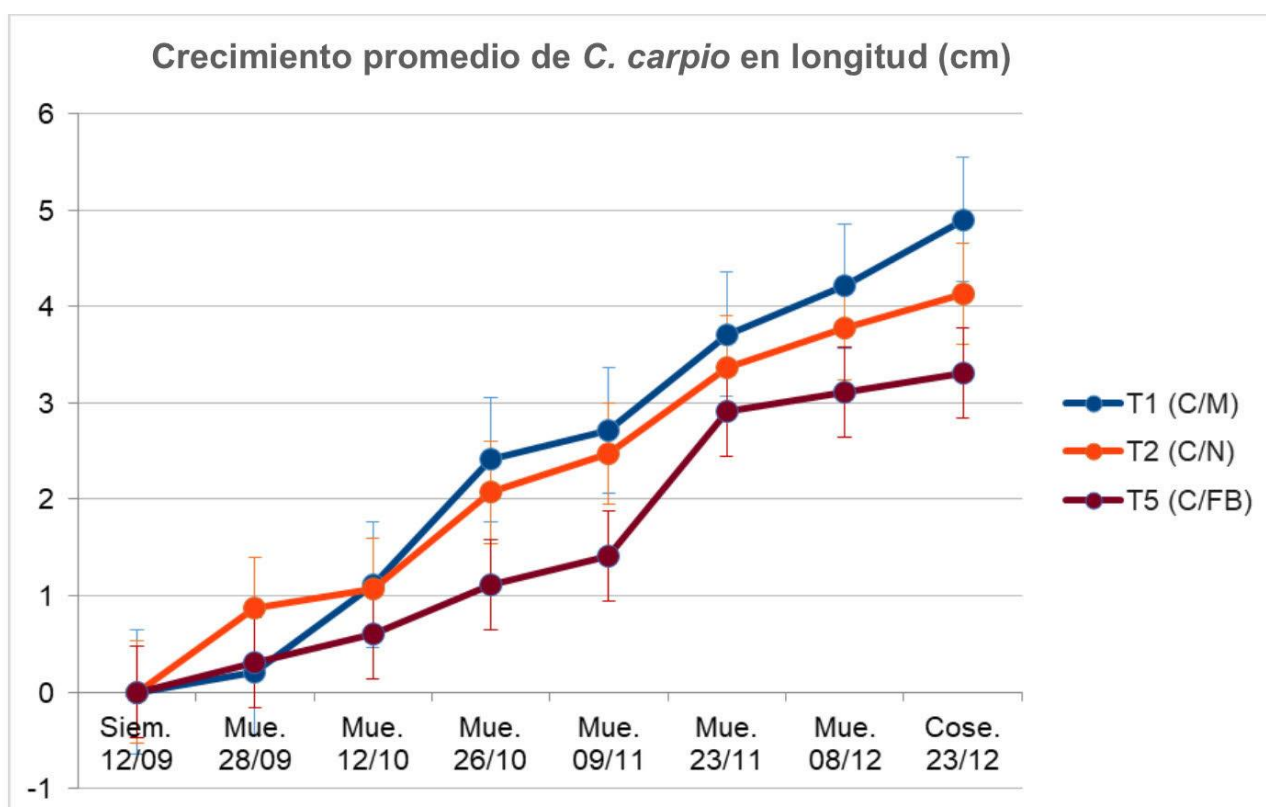


Figura 21. Gráfica de crecimiento promedio de *C. carpio* en longitud.

En esta grafica podemos apreciar el crecimiento de las *C. carpio* en los tres sistemas tanto los dos sistemas acuapónicos como en el sistema que cuenta solamente el Filtro Biológico pudiendo apreciar que los sistemas acuapónicos tuvieron un crecimiento mayor siendo el Tanque 1 (C/M) el que obtuvo mejores resultados en cuanto al crecimiento en longitud. Y el Tanque 5 (C/FB) el sistema con menor desarrollo de sus peces.

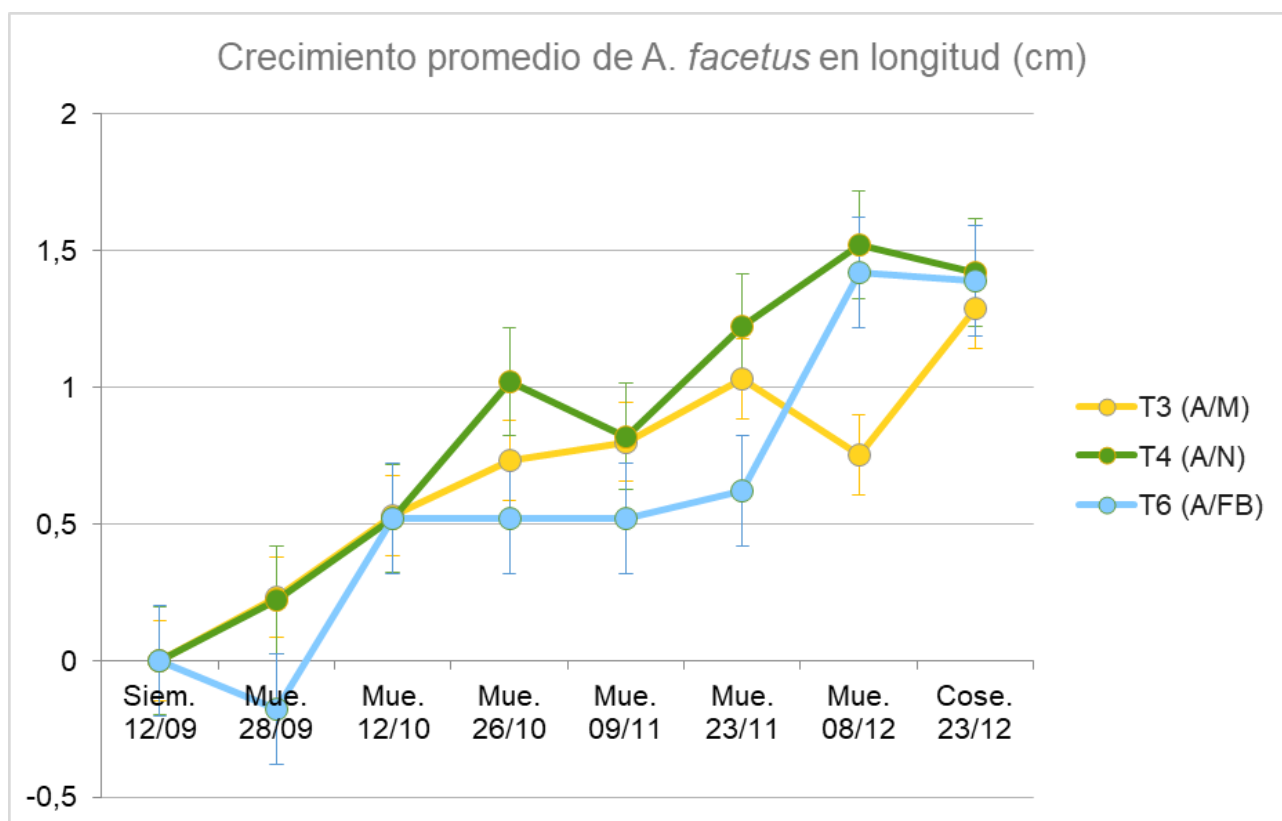


Figura 22. Gráfica crecimiento promedio de *A. facetus* en longitud.

En esta gráfica podemos ver que el crecimiento en longitud (cm) de las *A. facetus* no está tan diferenciado entre los distintos sistemas terminando todos ellos muy similares en cuanto a su longitud promedio, presentando una longitud promedio un poco inferior el del Tanque 3 (A/M) ósea el sistema acuapónico con *Mentha spp.*

Crecimiento de los peces en peso (g):



Figura 23. Toma de peso (g) con balanza de precisión de *Cyprinus carpio* (Izquierda) y *Australorhynchus facetus* (Derecha).

Tabla 6. Peso en gramos promedio de los peces en cada tanque.

Peso (g) promedio de los peces:						
	T1 (C/M)	T2 (C/N)	T3 (A/M)	T4 (A/N)	T5 (C/FB)	T6 (A/FB)
Siem. 12/09	6,35	6,80	10,82	11,25	7,13	9,63
Mue. 28/09	8,30	9,30	11,90	12,20	9,20	9,80
Mue. 12/10	10,60	12,50	14,50	15,10	10,20	12,70
Mue. 26/10	17,40	16,20	15,60	16,60	11,90	12,60
Mue. 09/11	18,77	18,92	17,15	16,93	16,52	13,86
Mue. 23/11	26,06	24,03	17,66	20,12	22,60	14,44
Mue. 08/12	27,60	23,76	16,61	21,06	22,02	17,17
Cose. 23/12	34,21	22,78	18,36	22,47	20,78	17,83

Esta tabla muestra en los sucesivos muestreos los pesos (g) promedio de los peces muestreados de cada sistema. Anexo (Pág. 132-142).

Tabla 7. Promedio de ganancia de peso en (g) de los peces.

Promedio de ganancia de peso (g) de los peces:						
	T1 (C/M)	T2 (C/N)	T3 (A/M)	T4 (A/N)	T5 (C/FB)	T6 (A/FB)
Siem. 12/09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mue. 28/09	1,95	2,50	1,08	0,95	2,07	0,17
Mue. 12/10	4,25	5,70	3,68	3,85	3,07	3,07
Mue. 26/10	11,05	9,40	4,78	3,85	4,77	2,97
Mue. 09/11	12,42	12,12	6,33	5,35	9,39	4,23
Mue. 23/11	19,71	17,23	6,84	5,68	15,47	4,81
Mue. 08/12	21,25	16,96	5,79	8,87	14,89	7,54
Cose. 23/12	27,86	15,98	7,54	11,22	13,65	8,20

Esta tabla nos muestra la ganancia de peso (g) que se desprende al anotar la diferencia de peso promedio obtenida en cada muestreo contra el promedio del peso al momento de la siembra. Esto nos permite saber cuánto peso han promediado los individuos de cada sistema al momento que se realiza el muestreo.

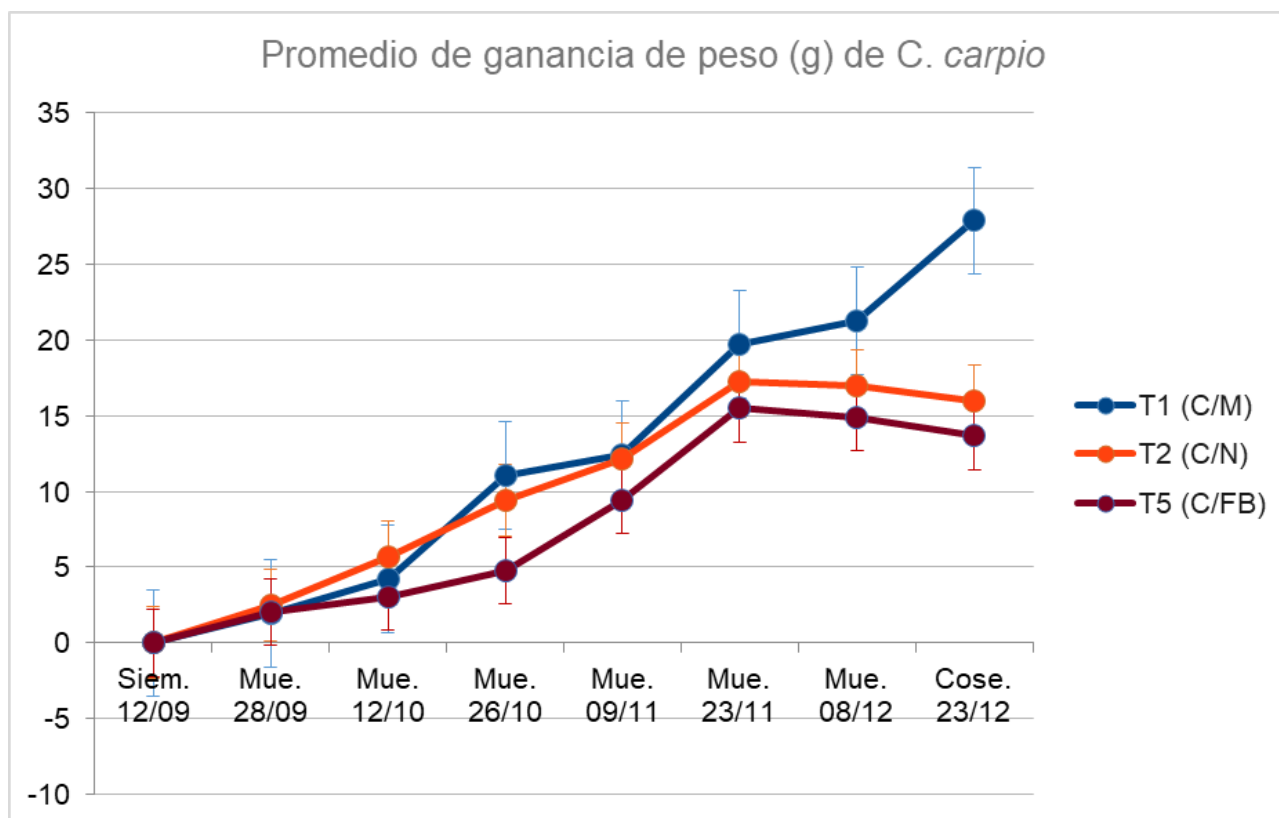


Figura 24. Gráfica de promedio de ganancia de peso de *C. carpio*.

En la gráfica del promedio de ganancia de peso (g) de *C. carpio* podemos observar que como en la gráfica de crecimiento promedio de *C. carpio* en longitud (cm) los sistemas acuapónicos tuvieron una mejor performance, es decir que ganaron más peso que el sistema de Filtro Biológico, pero en este caso el Tanque 1 (C/M) tiene una marcada diferencia frente a los otros dos que fueron bastante similares.

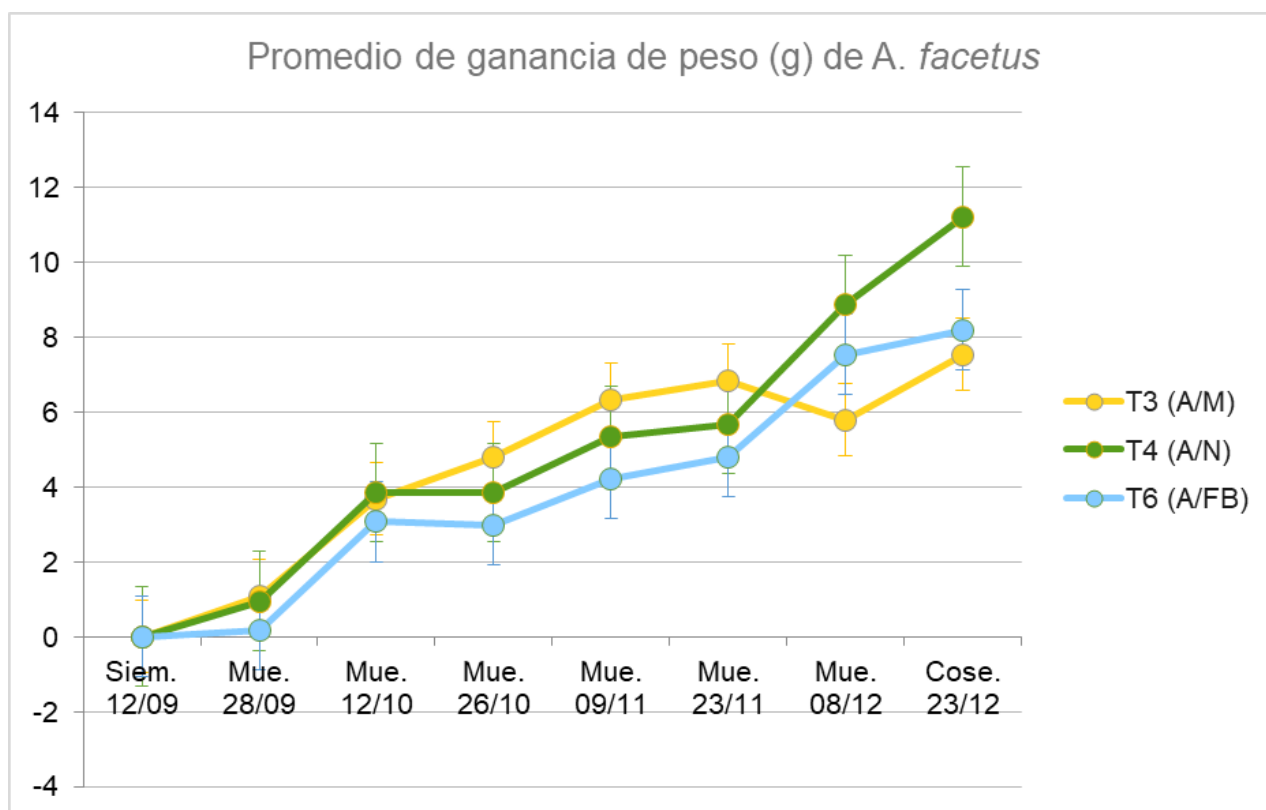


Figura 25. Gráfica de Promedio de ganancia de peso de *A. facetus*.

En la gráfica de promedio de ganancia de peso (g) de las *A. facetus* nos muestra claro que el Tanque 4 (A/N) ha tenido un crecimiento casi constante y siempre superior a al Tanque 6 (A/FB). Sin embargo el Tanque 3 (A/M) comenzó teniendo las mejores ganancias de peso y muy superior a la del Tanque 6 (A/FB) pero a finales de noviembre junto con los comportamientos reproductivos comienzan a tener una peor performance con respecto a la ganancia de peso (g) y termina siendo el de peor ganancia de peso.

Análisis estadístico del crecimiento de los peces:

Para poder observar la totalidad de los análisis pueden dirigirse al Anexo (Pág. 159-179).

Tabla 8. Resultados estadísticos de longitud al finalizar la experiencia.

Resultados estadísticos al finalizar la experiencia		
Grupos	Longitud (cm)	
	Análisis	Resultados
Tanque 1 (C/M)	Kruskal-Wallis [T1 (C/M) vs T2 (C/N) vs T5 (C/FB)] Valor-P = 0,0058 Nivel de confianza del 95,0%	Existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas
Tanque 2 (C/N)		
Tanque 5 (C/FB)		
	Prueba T [T1 (C/M) vs T2 (C/N)] Valor-P = 0,1303 Nivel de confianza del 95,0%	No existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias
Tanque 3 (A/M)	ANOVA [T3 (A/M) vs T4 (A/N) vs T6 (A/FB)] Valor-P = 0,4663 Nivel de confianza del 95,0%	No existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias
Tanque 4 (A/N)		
Tanque 6 (A/FB)		

Resultados estadísticos al finalizar la experiencia con respecto al crecimiento en longitud (cm) - Carpas (*C. carpio*).

Anexo (Pág. 159-166).

Por lo cual continuamos realizando prueba de Múltiple rangos:

Tabla 9. Prueba de múltiples rangos y resultados estadísticos.

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Tanque 5 (C/FB)	24	10,15	X
Tanque 2 (C/N)	29	11,1586	XX
Tanque 1 (C/M)	28	11,9893	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Tanque 1 (C/M) - Tanque 2 (C/N)		0,830665	1,12125
Tanque 1 (C/M) - Tanque 5 (C/FB)	*	1,83929	1,17723
Tanque 2 (C/N) - Tanque 5 (C/FB)		1,00862	1,16783

* indica una diferencia significativa.

Esta tabla muestra un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la tabla muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. Se ha colocado un asterisco junto a un par de medias (Tanque 1 (C/M) - Tanque 5 (C/FB)) indicando diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

Se han encontrado dos grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas (Tanque 1 (C/M) - Tanque 2 (C/N) y Tanque 2 (C/N) - Tanque 5 (C/FB)). No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

Existe una diferencia estadísticamente significativa entre el Tanque 1 (C/M) y el Tanque 5 (C/FB) pero el Tanque 2 (C/N) No presenta diferencias estadísticamente significativas con el Tanque 1 (C/M) ni con el Tanque 5 (C/FB).

Resultados estadísticos al finalizar la experiencia con respecto al crecimiento en longitud (cm) - Castañetas (*A. facetus*).

Anexo (Pág. 166-171).

Como se observa en la Tabla 8. No existe diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos

Resultados estadísticos al finalizar la experiencia con respecto al crecimiento en longitud (cm) sin Outliers - Carpas (*C. carpio*).

Anexo (Pág. 164-166).

La presencia de tres outliers uno en el Tanque 2 (C/N) y otro en el Tanque 5 (C/FB) ambos con una longitud de 16.2 cm y un segundo en el Tanque 5 (C/FB) con una longitud de 14.8 cm que se encontraban distorsionando las comparaciones. Por esto decidimos eliminarlos para realizar nuevamente los análisis. Si bien partimos de un grupo homogéneo con distribución normal el desarrollo individual de estos peces los hace resaltar tanto en longitud (cm) como en peso (g) con respecto a la media de su grupo alterando los resultados estadísticos y por lo tanto decidimos retirarlos de la ecuación siendo este nuestro criterio de exclusión.

Tabla 10. Resultados estadísticos de longitud al finalizar la experiencia sin outliers.

Resultados estadísticos al finalizar la experiencia sin outliers		
Grupos	Longitud (cm)	
	Análisis	Resultados
Tanque 1 (C/M) Tanque 2 (C/N) Tanque 5 (C/FB)	ANOVA [Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)] Valor-P = 0,0002 Nivel de confianza del 95,0%	Existe una diferencia significativa entre las medias

En esta ocasión como los valores obtenidos si tienen una distribución normal realizamos un ANOVA que arrojó como resultado que existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias. Por lo tanto continuamos con una prueba de múltiple rangos para discernir entre cuales de los tratamientos se encuentra esta diferencia.

Tabla 11. Prueba de múltiples rangos.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Tanque 5 (C/FB)	22	9,66364	X
Tanque 2 (C/N)	28	10,9786	X
Tanque 1 (C/M)	28	11,9893	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
Tanque 1 (C/M) - Tanque 2 (C/N)	*	1,01071	0,996442
Tanque 1 (C/M) - Tanque 5 (C/FB)	*	2,32565	1,06221
Tanque 2 (C/N) - Tanque 5 (C/FB)	*	1,31494	1,06221

* indica una diferencia significativa.

Tabla 12. Resultados estadísticos de pesos en gramos al finalizar la experiencia.

Resultados estadísticos al finalizar la experiencia		
Grupos	Peso (g)	
	Análisis	Resultados
Tanque 1 (C/M)	Kruskall-Wallis [T1 (C/M) vs T2 (C/N) vs T5 (C/FB)] Valor-P = 0,0017 Nivel de confianza del 95,0%	Existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas
Tanque 2 (C/N)	Prueba W y Kolmogorov-Smirnov [T1 (C/M) vs T2 (C/N)] Valor-P 0,0629 0,1626 Nivel de confianza del 95,0%	No existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas ni entre sus distribución
Tanque 5 (C/FB)		
Tanque 3 (A/M)	ANOVA [T3 (A/M) vs T4 (A/N) vs T6 (A/FB)] Valor-P = 0,1335 Nivel de confianza del 95,0%	No existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias
Tanque 4 (A/N)		
Tanque 6 (A/FB)		

Resultados estadísticos al finalizar la experiencia con respecto a la ganancia de peso (g) - Carpas (*C. carpio*).

Anexo (Pág. 171-176).

Para averiguar dónde esta diferencia realizamos pruebas de múltiples rangos.

Tabla 13. Prueba de múltiples rangos.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Tanque 5 (C/FB)	24	20,7758	X
Tanque 2 (C/N)	29	26,7831	XX
Tanque 1 (C/M)	28	34,2086	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
Tanque 1 (C/M) - Tanque 2 (C/N)		7,42547	7,98683
Tanque 1 (C/M) - Tanque 5 (C/FB)	*	13,4327	8,38556
Tanque 2 (C/N) - Tanque 5 (C/FB)		6,00727	8,31856

* indica una diferencia significativa.

Para reafirmar el resultado anterior nuevamente proseguimos realizando pruebas comparativas entre los sistemas acuapónicos Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N), pero como en esta ocasión el Tanque 2 (C/N) no presentaba distribución normal entre sus datos decidimos realizar dos pruebas, la prueba W que realiza una comparación de Medianas arrojando un Valor-P = 0.0629 y una prueba de Kolmogorov-Smirnov que analiza la distribución de la muestra y arrojó un Valor-P = 0.1626 dando por resultado que No existen diferencias estadísticamente significativas entre la ganancia de peso (g) de los peces de los dos sistemas acuapónicos.

Resultados estadísticos al finalizar la experiencia con respecto a la ganancia de peso (g) - Castañetas (*A. facetus*).

Anexo (Pág. 176-179).

Como se puede observar en la Tabla 12, No existen diferencias estadísticamente significativas

Resultados estadísticos al finalizar la experiencia con respecto a la ganancia de peso (g) sin Outliers - Carpas (*C. carpio*).

Anexo (Pág. 174-176).

La presencia de los mismos tres outliers uno en el Tanque 2 (C/N) con un peso de 75,62 g y otros dos en el Tanque 5 (C/FB) con un peso de 66,66 g y otro con un peso de 53,86 g que se encontraban distorsionando las comparaciones. Estos son los mismos 3 peces que en se eliminaron para comparar las longitudes y por esto decidimos eliminarlos para realizar nuevamente los análisis. En esta ocasión aparece un tercer pez con el peso fuera de escala en el Tanque 5 (C/FB) con un peso de 46,56 g pero como su longitud no arrojaba problemas para realizar los análisis decidimos no eliminarlo. Por esto mismo la distribución de los pesos del Tanque 5 (C/FB) continúa sin presentar normalidad.

Tabla 14. Resultados estadísticos de peso en gramos al finalizar la experiencia sin outliers, Tanques 1, Tanque 2 y Tanque 5.

Resultados estadísticos al finalizar la experiencia sin outliers		
Grupos	Peso (g)	
	Análisis	Resultados
Tanque 1 (C/M) Tanque 2 (C/N) Tanque 5 (C/FB)	Kruskal-Wallis [Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)] Valor-P = 0,0001 Nivel de confianza del 95,0%	Existe una diferencia significativa entre las medias

Para ayudarnos a discernir dónde estaban las diferencias adjuntamos la gráfica de cajas y bigotes y realizamos y realizamos pruebas de múltiple rangos

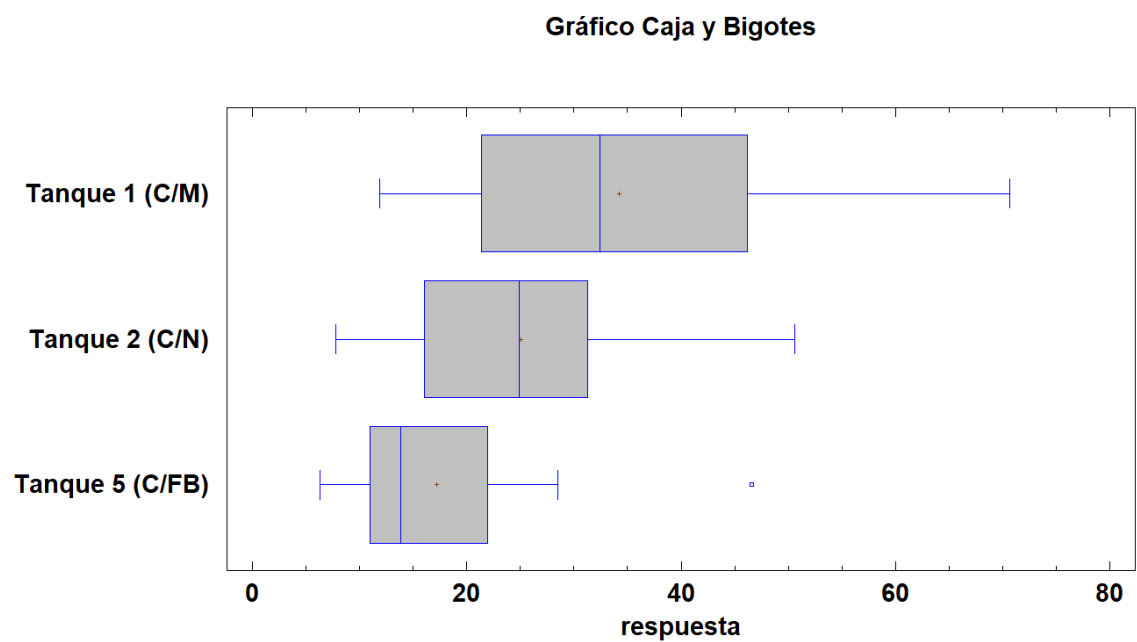


Figura 26. Gráfica Caja y Bigotes

Tabla 15. Prueba de múltiples rangos.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Tanque 5 (C/FB)	22	17,1864	X
Tanque 2 (C/N)	28	25,0389	X
Tanque 1 (C/M)	28	34,2086	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Tanque 1 (C/M) - Tanque 2 (C/N)	*	9,16964	6,71479
Tanque 1 (C/M) - Tanque 5 (C/FB)	*	17,0222	7,15799
Tanque 2 (C/N) - Tanque 5 (C/FB)	*	7,85256	7,15799

* indica una diferencia significativa.

Tasa de alimentación e índice de conversión:

Tabla 16. Tasas de alimentación.

Tasa de alimentación														
Alimentación por periodos de tiempo														
Sistemas:	15 Set. al 28 Set.		29 Set. al 15 Oct.		16 Oct. al 28 Oct.		29 Oct al 09 Nov.		10 Nov. al 23 Nov.		24 Nov al 08 Dic.		09 Dic. al 22 Dic.	
	g/día	g total	g/día	g total	g/día	g total	g/día	g total	g/día	g total	g/día	g total	g/día	g total
Tanque 1 (C/M)	10	120,0	13	188,5	17	212,5	28	252,0	30	360,0	43	623,5	45	585,0
Tanque 2 (C/N)	10	120,0	13	188,5	18	225,0	24	216,0	28	336,0	36	522,0	36	468,0
Tanque 3 (A/M)	10	120,0	11	159,5	14	175,0	15	135,0	17	204,0	17	246,5	17	221,0
Tanque 4 (A/N)	10	120,0	11	159,5	14	175,0	15	135,0	16	192,0	19	275,5	20	260,0
Tanque 5 (C/FB)	10	120,0	13	188,5	17	175,0	17	153,0	24	288,0	31	449,5	31	403,0
Tanque 6 (A/FB)	10	120,0	11	159,5	13	162,5	15	117,0	15	180,0	15	217,5	18	234,0
Tiempos de alim.	12 días (24)		14,5 días (29)		12,5 días (25)		9 días (18)		12 días (24)		14,5 días (29)		13 días (26)	

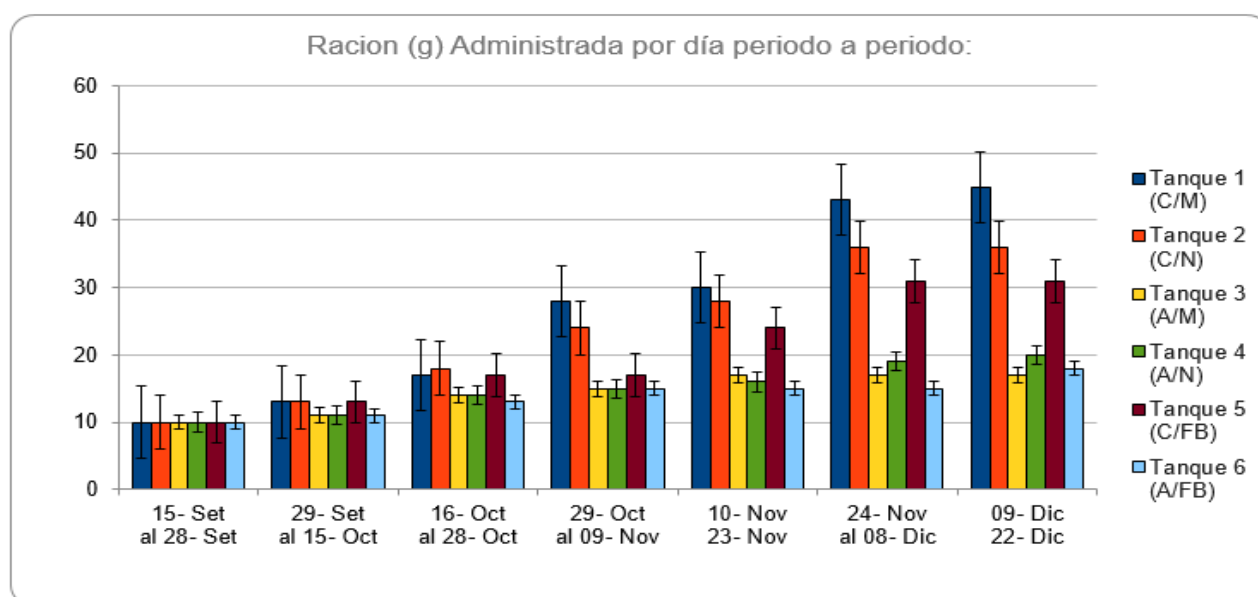


Figura 27. Gráfica Ración (g) administrada por día periodo a periodo.

En esta tabla y la gráfica de la ración administrada por día en cada periodo podemos ver el acompañamiento realizado con respecto a la ganancia de peso y el aumento de ración brindada periodo a periodo de tiempo entre los muestreos realizados durante la experiencia. Por lo tanto la gráfica que enseña la cantidad de ración brindada a cada sistema en cada periodo de tiempo nos vuelve a enseñar como las *C. carpio* tenían una ganancia de peso mayor que las *A. facetus* y al presentar diferencias desde el primer muestre habiendo transcurrido el mismo periodo de tiempo siendo alimentadas con la misma ración en iguales cantidades nos permite sospechar que poseen un mejor índice de conversión. Estos datos presentados aquí se extrajeron de las tablas de los muestreos de los peces Anexo (Pág. 132-142) y de las tablas de alimentación de los peces y control de los sistemas Anexo (Pág. 143-154).

Índice de conversión de los peces:

Tabla 17. Índice de conversión alimenticia.

Índice de conversión					
Sistemas:	Peso (g) inicial	Peso (g) final	Ganancia de peso total (g)	Ración total (g)	Índice de conversión
Tanque 1 (C/M)	209,62	957,84	748,22	2341,5	3,13
Tanque 2 (C/N)	204,05	776,71	572,66	2075,5	3,62
Tanque 3 (A/M)	216,41	330,44	114,03	1261,0	11,06
Tanque 4 (A/N)	213,73	426,88	213,15	1317,0	6,18
Tanque 5 (C/FB)	206,78	498,62	291,84	1777,0	6,09
Tanque 6 (A/FB)	211,82	392,30	180,48	1190,5	6,60

El valor de índice de conversión se calcula dividiendo la cantidad de ración que reciben los peces durante un periodo de tiempo entre lo que han crecido los peces en ese mismo periodo de tiempo.

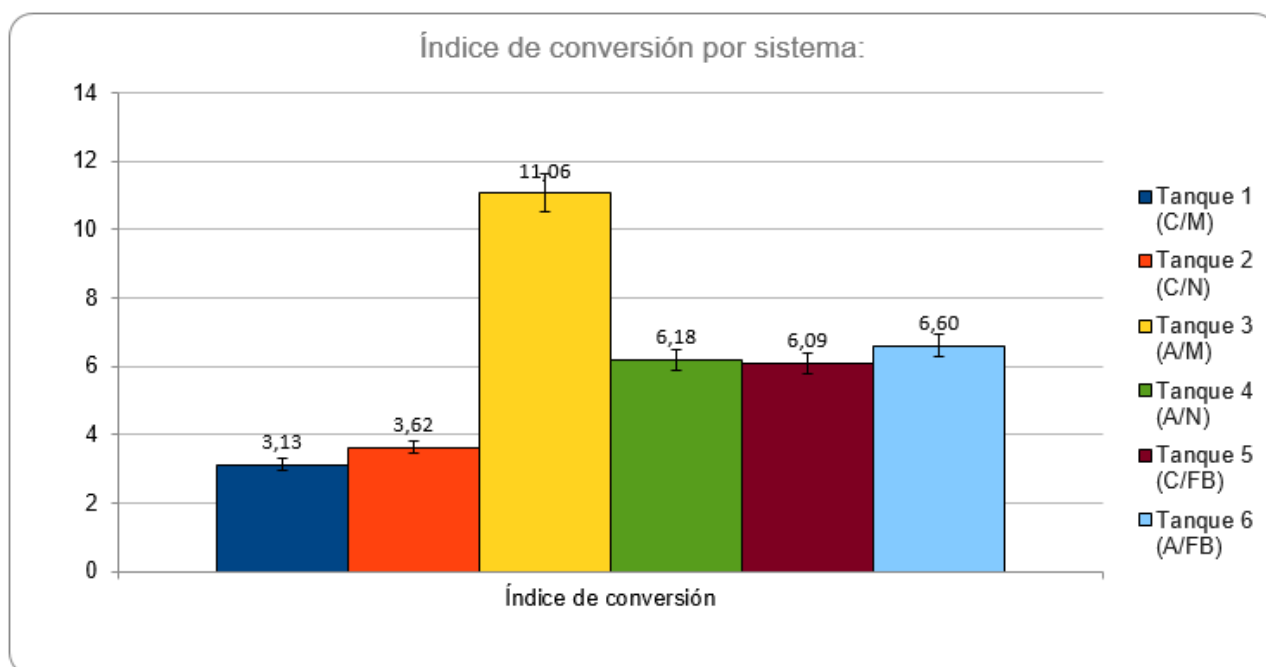


Figura 28. Gráfica de Índice de conversión alimenticia por sistema.

En este gráfico observamos que los dos sistemas con mejores índices de conversión de alimentos pertenecen a sistemas acuapónicos con carpas (*C. carpio*) correspondientes al Tanque 1 (C/M) con un índice de 3,13 y el Tanque 2 (C/N) con un índice de 3,62, esto quiere decir que se necesitaron 3,13 g y 3,62 g de ración para ganar 1 g de peso vivo de pez respectivamente. Además se observa que las carpas en el sistema de Filtro Biológico en Tanque 5 (C/FB) necesitaron 6,09 g de ración para ganar 1 g de peso vivo de pez y esto supone un 94,6% y un 68,23% más ración para conseguir 1 g de peso vivo de pez que el Tanque 1 (C/M) y el Tanque 2 (C/N) respectivamente

Obtuvimos que las carpas (*C. carpio*) con filtro biológico (Tanque 5 (C/FB)) presentó mayor índice de conversión que los tratamientos con acuaponia (Tanque 1 (C/M) y Tanque 2 (C/N)).

En cuanto a las castañetas (*A. facetus*) en acuaponia con menta (Tanque 3 (A/M)) presento mayor índice de conversión que los otros dos tratamientos (Tanque 4 (A/N) y Tanque 6 (A/FB)) posiblemente por problema de reproducción.

Las carpas presentaron mejor índice de conversión que las castañetas siendo más eficientes en el aprovechamiento de la ración.

Supervivencia de los peces:

Tabla 18. Supervivencia de los peces

Supervivencia de los peces			
Tanque:	Numero de peces		Supervivencia (%)
	Inicial:	Final:	
1 (C/M)	33	28	84,85
2 (C/N)	30	29	96,67
3 (A/M)	20	18	90,00
4 (A/N)	19	19	100,00
5 (C/FB)	29	24	82,76
6 (A/FB)	22	22	100,00

En esta tabla podemos apreciar el número de peces con que comenzó cada uno de los sistemas y cómo fue la variación en su cantidad al finalizar la experiencia. Podemos destacar que las *C. carpio* presentaron menor sobrevida presentando una diferencia de hasta 5 animales en dos de sus sistemas (Tanque 1 (C/M) y Tanque 5 (C/FB)) mientras que las *A. facetus* por otro lado presentó el 100% de supervivencia en dos sistemas (Tanque 4 (A/N) y Tanque 6 (A/FB)).

Análisis estadístico de la supervivencia de los peces:

Resultados estadísticos de la supervivencia - Carpas (*C. carpio*).

Tabla 19. Resultados estadísticos de la supervivencia de carpas - Prueba de independencia.

Pruebas de Independencia			
Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	3,10	2	0,2119

Como el valor-P = 0,2129 y es mayor o igual que 0,05, por lo tanto no existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95,0%.

Resultados estadísticos de la supervivencia - Castañetas (*A. facetus*).

Tabla 20. Resultados estadísticos de la supervivencia de las castañetas.
Prueba de independencia.

Pruebas de Independencia			
Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	4,24	2	0,1201

Como el valor-P = 0,1201 y es mayor o igual que 0,05, por lo tanto no existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95,0%.

En resumen, con respecto a la producción de carpas (*Cyprinus carpio*) obtuvimos:

- A. Las carpas crecieron entre 2,96 a 4,90 cm en promedio entre todos los sistemas.
 - a. Se encontraron diferencias en el crecimiento de los peces, siendo los sistemas acuapónicos los que presentaron mayor crecimiento y dentro de estos el sistema con menta fue el que obtuvo mejor crecimiento y por lo tanto el sistema con filtro biológico fue en cual obtuvieron menor crecimiento en longitud.
 - b. Aplicando análisis estadísticos encontramos que hay diferencia significativa entre los crecimientos de las carpas. No obstante, aplicando un análisis de mínima diferencia significativa se muestra que los cultivos con vegetales no difieren entre sí, y que el cultivo con berro no difiere del filtro biológico. Pero se muestra una diferencia significativa en el crecimiento en longitud entre el cultivo con menta y el cultivo en filtro biológico.
 - c. Pero aplicando análisis estadísticos eliminando outliers nos marca que hay diferencias estadísticamente significativas entre los tres sistemas, permaneciendo el sistema con menta como el que presenta mejores crecimientos en longitud, seguido por el sistema con berro y por último con los menores crecimiento el sistema con filtro biológico. Indicando que puede existir una diferencia en el crecimiento dependiendo la planta utilizada en el sistema.
- B. Las carpas engordaron entre 13,65 a 27,86 g en promedio entre todos los sistemas.
 - a. Se encontraron diferencias en la ganancia de peso de las carpas, siendo una vez más los sistemas acuapónicos los que mostraron una ganancia superior y otra vez el sistema con menta sobresale por sobre los otros dos sistemas, y nuevamente el sistema con filtro biológico presenta la menor ganancia de peso.

- b. Aplicando análisis estadísticos reafirmamos lo observado encontrando diferencias estadísticamente significativas en la ganancia de peso de las carpas. No obstante, aplicando un análisis de mínima diferencia significativa se muestra que los sistemas acuapónicos no presentan diferencias entre sí, y que el cultivo con berro tampoco difiere del sistema con filtro biológico. Pero si vuelve a haber una diferencia estadísticamente significativa en la ganancia de peso entre el cultivo con menta y el cultivo con filtro biológico.
 - c. Pero si volvemos a eliminar los mismos outliers y aplicamos análisis estadísticos nos revelan la misma situación que antes, existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres sistemas, permaneciendo el sistema acuapónico con menta como el sistema que presenta mayor ganancia de peso promedio de sus peces, seguido por el sistema con berro y el sistema con filtro biológico es el que presenta un menor desempeño. Señalando una vez más que puede existir diferencias en la ganancia de peso dependiendo de la planta utilizada en el sistema acuapónico.
- C. Los índices de conversión de las carpas promediaron 4,28, siendo mejor valor que el obtenido con las castañetas.
 - a. Obtuvimos que las carpas con filtro biológico presentaron peor índice de conversión (6.09) llegando a ser casi el doble que los índices de los tratamientos con acuaponia con menta (3,13) y berro (3,63).
 - b. Las carpas cultivadas con menta obtuvieron un 15,97% menos de índice de conversión con respecto a las cultivadas con berro, esto es que necesitaron un 15,97% menos de comida para ganar el mismo peso. Y por otro lado las carpas con filtro biológico necesitaron un 94,57% más de comida para obtener la misma ganancia de peso que las carpas cultivadas en menta.
 - c. Estos datos acompañan nuestros resultados en ganancia de peso analizados anteriormente.
- D. El porcentaje de supervivencia de las carpas está dentro de los valores aceptables.
 - a. El cultivo con berro en este caso fue el que obtuvo mejores porcentajes de supervivencia con un 96,67%, Secundado por el sistema con menta con un 84,85% y muy próximo a este el sistema con filtro biológico con un 82,76%.
 - b. Realizamos análisis estadísticos para comparar los porcentajes de supervivencia y estos arrojaron que no existían diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Y en resumen con respecto a la producción de castañetas (*Australoheros facetus*) pudimos observar:

- A. Las castañetas crecieron entre 1,29 a 1,42 cm de longitud promedio entre todos los sistemas.
 - a. No se encontraron grandes diferencias entre los sistemas de cultivo, siendo la diferencia mayo de tan solo 0,13 cm entre el sistema que presentó menor crecimiento de los peces que en este caso es el cultivo acuapónico con menta y el cultivo que presentó un mayor crecimiento que fue el cultivo acuapónico con berro que a su vez, fue secundado muy de cerca por el cultivo con filtro biológico que presentó solo un 0,03 cm promedio por debajo.
 - b. Aplicando análisis estadísticos al crecimiento en longitud de las castañetas encontramos que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los distintos sistemas de cultivo.
- B. Las castañetas obtuvieron ganancias de peso que fueron entre 7,54 a 11,22 g en promedio entre los tres tratamientos.
 - a. En este caso se encuentra que las castañetas cultivadas con berro presentan una ganancia de peso ligeramente superior que los otros dos tratamientos presentando un mínimos de 3,02 gramos superior en promedio que los tratamientos con menta y con filtro biológico
 - b. Aplicando análisis estadísticos obtuvimos que esta diferencia no es significativa estadísticamente hablando y por lo tanto no se aprecian diferencias entre los tres tratamientos.
- C. Los índices de conversión de las castañetas fueron malos, promediando 7,95
 - a. Observamos que las carpas cultivadas con berro obtuvieron el mejor índice de conversión (6,18), seguido muy de cerca por el cultivo con filtro biológico (6,60) y por último el peor índice de conversión de todo el ensayo lo obtuvieron las castañetas cultivadas con menta (11,06).
 - b. Esto nos deja que las castañetas cultivadas con menta necesitaron 178,96% más alimento para obtener las mismas ganancias de peso que las cultivadas en berro y 167,58% más alimento para engordar lo mismo que las castañetas con filtro biológico. Estos son datos que llaman la atención por su disparidad. Por otro lado las castañetas cultivadas en berro necesitaron 6,8% menos de alimento para obtener la misma ganancia.
- D. Con respecto al porcentaje de supervivencia las castañetas obtuvieron valores excelentes.
 - a. Los cultivos en berro y en filtro biológico no sufrieron pérdidas, por lo tanto sus supervivencias fueron del 100%. Mientras que la supervivencia de las castañetas cultivadas en menta fueron del 90%, aunque esta se encuentra

un 10% por debajo de los otros sistemas sigue siendo un muy buen porcentaje de supervivencia.

- b. Realizamos análisis estadísticos para comparar los porcentajes de supervivencia resultando en que no existían diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos.

Observaciones:

- A. Las castañetas son una especie de pez autóctono apenas domesticado y con tímidos avances en su producción y desarrollo. En contraste de las carpas que llevan domesticadas hace centenares de años y está plenamente desarrollada su tecnología de cultivo y el animal posee mucha selección genética para favorecer su desarrollo y adaptación a las raciones comerciales.
- B. Con respecto a crecimiento de la castañeta, aún no se sabe bien las tallas que son capaces de alcanzar en cautiverio ni el tiempo que le lleva en desarrollarse, por lo que el tiempo que las estudiamos en este ensayo puede no ser suficiente para que estas muestren diferencias en su desempeño según tratamientos. Ni cuáles son sus necesidades nutricionales específicas para su correcto desarrollo.
- C. Además se deberían realizar trabajos de mejora genética con el fin de mejorar su performance y aumentar las tallas de los animales.
- D. En el caso del Tanque 3 (M/A) que fue el sistema de castañetas que peor performance tuvo, observamos que tenía una muy buena performance hasta mediado del ensayo momento en el cual comenzaron a haber comportamiento reproductivo y esto generó animales lesionados, algunas pérdidas que sospechamos que fueron por agresividad y una marcada pérdida en la performance hasta llegar a ser el sistema con peor performance de todo el ensayo. Esto deja claro que es una especie precoz y que puede llegar a ser necesario realizar un sexado previo para evitar este tipo de inconvenientes a la hora de engordarlos tal como se realiza con la *Tilapia nilotica*.
- E. Por otro lado en el ensayo queda la prueba de que la *Australoheros facetus* es un pez que tolera bien el cultivo tanto con filtro biológico como también en cultivos con acuaponia presentando excelentes supervivencias.

Producción de plantas de los sistemas acuapónicos:

La producción de plantas fue tal que debimos realizar al menos 2 cosechas parciales en el transcurso de la experiencia. La *Mentha spp* (Menta) tuvo un comienzo más lento pero su producción se mantuvo constante y no presentó problemas en la totalidad de la experiencia. El *Nasturtium officinale* (Berro) por otro lado comenzó con un crecimiento más exuberante y ha mediado de la primavera sufrió ataques de hormigas cortadoras, comenzaron en 24/12/20 por el berro del Tanque 4 (A/N) y continuaron por el Tanque 2 (C/N) el 27/11/20. Este problema lo resolvimos con métodos orgánicos debido a que los químicos podrían dañar a los peces, dejando Arroz blanco alrededor de los tanques y a los pocos días fueron desapareciendo las hormigas. Luego comenzaron a haber ataques de pájaros por lo cual debimos colocar un tejido que los protegiera de los mismos. El tejido fue colocado el 09/12/20. E incluso un felino que apareció en el predio le gustaba mordisquear el berro y dormir sobre él, hasta que una alumna lo adoptó. Por todo lo expuesto pensamos que el berro no alcanzó su máximo potencial en nuestros sistemas.



Figura 29. Realización de podas de *Mentha spp* y *Nasturtium officinale*.

Tabla 21. Cosechas de plantas.

Cosechas de plantas:							
Fecha:	Sistema:	Peso fresco (g):	Fecha:	Peso de materia seca (g):		% Rendimiento	
				Balanza standard	Balanza de precisión		
29/10/2020	Tanque 2 (C/N)	1480,00	16/11/2020	90,00	88,68	6,08	5,99
	Tanque 4 (A/N)	1024,00		70,00	68,38	6,84	6,68
13/11/2020	Tanque 1 (C/M)	490,00		65,00	64,10	13,27	13,08
	Tanque 3 (A/M)	460,00		65,00	63,48	14,13	13,80
8/12/2020	Tanque 1 (C/M)	750,00	11/12/2020	110,00	108,91	14,67	14,52
	Tanque 2 (C/N)	1130,00		80,00	82,05	7,08	7,26
	Tanque 3 (A/M)	1159,00		145,00	146,95	12,51	12,68
	Tanque 4 (A/N)	735,00		50,00	49,88	6,80	6,79
23/12/2020	Tanque 1 (C/M)	1665,00	26/12/2020	305,00	296,51	18,32	17,81
	Tanque 2 (C/N)	30,00		5,00	2,90	16,67	9,67
	Tanque 3 (A/M)	1350,00		255,00	255,93	18,89	18,96
	Tanque 4 (A/N)	335,00		25,00	26,25	7,46	7,84

Las primeras cosechas fueron realizadas en distintas fechas por la velocidad de crecimiento del berro, por lo que la primera cosecha de berro fue pesada y congelada para ser procesada junto con la primera cosecha de menta. Posteriormente se realizaría el mismo procedimiento con los recortes generado por las hormigas, pájaro y el gato, se recolectó todo lo más posible del berro dañado, se pesó en fresco y se sumó a la siguiente cosecha al momento del secado permaneciendo congelado en un Freezer hasta ese momento.

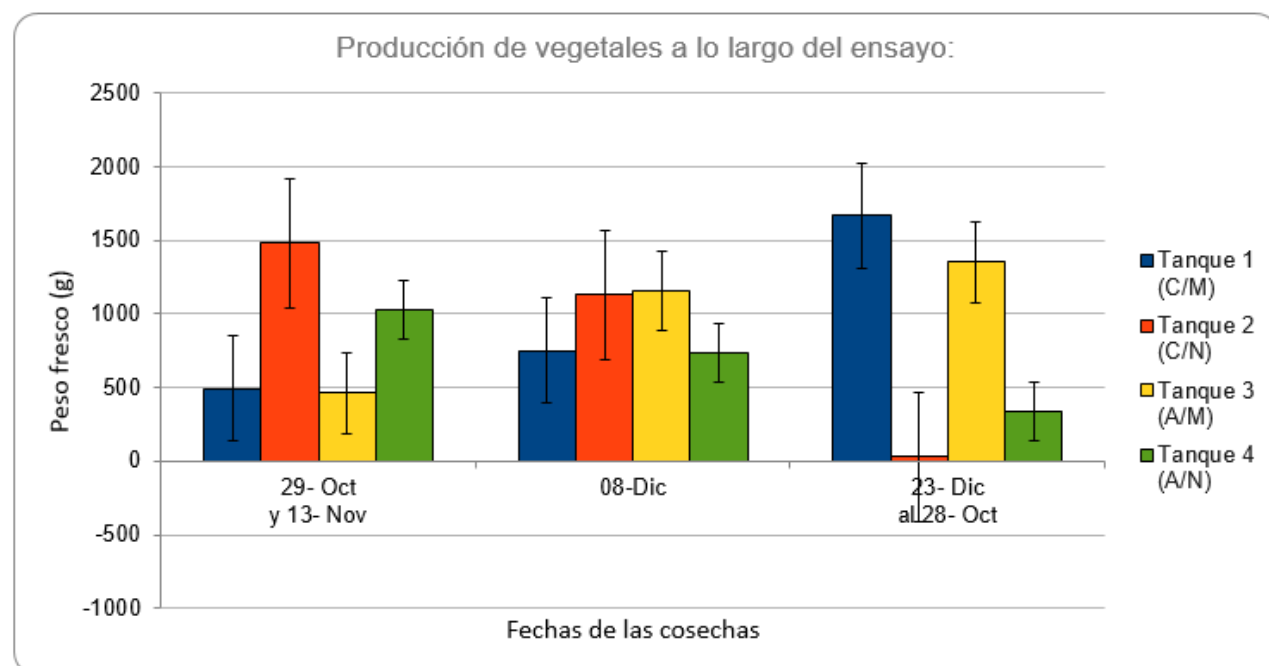


Figura 30. Gráfica de producción de vegetales a lo largo del ensayo.

Esta gráfica nos enseña cuál fue la cantidad de vegetales cosechados en cada una de las cosechas de los distintos sistemas acuapónicos. Evidencia que la menta comenzó con un crecimiento más lento por lo cual la primera cosecha se demoró unos días más, pero continuó produciendo de forma constante y se obtuvo una cosecha final más abundante en ambos sistemas Tanque 1 (C/M) y Tanque 3 (A/M). Por otro lado el berro comenzó con un crecimiento acelerado en ambos sistemas por lo cual debimos realizar su primera cosecha a pocos días de sembrado, pero debido a una serie de problemas ya mencionados su producción fue disminuyendo llegando a ser muy reducida a la hora de la cosecha final como es el caso de Tanque 2 (C/N) y una cosecha modesta en el caso de Tanque 4 (A/N)

Tabla 22. Cosechas de plantas y % rendimientos de cada tanque.

Sistema	Peso fresco total (g)	Peso seco total (g)	% Rendimiento
Tanque 1 (C/M)	2905,00	469,52	16,16
Tanque 2 (C/N)	2640,00	173,63	6,58
Tanque 3 (A/M)	2969,00	466,36	15,71
Tanque 4 (A/N)	2094,00	144,51	6,90

Esta tabla muestra cuál fue la producción total de vegetales en cada uno de los sistemas acuapónicos enseñando la producción en peso fresco total producido en 0,48 m² de superficie en los 93 días del ensayo, su equivalente en peso seco y el porcentaje promedio que este último representa con respecto al peso fresco expresado como % de Rendimiento.

Pese a las complicaciones con el *Nasturtium officinale* la producción total no fue muy inferior a la producción de *Mentha spp* pero estamos seguros de que podría ser muy superior al que obtuvimos.

Usaremos el peso fresco para calcular las posibles ganancias monetarias de la producción de vegetales.

Posibles ganancias derivadas de la producción de las plantas:

Tabla 23. Tabla de precios de berro y menta en distintas localidades.

TABLA DE PRECIOS BERRO Y MENTA EN DISTINTAS LOCALIDADES						
Vegetales:	Localidad:	Lugar de venta:	Marca:	Presentación (g):	Precio (\$):	Precio (\$) por gramo:
BERRO	Minas	Súper feria	Cultivo Hidropónico Premium	185	95	0,51
	Maldonado	Supermercado Disco	Granja Brida	100	69	0,69
		Supermercado TATA	Sin Marca	100	59	0,59
		Supermercado El Dorado	Sin Marca	100	69	0,69
	Montevideo	Supermercado Devoto	Granja Brida	100	64	0,64
		Supermercado Disco	Granja Brida	100	64	0,64
	Mercedes	Distribuidor	Sin Marca	110	40	0,36
MENTA	Minas	Súper feria	Granja Tio Neto	35	69	1,97
	Maldonado	Supermercado Disco	Granja Mallorca	35	59	1,69
			Nuestra Quinta	30	74	2,47
		Supermercado TATA	Sin Marca	15	65	4,33
		Supermercado El Dorado	Sin Marca	20	65	3,25
	Montevideo	Supermercado Devoto	Nuestra Quinta	30	64	2,13
			Hidrofarm	30	69	2,30
		Supermercado Disco	Hidrofarm	30	69	2,30
			Nuestra Quinta	50	86	1,72
			Nuestra Quinta	30	64	2,13
	Mercedes	Distribuidor	Sin Marca	110	40	0,36

En la totalidad de los casos el producto se vende como cortes frescos y se presenta empaquetado, desde muy sencillo en bolsas de nylon sin etiquetado más que el nombre de lo que contiene el paquete, pasando por bolsas de nylon selladas y con un etiquetado del producto y con información del producto y forma de producción tal como “de invernadero”, “hidroponia” u “orgánico”, llegando a empaquetados más elaborados con bandejas y cubierta de plástico con etiquetado con más apuestas al merchandising. Este último tipo de presentación se utilizaba en el caso de la *Mentha spp.* En el caso de *Nasturtium officinale* siempre aparecía en los anaqueles con la presentación más básica. También este último era más difícil de conseguir, debiendo en algunos casos solicitar la información en los registros por no encontrarse actualmente en venta.

Tabla 24. Posibles ganancias por la producción de berro y menta en distintas localidades.

POSIBLES GANANCIAS POR LA PRODUCCION DE BERRO Y MENTA EN DISTINTAS LOCALIDADES						
Vegetales:	Localidad:	Precio (\$) por gramo:	Precio (\$) promedio por gramo por localidad:	Posible ganancia (\$) Acuaponia con <i>C. carpio</i> *	Posible ganancia (\$) Acuaponia con <i>A. facetus</i> **	Posible ganancia (\$) Totales ***
BERRO	Minas	0,51	0,51	1355,68	1075,30	2430,97
	Maldonado	0,69	0,66	1733,60	1375,06	3108,66
		0,59				
		0,69				
	Montevideo	0,64	0,64	1689,60	1340,16	3029,76
		0,64				
	Mercedes	0,36	0,36	960,00	761,45	1721,45
MENTA	Minas	1,97	1,97	5727,00	5853,17	11580,17
	Maldonado	1,69	2,93	8523,06	8710,83	17233,90
		2,47				
		4,33				
		3,25				
	Montevideo	2,13	2,12	6150,85	6286,36	12437,22
		2,30				
		2,30				
		1,72				
		2,13				
	Mercedes	0,36	0,36	1056,36	1079,64	2136,00

*Peso fresco (g) de Tanque 2 (C/N) = 2640 y Tanque 1 (C/M) = 2905

**Peso fresco (g) de Tanque 4 (A/N) = 2094 y Tanque 3 (A/M) = 2969

***Es la suma de las ganancias de los dos sistemas acuapónicos con las mismas plantas

Si bien sabemos que para este cálculo no se ha tenido en cuenta el costo de producción, empaquetado y distribución nos sorprendieron los números. Considerando que cada sistema contaba con 0,48 m² de superficie de siembra dividido en dos cajones y por lo tanto una superficie de siembra total de 0,96 m² si contamos la producción de los dos sistemas con las mismas plantas resultan muy alentadores los números aquí presentados.

En resumen, con respecto a la producción de plantas en acuaponia:

- A. Se produjeron 5874 g de menta en 0,96 m² en los 93 días del ensayo, dando como promedio 1958 g de menta por mes. Con una posible ganancia total de venta directa al público que oscila entre 11580 a 17233 pesos uruguayos.
 - a. De los cuales 2905 g fueron producidos con el agua de las carpas en 0,48 m² en esos 93 días de ensayo, dando como promedio 968,33 g al mes. Con una posible ganancia total de venta directa al público que oscila entre 5727 a 8523 pesos uruguayos.
 - b. El resto, 2969 g de menta se produjeron con el agua de las castañetas en 0,48 m² en esos 93 días de ensayo, arrojando un promedio de 989,67 g por mes. Con una posible ganancia total de venta directa al público que oscila entre 5853 a 8710 pesos uruguayos

- c. La menta es el cultivo vegetal mejor cotizado con respecto al berro tomando un valor de venta directa al público que oscila entre 1,97 a 2.93 pesos uruguayos por gramo.
 - d. No se observan casi diferencias entre las producciones con respecto al volumen de producción ni con la sanidad. Ambas especies de peces parecen ser similares para la menta.
 - e. Es un cultivo muy resistente, la hormiga cortadora no la atacó y las aves tampoco por lo cual esta especie no necesitaría tomar medidas adicionales de protección del cultivo.
 - f. Podemos concluir que solo con el agua del cultivo de ambas especies es suficiente para que la menta se desarrolle de forma saludable.
 - g. Con relación a favorecer la producción y sanidad de los peces observamos que es la especie de planta que tiene mayor peso de materia seca (15,98% promedio), por lo tanto, estimamos que fue la que retiró mayor cantidad de materia orgánica y menor cantidad de agua del sistema.
 - h. Los dos cultivos mostraron comportamientos opuesto con relación a la performance de los peces. Las carpas en menta fueron los peces con mejor performance del ensayo y podemos atribuirlo a lo expresado en el punto anterior. Pero en el caso de las castañetas cultivadas con menta se vio todo lo contrario, fueron los peces con peor performance del ensayo, Pero si observamos con detenimiento hasta la mitad del ensayo venían siendo el grupo de castañetas que mejor performance presentaban hasta que comenzaron los comportamientos reproductivos. Y estos comportamientos reproductivos pueden haber sido desencadenados por poseer una mejor calidad del agua generada por la presencia de la menta, dado que no sucedió en ningún otro sistema con castañetas que compartían similares tallas.
- B. Se produjeron 4734 g de berro en 0,96 m² en los 93 días del ensayo, dando como promedio 1578 g de berro por mes. Con una posible ganancia total de venta directa al público que oscila entre 11580 a 17233 pesos uruguayos.
- a. De los cuales 2640 g fueron producidos con el agua de las carpas en 0,48 m² en esos 93 días de ensayo, dando como promedio 880 g al mes. Con una posible ganancia total de venta directa al público que oscila entre 1355 a 1733 pesos uruguayos.
 - b. El resto, 2094 g de menta se produjeron con el agua de las castañetas en 0,48 m² en esos 93 días de ensayo, arrojando un promedio de 698 g por mes. Con una posible ganancia total de venta directa al público que oscila entre 1075 a 1375 pesos uruguayos.
 - c. El berro es el cultivo vegetal que se encuentra con la cotización más baja en el mercado con un valor de venta directa al público que oscila entre los 0,51 a 0,66 pesos uruguayos por gramo.

- d. Se observa una diferencia de un 20,7% de producción entre el berro cultivado con carpas y el berro cultivado con castañetas, siendo superior el berro cultivado con carpas. Pero es válido destacar que el berro cultivado con castañetas fue el más atacado por las hormigas.
- e. Es un cultivo frágil y apetecible, fue atacado por hormigas cortadoras que debilitó el cultivo y nos hizo perder parte de la producción de lo que hubiese sido la segunda poda. Además, fue atacado por aves que comían sus hojas y picoteaban sus tallos, lo cual nos produjo más mermas en la producción. Se tornó necesario tomar varias medidas para proteger el cultivo como control de plagas y colocar un tejido para protegerlo.
- f. Creemos que solo con el agua de ambas especies es suficiente para producir esta planta, pero al no poder observar su verdadero potencial de crecimiento debido a que recibió tantas agresiones no nos atrevemos a afirmar que el cultivo a pleno no presentara alguna carencia nutricional, pero nada parece apuntar en esa dirección.
- g. Con relación a favorecer la producción y sanidad de los peces observamos que es la especie de planta que tiene menor peso de materia seca (6,74% promedio), por lo tanto, concluimos que fue la planta que retiró menor cantidad de materia orgánica y mayor cantidad de agua del sistema.
- h. Los cultivos de peces mostraron un comportamiento distinto por especie con relación al berro. Las carpas crecieron mejor siendo cultivadas con berro que con el sistema de filtro biológico, pero crecieron menos que las cultivadas con menta, tanto es así que eliminando los outliers nos dio que existían diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos. Esto perfilaba a ser semejante con las castañetas pero en el cultivo con menta aparecieron comportamientos reproductivos dejando al cultivo de castañetas con berro como el que obtuvo mejores performance pero esta diferencia no representa una diferencia estadísticamente significativa entre ninguno de los tratamientos.

Parámetros del agua de los distintos sistemas a lo largo de todo el ensayo:

Tabla 25. Parámetros del agua Tanque 1 (C/M).

Tabla 26. Parámetros del agua Tanque 2 (C/B).

Tabla 27. Parámetros del agua Tanque 3 (A/M).

Control de parámetros del agua											
Tanque 1 (C/M)											
Fecha	21-sept	28-sept	5-oct	14-oct	26-oct	2-nov	9-nov	16-nov	23-nov	8-dic	18-dic
T (°C)	6,00	7,00	8,00	10,00	15,00	21,00	19,00	19,00	23,00	19,50	22,00
NO ₂ (mg/l)	0,05	0,50	1,00	0,50	0,50	1,70	1,00	1,00	0,25	0,25	1,70
NH ₃ /Nh ₄ (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NO ₃ (mg/l)						50,00	50,00		0,00	10,00	0,00
NO ₂ (mg/l)						1,00	1,00		1,00	1,00	1,00
GH (°d)						16,00	16,00		16,00	16,00	16,00
KH (°d)						10,00	10,00		20,00	15,00	10,00
pH						7,60	7,20		7,60	6,80	7,20
CL ₂ (mg/l)						0,00	0,00		0,80	0,00	0,00
Tanque 2 (C/B)											
Fecha	21-sept	28-sept	5-oct	14-oct	26-oct	2-nov	9-nov	16-nov	23-nov	8-dic	18-dic
T (°C)	6,00	7,00	8,50	10,00	16,00	21,00	19,00	19,00	22,00	19,50	21,00
NO ₂ (mg/l)	0,05	0,25	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,70
NH ₃ /Nh ₄ (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NO ₃ (mg/l)						10,00	10,00		10,00	0,00	10,00
NO ₂ (mg/l)						1,00	1,00		1,00	0,00	1,00
GH (°d)						16,00	16,00		16,00	16,00	16,00
KH (°d)						20,00	15,00		15,00	15,00	20,00
pH						7,60	7,60		7,60	6,80	8,00
CL ₂ (mg/l)						0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
Tanque 3 (A/M)											
Fecha	21-sept	28-sept	5-oct	14-oct	26-oct	2-nov	9-nov	16-nov	23-nov	8-dic	18-dic
T (°C)	6,00	8,00	8,00	11,00	16,00	22,00	18,00	19,00	24,00	19,00	22,00
NO ₂ (mg/l)	0,05	0,25	0,25	0,25	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05
NH ₃ /Nh ₄ (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NO ₃ (mg/l)						10,00	10,00		0,00	0,00	0,00
NO ₂ (mg/l)						1,00	5,00		0,00	1,00	0,00
GH (°d)						16,00	16,00		16,00	16,00	16,00
KH (°d)						15,00	20,00		20,00	6,00	6,00
pH						7,60	6,80		8,00	6,80	7,20
CL ₂ (mg/l)						0,00	0,00		0,80	0,00	0,00

Tabla 28. Parámetros del agua Tanque 4 (A/B).

Tabla 29. Parámetros del agua Tanque 5 (C/FB).

Tabla 30. Parámetros del agua Tanque 6 (A/FB).

Tanque 4 (A/B)											
Fecha	21-sept	28-sept	5-oct	14-oct	26-oct	2-nov	9-nov	16-nov	23-nov	8-dic	18-dic
T (°C)	6,00	7,00	9,00	12,00	16,00	20,00	19,00	20,00	25,00	20,00	23,00
NO ₂ (mg/l)	0,05	0,50	0,25	0,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25
NH ₃ /NH ₄ (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NO ₃ (mg/l)						10,00	10,00		0,00	0,00	0,00
NO ₂ (mg/l)						1,00	1,00		0,00	0,00	0,00
GH (°d)						18,00	16,00		16,00	16,00	16,00
KH (°d)						20,00	20,00		15,00	10,00	6,00
pH						8,00	7,60		7,60	7,20	7,60
CL ₂ (mg/l)						0,00	0,00		0,80	0,00	0,00

Tanque 5 (C/FB)											
Fecha	21-sept	28-sept	5-oct	14-oct	26-oct	2-nov	9-nov	16-nov	23-nov	8-dic	18-dic
T (°C)	6,00	7,00	7,50	10,00	15,00	19,00	18,00	19,00	24,00	19,00	22,00
NO ₂ (mg/l)	0,05	0,15	0,25	0,25	1,00	0,25	0,25	0,25	1,00	1,00	0,25
NH ₃ /NH ₄ (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NO ₃ (mg/l)						0,00	10,00		10,00	0,00	0,00
NO ₂ (mg/l)						1,00	1,00		1,00	1,00	0,00
GH (°d)						8,00	16,00		16,00	16,00	16,00
KH (°d)						10,00	15,00		20,00	20,00	20,00
pH						7,20	7,60		8,00	7,20	7,60
CL ₂ (mg/l)						0,00	0,00		0,80	0,00	0,00

Tanque 6 (A/FB)											
Fecha	21-sept	28-sept	5-oct	14-oct	26-oct	2-nov	9-nov	16-nov	23-nov	8-dic	18-dic
T (°C)	7,00	7,00	8,00	10,00	14,00	18,00	18,00	18,00	24,00	19,00	22,00
NO ₂ (mg/l)	0,05	0,25	1,00	1,00	0,25	0,25	0,15	0,25	0,25	0,25	0,15
NH ₃ /NH ₄ (mg/l)	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NO ₃ (mg/l)						0,00	10,00		10,00	0,00	0,00
NO ₂ (mg/l)						1,00	1,00		1,00	0,00	0,00
GH (°d)						8,00	16,00		16,00	16,00	16,00
KH (°d)						10,00	20,00		20,00	15,00	20,00
pH						7,60	7,60		8,00	7,60	7,20
CL ₂ (mg/l)						0,00	0,00		0,80	0,00	0,00

Estas tablas se desprenden de las planillas de control de los parámetros del agua realizados durante la experiencia. **Anexo (Pág. 155-157)**

Análisis estadístico de los parámetros del agua:

Comparación Estadística de las temperaturas (°C) de los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)

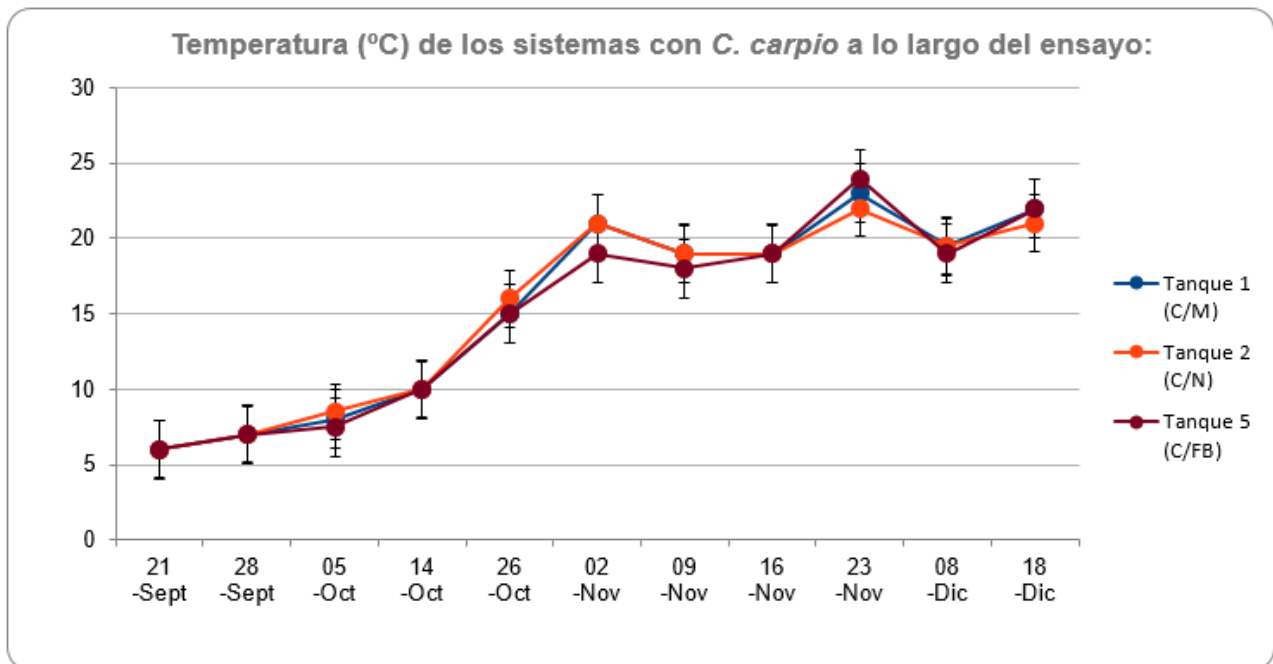


Figura 31. Gráfica de la Temperatura (°C) de los sistemas con *C. carpio* a lo largo del ensayo.

Podemos observar que las temperaturas de los sistemas no se aprecian grandes diferencias en sus temperaturas pudiendo llegar a ser de dos grados en algunos casos pero siendo estas diferencias circunstanciales volviendo a equipararse o invirtiendo las diferencias.

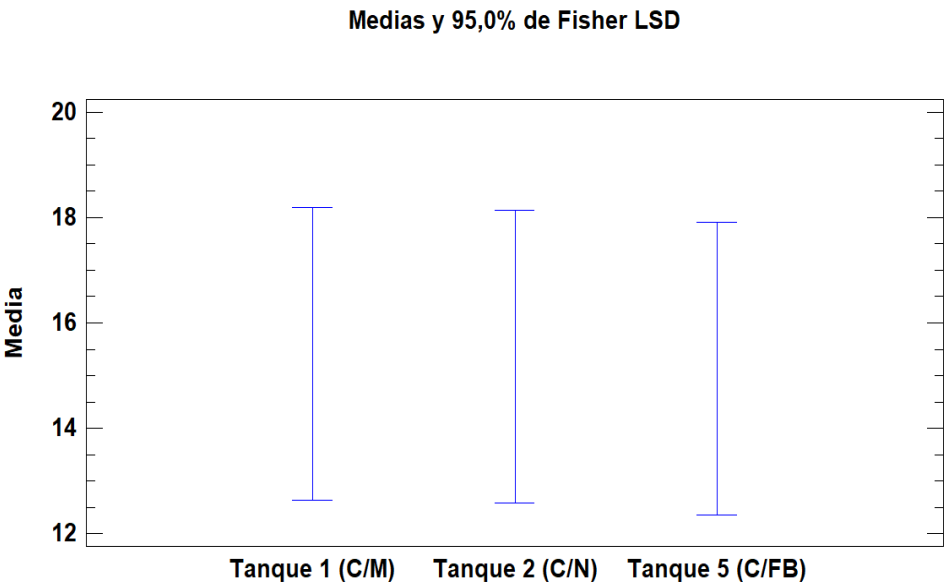
Anexo (Pág. 155-157)

Tabla 31. Resultados estadísticos de la Temperatura del agua del tanque 1, tanque 2 y tanque 5.

Resultado estadístico de los parámetros del agua:		
Tanques:	Temperatura (°C)	
	Análisis	Resultados
Tanque 1 (C/M) Tanque 2 (C/N) Tanque 5 (C/FB)	ANOVA [Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)] Valor-P = 0,9942 Nivel de confianza del 95,0%	No existe una diferencia estadísticamente significativa entre sus medias

Para ver los análisis completos diríjase al **Anexo (Pág. 180)**.

Figura 32. Gráfica Medias y 95 % de fisher LSD.



Podemos concluir que las temperaturas de los tres sistemas no presentan diferencias estadísticamente significativas que puedan afectar el desempeño o sesgar el mismo de las Carpas (*Cyprinus carpio*) a favor o en detrimento de uno u otro de los sistemas. Pudiendo descartar este parámetro del agua como posible factor de variación en el crecimiento de los peces entre los distintos sistemas.

Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)

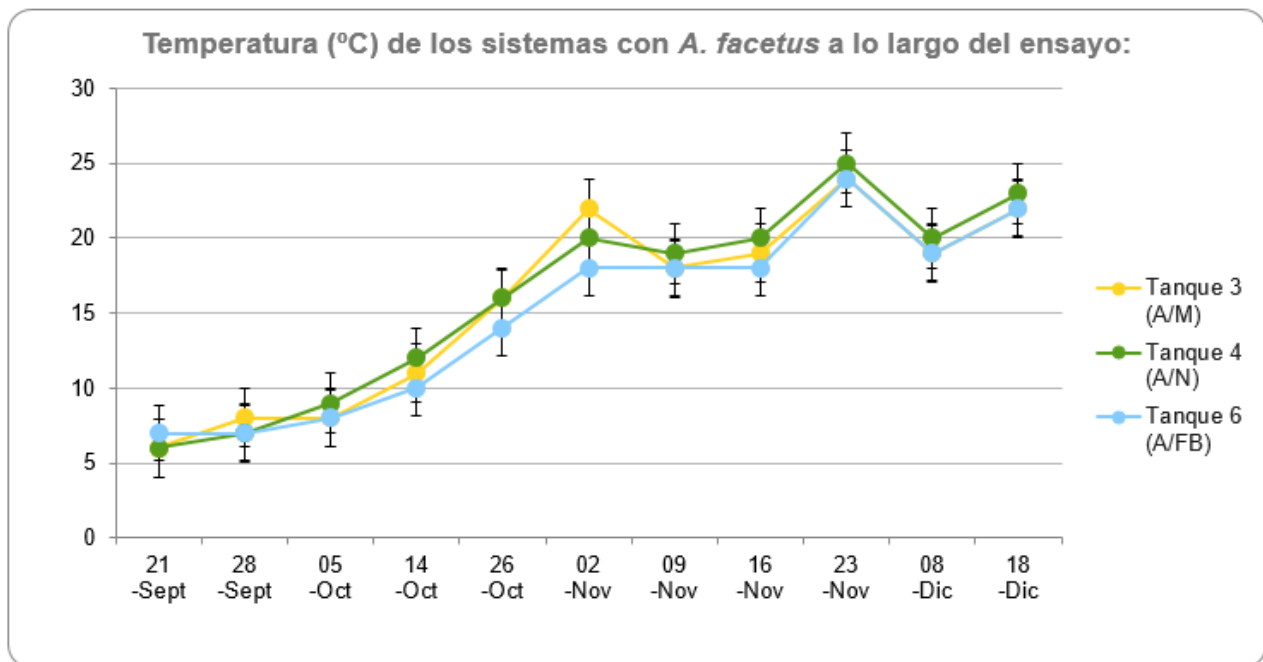


Figura 33. Gráfica de Temperatura (°C) de los sistemas con *A. facetus* a lo largo del ensayo.

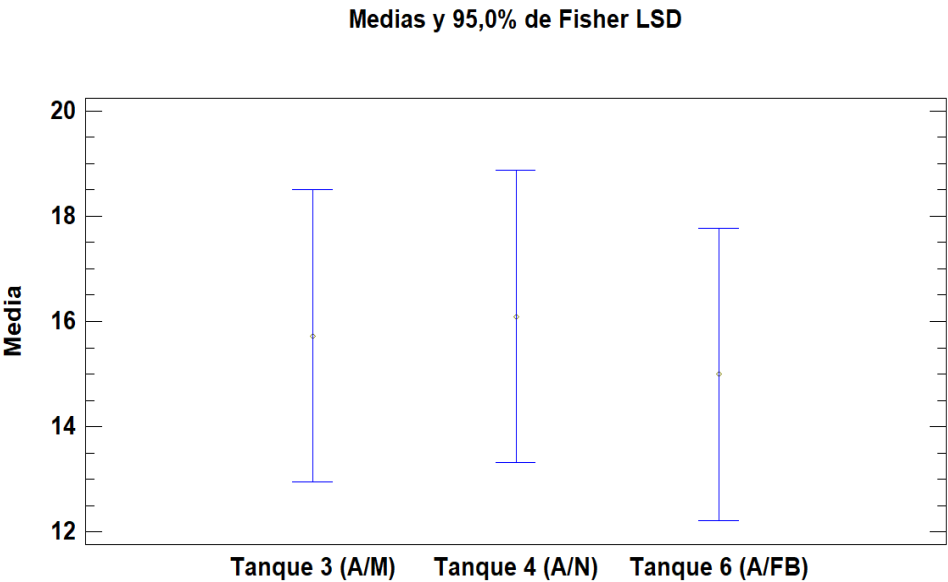
Nuevamente podemos observar en su gráfica que las temperaturas de los tres tanques son muy similares a lo largo de todo el ensayo. En este caso el Tanque 6 (A/FB) parece estar siempre un poco por debajo con respecto a uno u otro de los Tanques con Acuaponia pero no parece una diferencia importante a simple vista. **Anexo (Pág. 155-157).**

Tabla 32. Resultado estadístico parámetros del agua, tanque 3, tanque 4 y tanque 6.

Resultado estadístico de los parámetros del agua:		
Tanques:	Temperatura (°C)	
	Análisis	Resultados
Tanque 3 (A/M) Tanque 4 (A/N) Tanque 6 (A/FB)	ANOVA [Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)] Valor-P = 0,9201 Nivel de confianza del 95,0%	No existe una diferencia estadísticamente significativa entre sus medias

Para ver los análisis completos diríjase al **Anexo (Pág. 181)**.

Figura 34. Gráfica de Medias y 95 % de fisher LSD.



Como las temperaturas entre los tres sistemas no presentan diferencias estadísticamente significativas podemos descartar que este factor o parámetro del agua pudiera generar una diferencia en la performance de las Castañetas (*Australoheros facetus*) durante el periodo que duró la experimentación.

Comparación Estadística de la concentración de Amoniaco/Amonio (NH₃/NH₄) (mg/l) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)

Pudimos observar que para todos los sistemas con *Cyprinus carpio* que el Amoniaco/Amonio (NH₃/NH₄) permanecieron indetectables (0.00 mg/l) durante la totalidad de la experiencia. Siendo 0.5 mg/l el máximo deseable para mantener la sanidad de los peces (Candarle, 2016). Y como logramos apreciar diversos valores de sus subproductos del ciclo de nitrógeno durante la experiencia podemos asumir que cualquiera de los tres sistemas, ósea tanto los acuapónicos (Tanque 1 (C/M) y Tanque 2 (C/N)) como el del filtro biológico (Tanque 5 (C/FB)) son capaces de controlar adecuadamente este parámetro por debajo de los niveles deseados. Además podemos concluir que el Amoniaco/Amonio (NH₃/NH₄) no podría haber afectado la performance de las *Cyprinus carpio* en ninguno de los tres sistemas y por lo tanto este parámetro no pudo causar la aparición de diferencias en los desempeños de los peces en ninguno de los sistemas.

Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)

Nuevamente podemos observar que para todos los sistemas con *Australoheros facetus* el Amoniaco/Amonio (NH₃/NH₄) también permanecieron indetectables (0.00 mg/l) durante la totalidad de la experiencia. Y una vez más logramos apreciar diversos valores de sus subproductos del ciclo de nitrógeno durante la experiencia reafirmamos nuestra presunción de que cualquiera de los tres sistemas, ósea tanto los acuapónicos (Tanque 3 (A/M) y Tanque 4 (A/N)) como el del filtro biológico (Tanque 6 (A/FB)) son capaces de controlar adecuadamente este parámetro por debajo de los niveles deseados. Y volvemos a concluir que el Amoniaco/Amonio (NH₃/NH₄) no podría haber afectado la performance de los *Australoheros facetus* en ninguno de los tres sistemas.

Comparación Estadística de la concentración de Nitritos (NO₂) (mg/l) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)

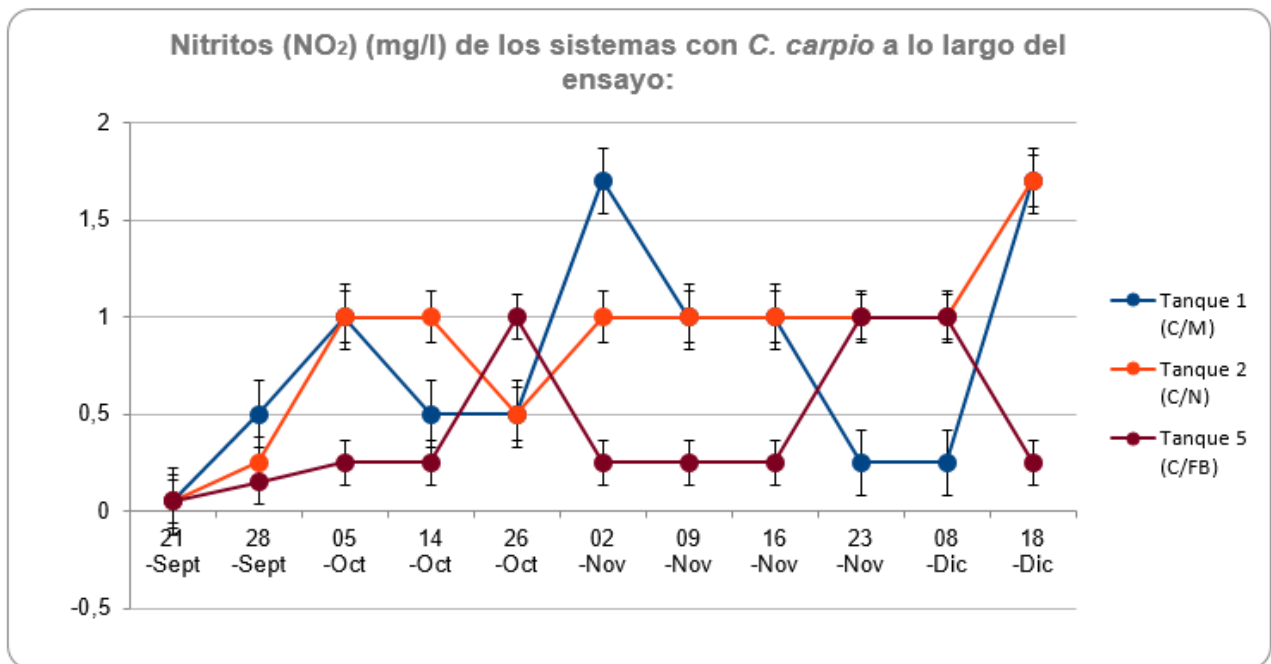


Figura 35. Gráfica de la concentración de Nitritos de los sistemas con *C. carpio* a lo largo del ensayo.

Observando la gráfica que en todos los sistemas con *C. carpio* la concentración de los nitritos fue variando y todos ellos pasaron por los rangos obtenidos en los muestreos en diferentes ocasiones y parecería que el Tanque 5 (C/FB) fue el que tiene en promedio menor concentración. **Anexo (Pág. 155-157).**

Tabla 33. Resultados estadísticos de la concentración de Nitritos (NO₂) en Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) y Tanque 5 (C/FB).

Resultado estadístico de los parámetros del agua:		
Tanques:	Nitritos (NO ₂) (mg/l)	
	Análisis	Resultados
Tanque 1 (C/M) Tanque 2 (C/N) Tanque 5 (C/FB)	ANOVA [Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)] Valor-P = 0,0873 Nivel de confianza del 95,0%	No existe una diferencia estadísticamente significativa entre sus medias

Esta tabla resume los análisis estadísticos realizados a los valores de la concentración de Nitritos (NO₂) durante todo el transcurso del ensayo, para ver los análisis completos diríjase al **Anexo (Pág. 182)**.

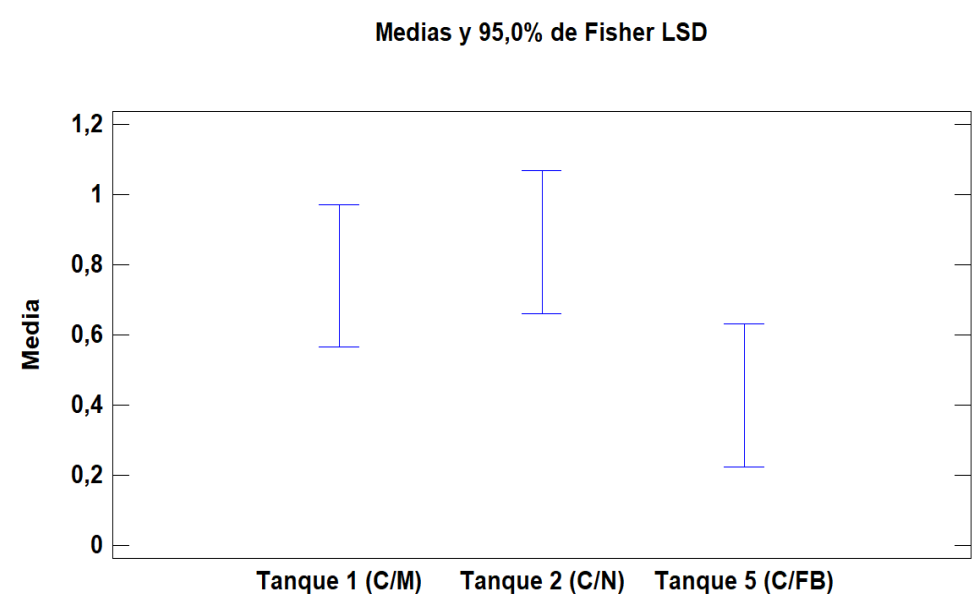


Figura 36. Gráfica de Medias y 95% de Fisher LSD.

Observando esta gráfica de Media, sospechamos del resultado de la Tabla de ANOVA por lo cual continuamos el análisis de las concentraciones de Nitritos (NO₂) con la creación de una Tabla de Medias.

Tabla 34. Tabla de Medias con intervalos de confianza del 95%.

Tabla de Medias con intervalos de confianza del 95,0%

			<i>Error Est.</i>		
	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>(s agrupada)</i>	<i>Limite Inferior</i>	<i>Limite Superior</i>
Tanque 1 (C/M)	11	0,768182	0,140978	0,564595	0,971769
Tanque 2 (C/N)	11	0,863636	0,140978	0,66005	1,06722
Tanque 5 (C/FB)	11	0,427273	0,140978	0,223686	0,630859
Total	33	0,686364			

Esta tabla muestra la media para cada sistema con respecto a la concentración de Nitritos (NO_2). También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad del muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media.

Los intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Están contruidos de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se superpondrán un 95,0% de las veces.

Con esta tabla podemos observar que los intervalos de los sistemas de los Tanque 1 (C/M) y el Tanque 2 (C/N) se superponen razonablemente pero el intervalo del Tanque 5 (C/FB) no se superpone tanto con el intervalo del Tanque 1 (C/M) y no coinciden en lo absoluto con el intervalo de Tanque 2 (C/N). Realizamos las Pruebas de Rangos Múltiples para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 35. Prueba de múltiples rangos.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Tanque 5 (C/FB)	11	0,427273	X
Tanque 1 (C/M)	11	0,768182	XX
Tanque 2 (C/N)	11	0,863636	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Tanque 1 (C/M) - Tanque 2 (C/N)		-0,0954545	0,407173
Tanque 1 (C/M) - Tanque 5 (C/FB)		0,340909	0,407173
Tanque 2 (C/N) - Tanque 5 (C/FB)	*	0,436364	0,407173

* indica una diferencia significativa.

El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

A raíz de estos análisis observamos que el sistema con Filtro Biológico (Tanque 5 (C/FB)) ha tendido una menor concentración de Nitritos durante toda la experiencia, siendo esta concentración estadísticamente diferente a la del Sistema acuapónico con Berro (*Nasturtium officinale*) (Tanque 2 (C/N)) que presenta una mayor concentración de Nitritos. Con respecto al Sistema acuapónico con Menta (*Mentha spp*) (Tanque 1 (C/M)) ha presentado mayor variabilidad en la concentración de éste no presentando diferencias estadísticamente significativas con ninguno de los otros dos sistemas.

Considerando que los valores de concentración por arriba del rango de 10 a 20 mg/l de Nitritos (NO_2) puede ser perjudicial para la salud de los peces (Candarle, 2016). Podemos afirmar que cualquiera de los tres sistemas consiguió mantener este parámetro bajo valores seguros para los peces. El Sistema con Filtro Biológico (Tanque 5 (C/FB)) presentó mejor calidad del agua durante la experiencia seguido por el Sistema Acuapónico con Menta (*Mentha spp.*) (Tanque 1 (C/M)) y en último lugar estaría situado el Sistema Acuapónico con Berro (*Nasturtium officinale*) que permaneció más tiempo con valores más elevados de Nitritos (NO_2) presentando una peor calidad del agua con respecto a este parámetro. Como ningún sistema ha sufrido un exceso de concentración de Nitritos (NO_2) es difícil concluir que las diferencias en este parámetro sean causal de diferenciación de performance, pero es una posibilidad.

Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)

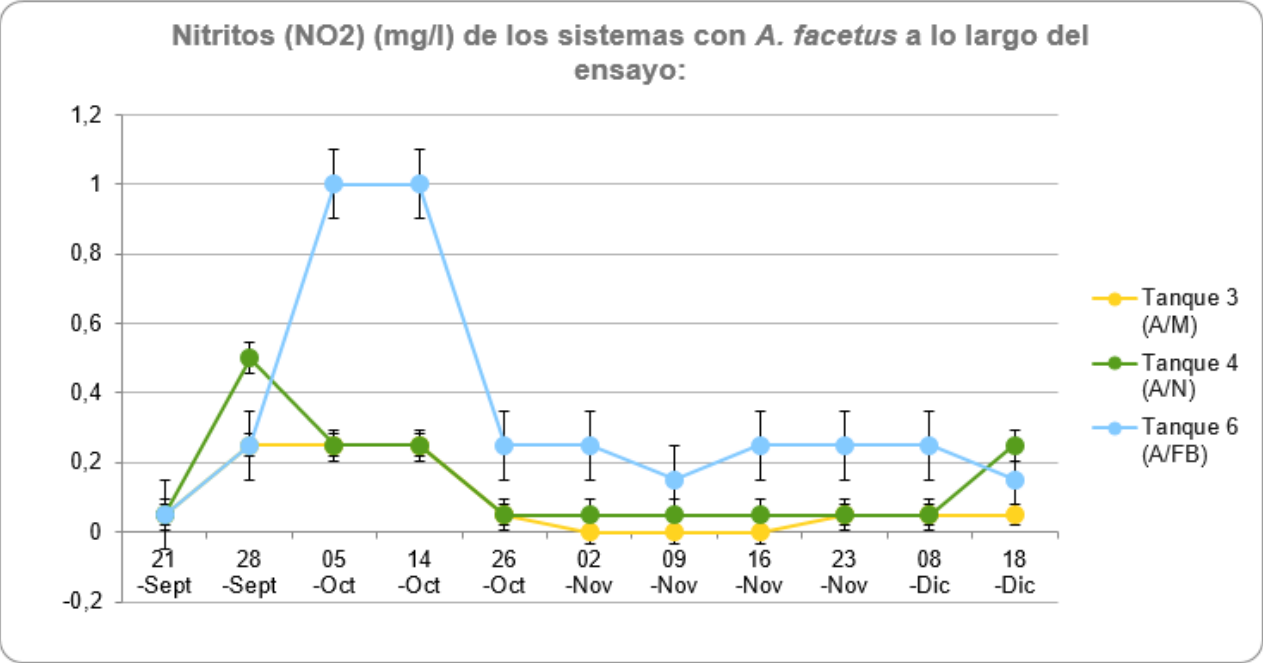


Figura 37. Gráfica de la concentración de Nitritos de los sistemas con *A. facetus* a lo largo del ensayo.

En esta ocasión podemos observar en su representación gráfica que el sistema con solo Filtro Biológico (Tanque 6 (A/FB)) ha tenido concentraciones de Nitritos más elevadas a lo largo de casi todo el ensayo, mientras que los sistemas Acuapónicos (Tanque 3 (A/M) y Tanque 4 (A/N) permanecido con concentraciones más bajas y similares entre ellos.

Anexo (Pág. 155-157).

Tabla 36. Resultados estadísticos de la concentración de Nitritos del agua, en Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) y Tanque 6 (A/FB).

Resultado estadístico de los parámetros del agua:		
Tanques:	Nitritos (NO ₂) (mg/l)	
	Análisis	Resultados
Tanque 3 (A/M) Tanque 4 (A/N) Tanque 6 (A/FB)	Kruskal-Wallis [Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)] Valor-P = 0,0104 Nivel de confianza del 95,0%	Existe una diferencia estadísticamente significativa entre sus medianas

Para ver los análisis completos diríjase al **Anexo (Pág. 183).**

Tabla 37. Prueba de múltiples rangos.**Pruebas de Múltiple Rangos**

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Tanque 3 (A/M)	11	0,0909091	X
Tanque 4 (A/N)	11	0,145455	X
Tanque 6 (A/FB)	11	0,35	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Tanque 3 (A/M) - Tanque 4 (A/N)		-0,0545455	0,188548
Tanque 3 (A/M) - Tanque 6 (A/FB)	*	-0,259091	0,188548
Tanque 4 (A/N) - Tanque 6 (A/FB)	*	-0,204545	0,188548

* indica una diferencia significativa.

Observamos tras realizar los cálculos estadísticos y observar las gráficas, tanto la de concentración durante el tiempo de experimentación como el gráfico de Medianas podemos observar que todos los sistemas no presentaron dificultad para controlar las concentraciones de Nitritos (NO_2) destacándose el Tanque 6 (A/FB) por alcanzar concentraciones muy por encima con respecto a las concentraciones observadas del Tanque 4 (A/N) y alcanzando más del doble que las concentraciones del Tanque 3 (A/M). Al cabo de una semanas las concentraciones de Nitritos (NO_2) bajan en todos los sistemas destacándose nuevamente el Tanque 6 (A/FB) por permanecer con valores de concentración de estos superiores en comparación de los sistemas acuapónicos. Cabe resaltar que los márgenes de seguridad para mantener la sanidad de los animales con respecto a las concentraciones de Nitritos (NO_2) en sistemas intensivos de peces se encuentran entre 10 a 20 mg/l (Candarle, 2016); por lo que ninguno de los sistemas presentaron concentraciones problemas para la sanidad de los peces. Pero esta diferencia estadísticamente significativa en las concentraciones del Tanque 6 (A/FB) con respecto a los sistemas acuapónicos Tanque 3 (A/M) y Tanque 4 (A/N) puede haber generado diferencias en la performance de las *A. facetus* debido a la toxicidad que este componente reviste, pero es difícil de aseverar esto dado que las concentraciones fueron muy bajas aunque existiera esta diferencia.

Comparación Estadística de la concentración de Nitrato (NO₃) (mg/l) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)

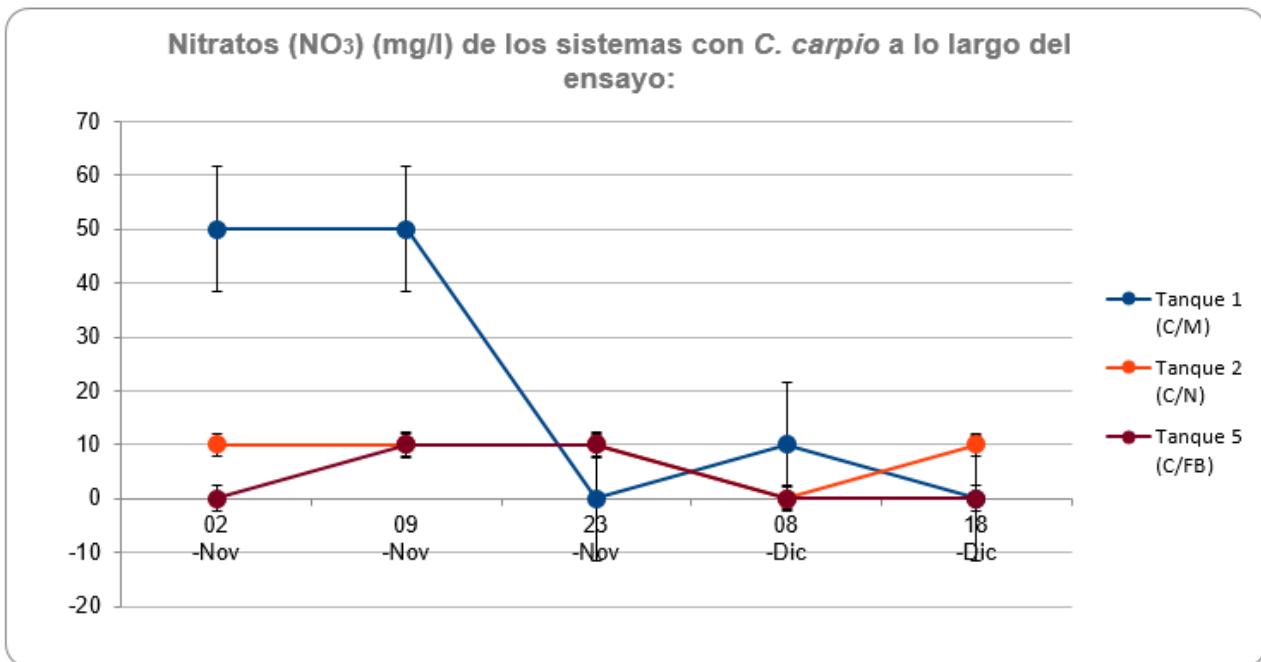


Figura 38. Gráfica de la concentración de Nitratos de los sistemas con *C. carpio* a lo largo del ensayo.

En el caso de los nitratos tenemos menos de la mitad de las medidas porque recién durante la segunda mitad del ensayo accedimos a métodos que nos permitieron la medición de este parámetro. Podemos observar que el Tanque 1 (C/M) en la mitad del ensayo se encontraba al menos 40 mg/l más que los otros dos sistemas con Carpas y lo sostiene por dos mediciones consecutivas. Y también que el Tanque 5 (C/FB) sostiene por más tiempo valores indetectables de Nitratos. **Anexo (Pág. 155-157)**

Tabla 38. Resultados estadísticos de la concentración de Nitratos (NO₃) en Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB).

Resultado estadístico de los parámetros del agua:		
Tanques:	Nitratos (NO ₃) (mg/l)	
	Análisis	Resultados
Tanque 1 (C/M) Tanque 2 (C/N) Tanque 5 (C/FB)	Kruskal-Wallis [Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)] Valor-P = 0,4366 Nivel de confianza del 95,0%	No existe una diferencia estadísticamente significativa entre sus medianas

Para ver los análisis completos diríjase al **Anexo (Pág. 185-186)**.

Gráfico de Medianas

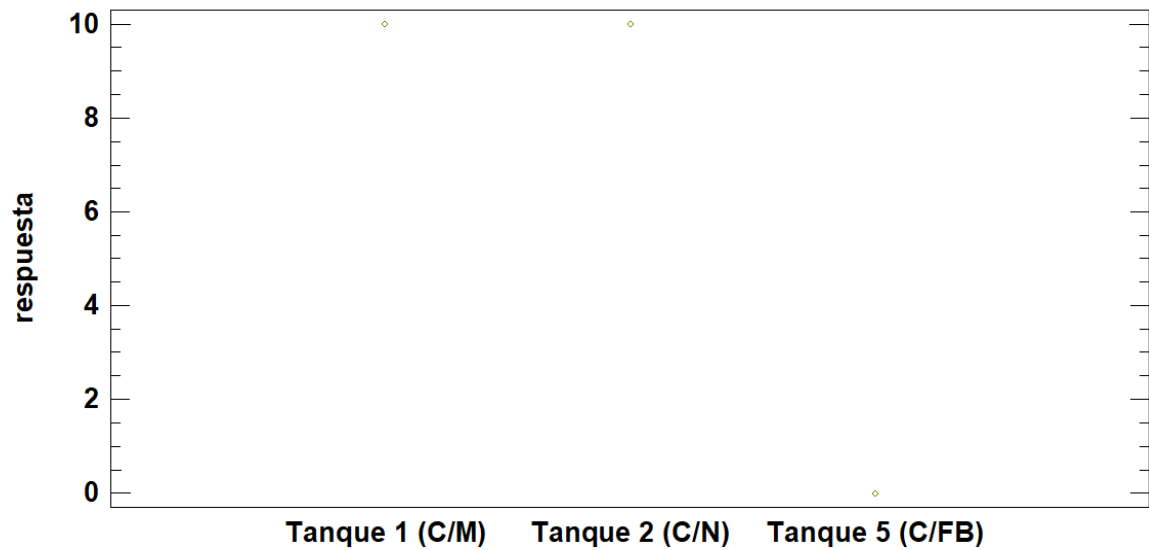
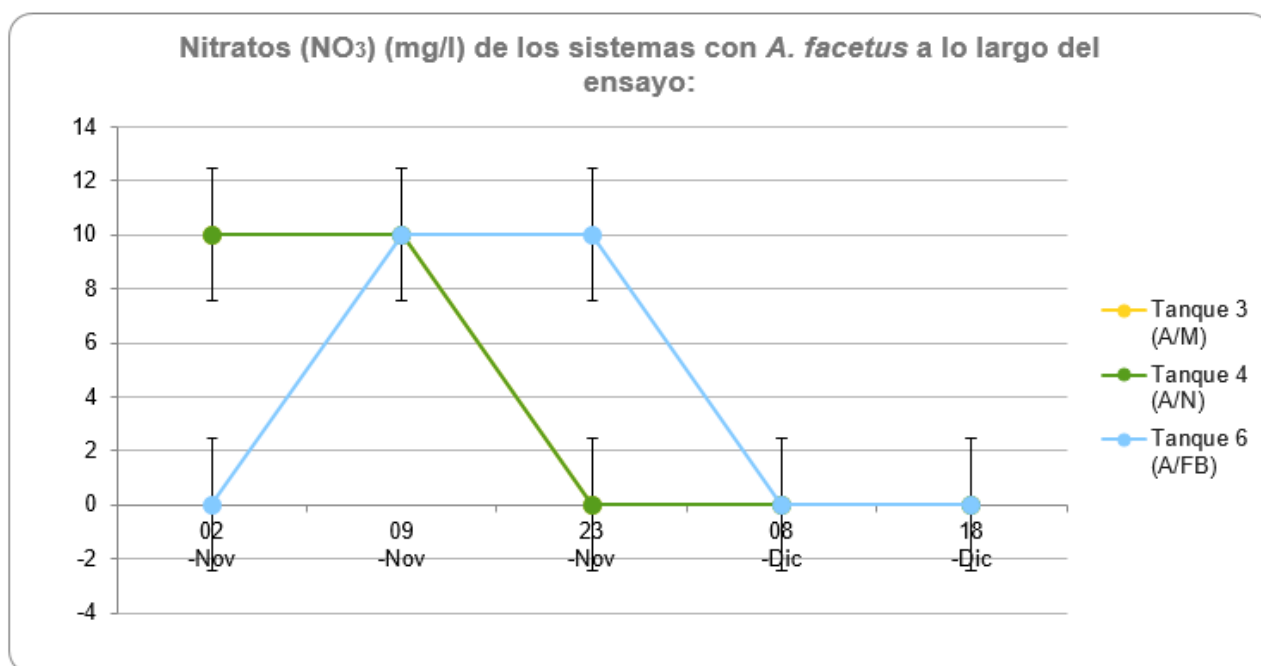


Figura 39. Gráfica de Medianas.

Hallamos que el Tanque 1 (C/M) ha sufrido un mayor rango de concentraciones de Nitrato (NO₃) (mg/l) a lo largo de la segunda mitad de la experiencia, llegando este a alcanzar la mayor concentración (50 mg/l). Siendo el margen de concentración segura para los peces entre 150 a 300 mg/l (Candarle, 2016) también podemos afirmar que ninguno de los tres sistemas tuvo problemas para mantener este parámetro en una concentración adecuada. Considerando que los sistemas mejoran el manejo de los Nitrato (NO₃) a medida que maduran sería razonable sospechar que este parámetro presentara concentraciones mayores al comienzo de la experiencia pudiendo ser un causal de diferencia en el crecimiento de los peces o incluso afectar su supervivencia, pero no lo podemos afirmar a ciencia cierta dado que no poseemos las medidas de este parámetro al inicio del sistema. Otra posible causa de ese valor elevado es el aumento de materia orgánica en descomposición generada por una poda de las plantas en los sistemas acuapónicos.

Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)



Figuras 40. Gráfica de Nitratos de los sistemas con *A. facetus* a lo largo del ensayo.

Mismo caso, tenemos menos de la mitad de las medidas porque recién la segunda mitad del ensayo accedimos a métodos de medición de este parámetro. Con la gráfica podemos observar que en este caso los valores fueron más similares entre los sistemas. **Anexo (Pág. 155-157).**

Tabla 39. Resultados estadísticos de la concentración de Nitratos (NO₃) Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).

Resultado estadístico de los parámetros del agua:		
Tanques:	Nitratos (NO ₃) (mg/l)	
	Análisis	Resultados
Tanque 3 (A/M) Tanque 4 (A/N) Tanque 6 (A/FB)	ANOVA [Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)] Valor-P = 1,0000 Nivel de confianza del 95,0%	No existe una diferencia estadísticamente significativa entre sus medias

Esta tabla resume los análisis estadísticos realizados a los valores de la concentración de Nitratos (NO₃) durante la segunda mitad del ensayo, para ver los análisis completos diríjase al **Anexo (Pág. 186).**

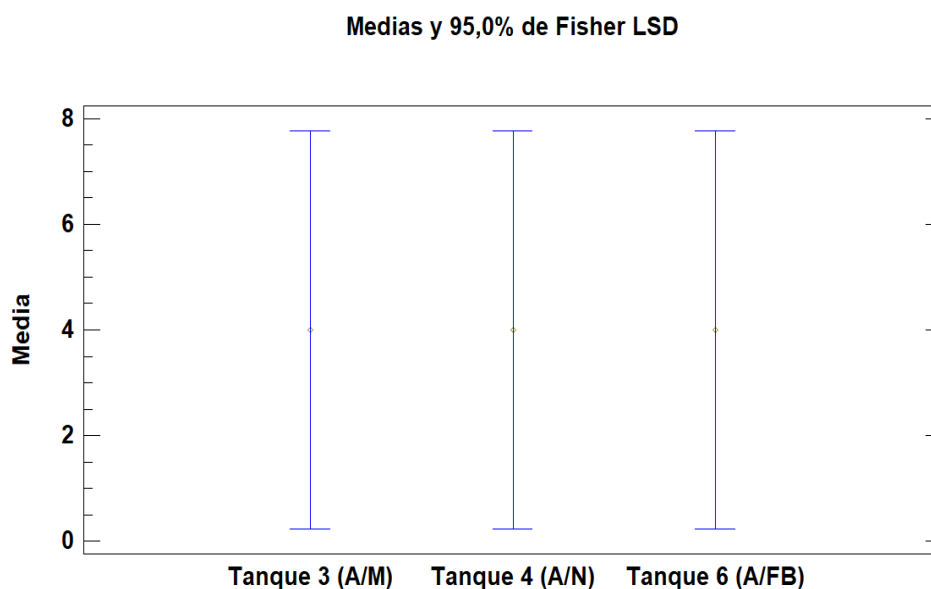


Figura 41. Gráfica de Medias y 95 % de fisher LSD

Visto los valores alcanzados podemos observar que todos los sistemas con *A. facetus* lograron mantener los valores de concentración de Nitrato (NO_3) bajo niveles aptos y muy por debajo de los rangos recomendados para mantener la sanidad de los peces que son de entre 150 a 300 mg/l (Candarle, 2016). Además analizando los resultados estadísticos podemos afirmar que este parámetro no presenta diferencias significativas entre los sistemas y que muy posiblemente no haya tenido ningún efecto negativo en la performance de las *A. facetus* en ninguno de los sistemas.

Comparación Estadística de la Dureza General o Total (GH) (°d) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)

Los valores de dureza total o GH en °d que fueron obtenidos en la segunda mitad del ensayo de los tratamientos con *C. carpio*. Este valor indica la concentración de sales de calcio y magnesio como sulfatos, carbonatos, cloruros, etc. Las sumas de estas sustancias determinan la dureza del agua. Los rangos van desde 0 a 4 °d para aguas muy blandas, 4 a 8 °d para aguas blandas, 8 a 12 para aguas medio duras, de 12 a 18 para aguas duras y de 18 a 30 para aguas muy duras (Candarle, 2016). Por lo general este valor suele ser bastante estable y varía dependiendo del origen del agua utilizada, por lo cual es esperable que no presente variaciones. sin embargo observamos que en el caso del Tanque 5 (C/FB) aparece un primer valor inferior (8,00) que puede ser atribuido a un error a la hora de realizar la muestra.

Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)

Los valores de dureza total o GH en °d obtenidos durante la segunda mitad del ensayo de los tratamientos con *A. facetus*. Y se observa la misma situación que con las carpas, el valor suele ser muy estable y presentamos valores diferentes a la hora de tomar las primeras muestras en los Tanques 4 (A/N) con un valor ligeramente superior (18,00) y el Tanque 6 (A/FB) con un valor inferior (8,00).

Comparación Estadística de la Dureza temporal (KH) (°d) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)

Tabla 40. Concentración de Dureza temporal (KH) en el Tanque 1 (C/M), Tanque 2 (C/N) y Tanque 5 (C/FB).

KH (°d)			
Fecha	Tanque 1 (C/M)	Tanque 2 (C/N)	Tanque 5 (C/FB)
2-nov	10,00	20,00	10,00
9-nov	10,00	15,00	15,00
23-nov	20,00	15,00	20,00
8-dic	15,00	15,00	20,00
18-dic	10,00	20,00	20,00

KH (mg/L)			
Fecha	Tanque 1 (C/M)	Tanque 2 (C/N)	Tanque 5 (C/FB)
2-nov	178,57	357,14	178,57
9-nov	178,57	267,85	267,85
23-nov	357,14	267,85	357,14
8-dic	267,85	267,85	357,14
18-dic	178,57	357,14	357,14

En esta ocasión presentamos dos tablas para mostrar los valores reales que nos brindaron las tirillas reactivas que están en °d, una unidad que en esta región no es utilizada, por lo tanto convertimos el dato a mg/l que es lo más utilizado regionalmente. Pero para realizar los cálculos y posteriores comparaciones seguiremos utilizando los valores iniciales para evitar agregar el error que conlleva dicha conversión.

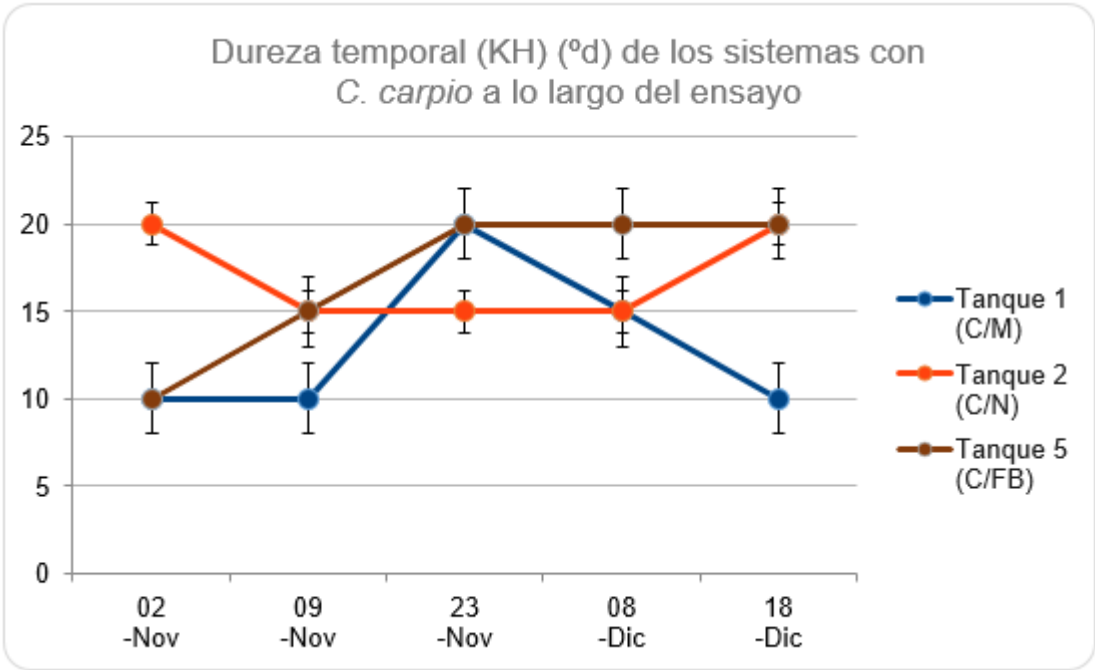


Figura 42. Gráfica de Dureza temporal de los sistemas con C. carpio a lo largo del ensayo.

Los datos obtenidos y presentados su gráfica correspondiente nos muestran que en la segunda mitad de la experiencia los valores fueron muy similares entre los tres sistemas, siendo un poco más bajos promedialmente en el Tanque 1 (C/M) y algo superiores en el Tanque 2 (C/N). Pero las diferencias son mínimas. **Anexo (Pág. 155-157).**

Tabla 41. Resultado estadístico de dureza temporal (KH) en Tanque 1 (C/M), Tanque 2 (C/N) y Tanque 5 (C/FB).

Resultado estadístico de los parámetros del agua:		
Tanques:	Dureza temporal (KH) (°d)	
	Análisis	Resultados
Tanque 1 (C/M) Tanque 2 (C/N) Tanque 5 (C/FB)	ANOVA [Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)] Valor-P = 0,2266 Nivel de confianza del 95,0%	No existe una diferencia estadísticamente significativa entre sus medias

Para ver los análisis completos diríjase al **Anexo (Pág. 187)**.

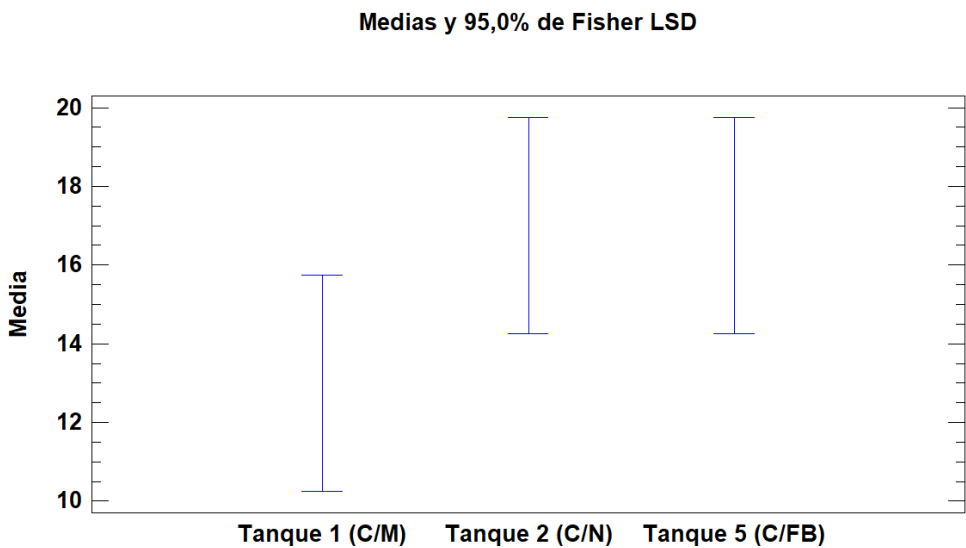


Figura 43. Gráfica Media y 95,0 % de Fisher LSD.

En el periodo de tiempo en el cual pudimos controlar la dureza relativa en el agua de los tres sistemas, esta se mantuvo mayoritariamente en el rango de 178,57 a 357,14 mg/l de CaCO₃ (10 a 20 °d respectivamente) lo cual nos indica que mayormente permaneció siendo un agua dura a intermedia, siendo los rangos de 150 a 250 mg/l de CaCO₃ para aguas de dureza intermedia y mayores a 250 mg/l de CaCO₃ pertenecientes a aguas duras (Candarle, 2016). Si bien la dureza relativa fue algo menor en el sistema Tanque 1 (C/M) presentó concentraciones algo inferiores a los otros dos, estas diferencias no tienen significancia estadística por lo cual este parámetro no debería influenciar el performance de los peces.

Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)

Tabla 42. Concentración de dureza temporal KH de los Tanque 3 (A/M), Tanque 4 (A/N) y Tanque 6 (A/FB).

KH (°d)			
Fecha	Tanque 3 (A/M)	Tanque 4 (A/N)	Tanque 6 (A/FB)
2-nov	15,00	20,00	10,00
9-nov	20,00	20,00	20,00
23-nov	20,00	15,00	20,00
8-dic	6,00	10,00	15,00
18-dic	6,00	6,00	20,00

KH (mg/L)			
Fecha	Tanque 3 (A/M)	Tanque 4 (A/N)	Tanque 6 (A/FB)
2-nov	267,85	357,14	178,57
9-nov	357,14	357,14	357,14
23-nov	357,14	267,85	357,14
8-dic	107,14	178,57	267,85
18-dic	107,14	107,14	357,14

Aquí nuevamente presentamos dos tablas una con los valores originales y la otra convirtiendo los valores a una unidad más utilizada regionalmente.

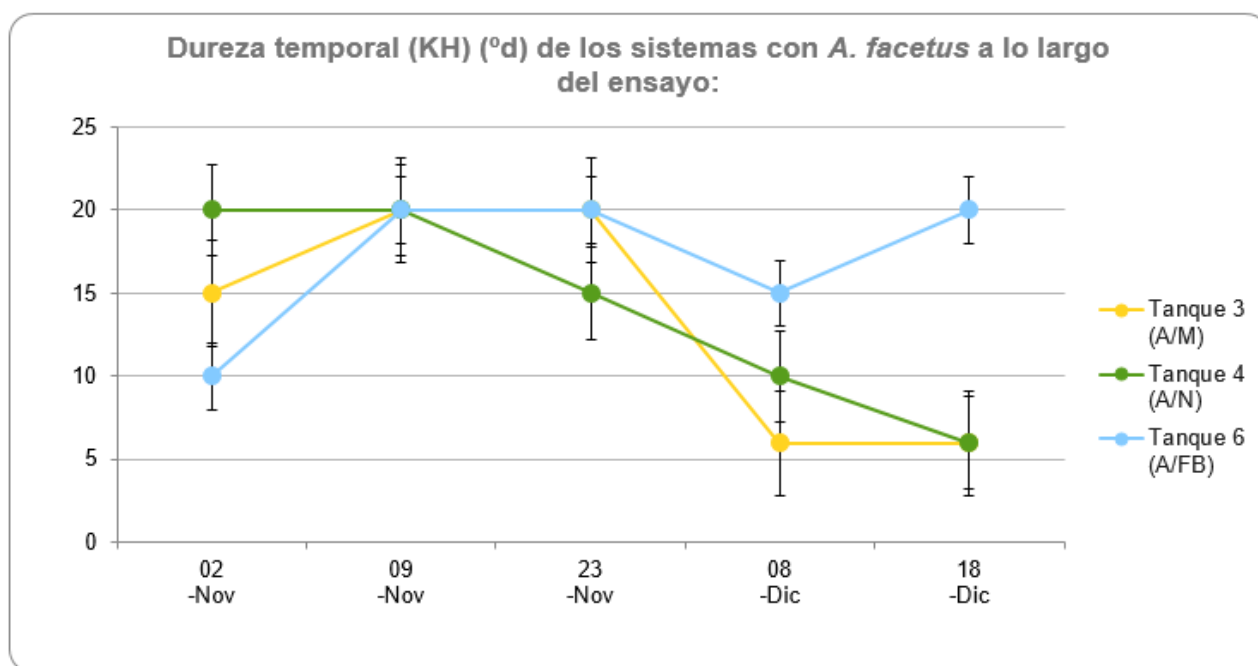


Figura 44. Gráfica de la Dureza temporal (KH) de los sistemas con *A. facetus* a lo largo del ensayo.

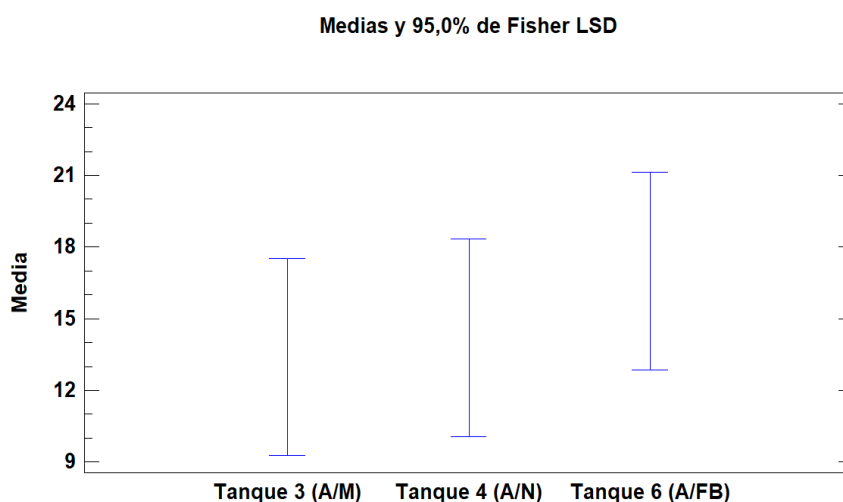
Para los sistemas con *A. facetus* la dureza temporal o relativa de la segunda mitad de la experiencia nos arroja esta tabla y tanto en ella como en su representación gráfica podemos apreciar que en este ocasión aparecieron diferencias algo más pronunciadas siendo bastante más alta la dureza en el sistema con Filtro Biológico (Tanque 6 (A/FB) con respecto a los sistemas acuapónicos, pero especialmente con el Tanque 3 (A/N). **Anexo (Pág. 155-157).**

Tabla 43. Resultado estadístico de dureza temporal (Kh) en los Tanque 3 (A/M), Tanque 4 (A/N) y Tanque 6 (A/FB).

Resultado estadístico de los parámetros del agua:		
Tanques:	Dureza temporal (KH) (°d)	
	Análisis	Resultados
Tanque 3 (A/M) Tanque 4 (A/N) Tanque 6 (A/FB)	ANOVA [Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)] Valor-P = 0,6207 Nivel de confianza del 95,0%	No existe una diferencia estadísticamente significativa entre sus medias

Para ver los análisis completos diríjase al **Anexo (Pág. 188)**.

Figura 45. Gráfica de Medias y 95,0 % de Fisher LSD.



En el periodo de tiempo en el cual pudimos controlar la dureza relativa en el agua de los tres sistemas, está osciló entre el rango de 107,14 a 357,14 mg/l de CaCO_3 (6 a 20 °d respectivamente) lo cual nos indica que varió entre aguas blandas y duras pasando por aguas intermedias, siendo los rangos de 50 a 150 mg/l de CaCO_3 para aguas blandas, de 150 a 250 mg/l de CaCO_3 para aguas de dureza intermedia y mayores a 250 mg/l de CaCO_3 pertenecientes a aguas duras (Candarle, 2016). Si bien la dureza relativa fue algo menor en el sistema Tanque 6 (A/FB) presentó concentraciones algo superiores a los otros dos, estas diferencias no tienen significancia estadística por lo cual este parámetro no debería influenciar el performance de los peces.

Comparación estadística del pH entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)

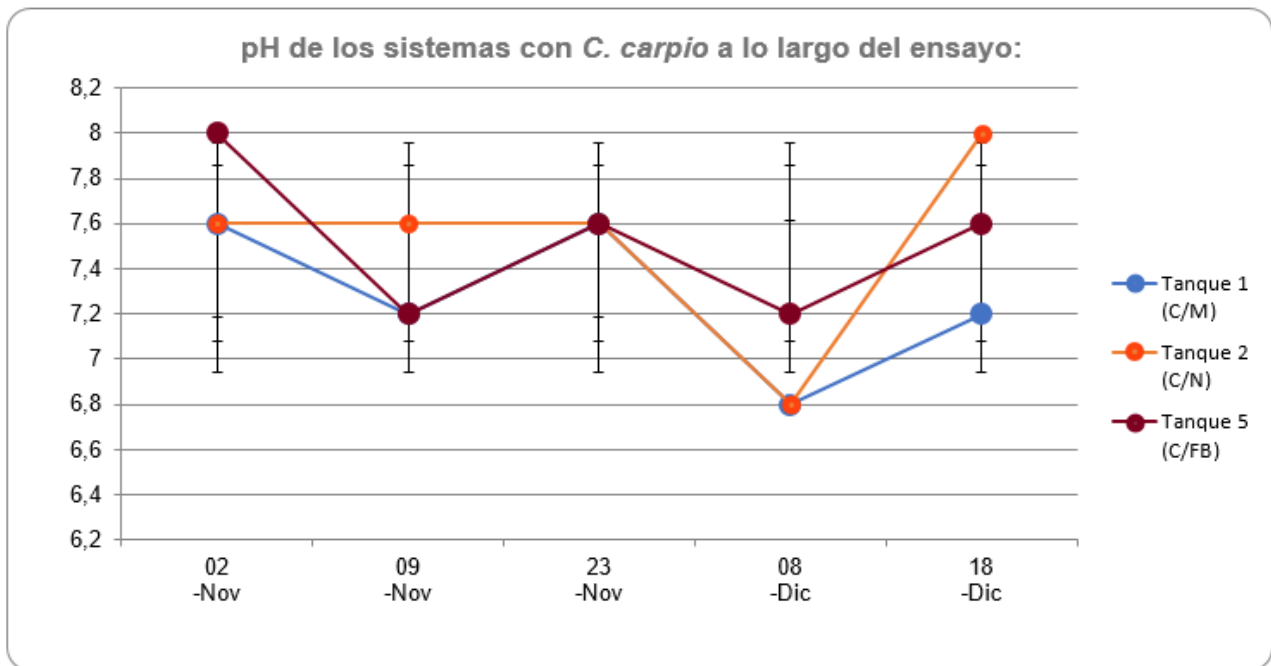


Figura 46. Gráfica del pH de los sistemas con *C. carpio* a lo largo del ensayo.

Observando la tabla de los valores de pH de los sistemas con *C. carpio* de la segunda mitad del ensayo concluimos que no había grandes diferencias entre sus valores y promedialmente se mantienen dentro del rango de pH neutro a ligeramente alcalino.

Anexo (Pág. 155-157).

Tabla 44. Resultados estadísticos de la concentración de pH en los Tanque 1 (C/M), Tanque 2 (C/N) y Tanque 5 (C/FB).

Resultado estadístico de los parámetros del agua:		
Tanques:	pH	
	Análisis	Resultados
Tanque 1 (C/M) Tanque 2 (C/N) Tanque 5 (C/FB)	ANOVA [Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)] Valor-P = 0,5193 Nivel de confianza del 95,0%	No existe una diferencia estadísticamente significativa entre sus medias

Para ver los análisis completos diríjase al **Anexo (Pág. 189)**.

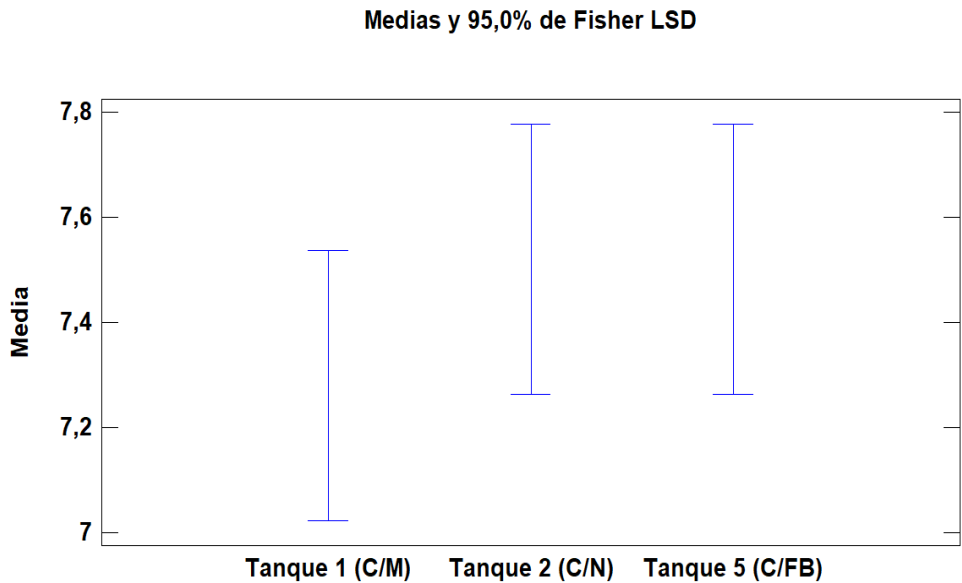


Figura 47. Gráfica de Medias y 95% de Fisher LSD.

Los tres sistemas oscilaron entre los rangos de pH de 6,8 a 8,0, esto quiere decir que oscilaron entre un pH neutro (6,8 a 7,5) y un pH Alcalino (7,5 a 8,5) (Candarle, 2016). pero sus diferencias no representan significancia estadística, por lo tanto, podemos afirmar que este parámetro del agua no pudo marcar la diferencia en la performance de los peces.

Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)

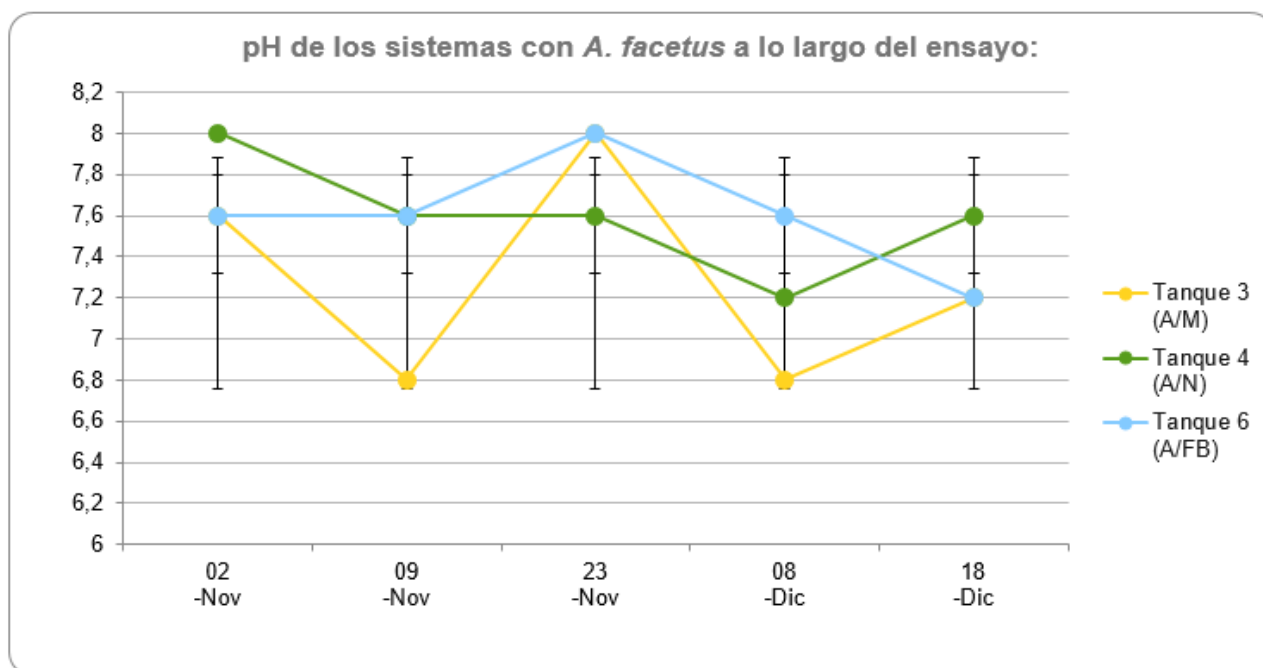


Figura 48. Gráfica de valor de pH de los sistemas con *A. facetus* a lo largo del ensayo.

Observando los valores de pH de los sistemas con *A. facetus* de la segunda mitad del ensayo también concluimos que no había grandes diferencias entre sus valores y promedialmente se mantienen dentro del rango de pH neutro a ligeramente alcalino. **Anexo (Pág. 155-157).**

Tabla 45. Resultado estadístico del valor del pH en los Tanque 3 (A/M), Tanque 4 (A/N) y Tanque 6 (A/FB).

Resultado estadístico de los parámetros del agua:		
Tanques:	pH	
	Análisis	Resultados
Tanque 3 (A/M) Tanque 4 (A/N) Tanque 6 (A/FB)	ANOVA [Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)] Valor-P = 0,3391 Nivel de confianza del 95,0%	No existe una diferencia estadísticamente significativa entre sus medias

Para ver los análisis completos diríjase al **Anexo (Pág. 190).**

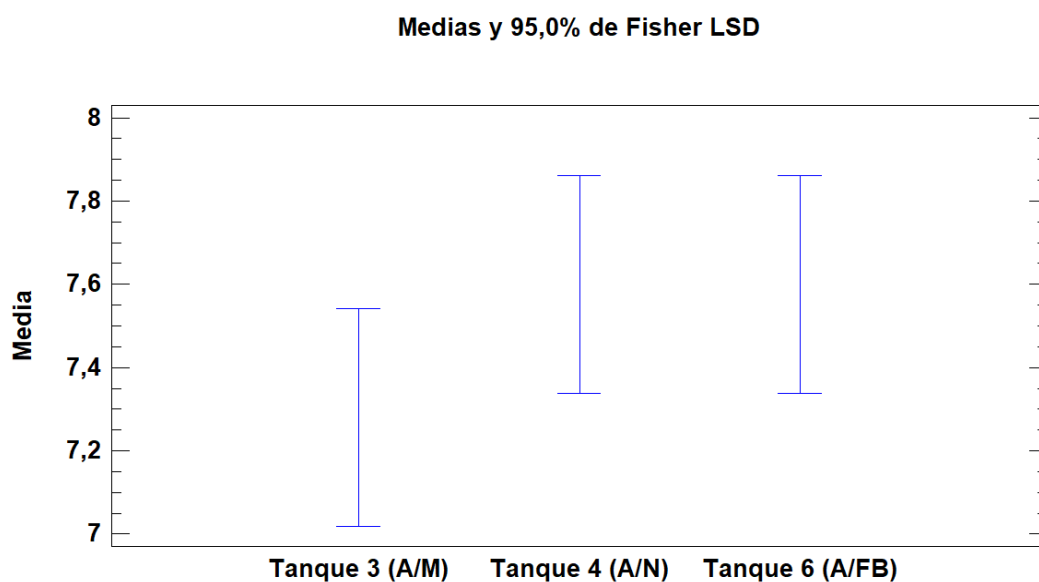


Figura 49. Gráfico de Medias y 95,0 % de Fisher LSD.

Los tres sistemas oscilaron entre los rangos de pH de 6,8 a 8,0, esto quiere decir que oscilaron entre un pH neutro (6,8 a 7,5) y un pH Alcalino (7,5 a 8,5) (Candarle, 2016). pero sus diferencias no representan significancia estadística, por lo tanto podemos afirmar que este parámetro del agua no pudo marcar la diferencia en la performance de los peces.

Tabla 46. Parámetros del agua con relación a las podas en sistemas acuapónicos.

Parámetros del agua con relación a las podas en sistemas acuaponicos																
Fecha	Tanque 1 (C/M)								Tanque 2 (C/N)							
	T (°C)	NH3/NH4 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NO3 (mg/l)	GH (°d)	KH (°d)	pH	Cl2 (mg/l)	T (°C)	NH3/NH4 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NO3 (mg/l)	GH (°d)	KH (°d)	pH	Cl2 (mg/l)
21-sept	6,00	0,00	0,05						6,00	0,00	0,05					
28-sept	7,00	0,00	0,50						7,00	0,00	0,25					
5-oct	8,00	0,00	1,00						8,50	0,00	1,00					
14-oct	10,00	0,00	0,50						10,00	0,00	1,00					
26-oct	15,00	0,00	0,50						16,00	0,00	0,50					
29-Oct																
2-nov	21,00	0,00	1,70	50,00	16,00	10,00	7,60	0,00	21,00	0,00	1,00	10,00	16,00	20,00	7,60	0,00
9-nov	19,00	0,00	1,00	50,00	16,00	10,00	7,20	0,00	19,00	0,00	1,00	10,00	16,00	15,00	7,60	0,00
13-nov																
16-nov	19,00	0,00	1,00						19,00	0,00	1,00					
23-nov	23,00	0,00	0,25	0,00	16,00	20,00	7,60	0,80	22,00	0,00	1,00	10,00	16,00	15,00	7,60	0,00
8-dic	19,50	0,00	0,25	10,00	16,00	15,00	6,80	0,00	19,50	0,00	1,00	0,00	16,00	15,00	6,80	0,00
18-dic	22,00	0,00	1,70	0,00	16,00	10,00	7,20	0,00	21,00	0,00	1,70	10,00	16,00	20,00	8,00	0,00
Fecha	Tanque 3 (A/M)								Tanque 4 (A/N)							
	T (°C)	NH3/NH4 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NO3 (mg/l)	GH (°d)	KH (°d)	pH	Cl2 (mg/l)	T (°C)	NH3/NH4 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NO3 (mg/l)	GH (°d)	KH (°d)	pH	Cl2 (mg/l)
21-sept	6,00	0,00	0,05						6,00	0,00	0,05					
28-sept	8,00	0,00	0,25						7,00	0,00	0,50					
5-oct	8,00	0,00	0,25						9,00	0,00	0,25					
14-oct	11,00	0,00	0,25						12,00	0,00	0,25					
26-oct	16,00	0,00	0,05						16,00	0,00	0,05					
29-Oct																
2-nov	22,00	0,00	0,00	10,00	16,00	15,00	7,60	0,00	20,00	0,00	0,05	10,00	18,00	20,00	8,00	0,00
9-nov	18,00	0,00	0,00	10,00	16,00	20,00	6,80	0,00	19,00	0,00	0,05	10,00	16,00	20,00	7,60	0,00
13-nov																
16-nov	19,00	0,00	0,00						20,00	0,00	0,05					
23-nov	24,00	0,00	0,05	0,00	16,00	20,00	8,00	0,80	25,00	0,00	0,05	0,00	16,00	15,00	7,60	0,80
8-dic	19,00	0,00	0,05	0,00	16,00	6,00	6,80	0,00	20,00	0,00	0,05	0,00	16,00	10,00	7,20	0,00
18-dic	22,00	0,00	0,05	0,00	16,00	6,00	7,20	0,00	23,00	0,00	0,25	0,00	16,00	6,00	7,60	0,00

Esta tabla pretende ayudarnos a visualizar si existen diferencias en los parámetros del agua relacionados a las podas de las plantas, a todos los sistemas acuapónicos se les realizaron dos podas intermedias que son las que utilizaremos para realizar este análisis. Si bien el ensayo no fue pensado para estudiar estos fenómenos, con los datos obtenidos podemos intentar sacar algunas conclusiones.

A. Con relación a la temperatura:

- a. La temperatura si bien va aumentando a medida que avanza la primavera y entramos al verano consideramos que al disminuir el follaje que se encuentra sobre los tanques y por consecuencia la sombra, incrementando la incidencia de los rayos solares y por consecuencia podría causar un aumento de la temperatura del agua.
- b. En el caso de las carpas con menta (Tanque 1 (C/M)) observamos que la temperatura se mantuvo en 19 °C después de la primer poda (13-Nov) y en la segunda poda (8-Dic) la temperatura se incrementa de 19 a 22 °C
- c. En el caso de las carpas con berro (Tanque 2 (C/N)) podemos observar que después de la primera poda (29-Oct) aumentó la temperatura del agua de 16 a 20 °C y en la segunda poda (8-Dic) aumento de 20 a 23 °C
- d. Con respecto a las castañetas con menta (Tanque 3 (A/M)) podemos ver un aumento de 18 a 19 °C tras la primera poda (13-Nov) y 19 a 22 °C posterior a la segunda poda (8-Dic).
- e. Y en el caso de las castañetas con berro (Tanque 4 (A/N)) podemos observar que después de la primera poda (29-Oct) la temperatura incrementa de 16 a 20 °C y posterior a la segunda poda (8-Dic) aumenta de 20 a 23 °C
- f. Podemos concluir que en este diseño experimental con las plantas sobre el tanque de los peces, las podas pueden generar una diferencia en la temperatura del agua.

B. Con respecto al Amoniaco/Amonio (NH_3/NH_4) no se alcanzaron concentraciones detectables ni anterior ni posterior a las podas en ninguno de los sistemas tanto de carpas como de castañetas, por lo tanto si se genera algún cambio no es apreciable.

C. Con relación a los Nitritos (NO_2):

- a. Pensamos que posterior a una poda, las plantas van a reducir su densidad de raíces dejando más materia orgánica en descomposición en los sistemas y por esto incrementar los Nitritos en medidas posteriores.
- b. En el sistema de carpas con menta (Tanque 1 (C/M)) se observó que en la primera poda (13-Nov) la concentración de Nitritos no se vio alterada permaneciendo en 1,00 mg/l pero luego de realizar la segunda poda la concentración aumentó de 0,25 a 1,70 mg/l aumentando su concentración en 6,8 veces.

- c. En el sistema de carpas berro (Tanque 2 (C/N)) sucedió que tanto luego de la primera poda (29-Oct) como de la segunda poda (8-Dic) las concentraciones de Nitritos aumentaron, pasando de 0,50 a 1,00 y de 1,00 a 1,70 mg/l respectivamente.
 - d. En tanto en el sistema de castañetas con menta no se observa tal efecto ya que ni tras la primera poda (13-Nov), ni posterior a la segunda poda (8-Dic) se observaron cambios en la concentración de los Nitritos permaneciendo en 0,00 y 0,05 mg/l respectivamente.
 - e. Pero en el caso del sistema de castañetas con berro (Tanque 4 (A/N)) se observó que tras la primera poda (29-Oct) se mantuvo la concentración constante de nitritos en 0,05 mg/l, y que posterior a la segunda poda (8-Dic) la concentración si aumenta de 0,05 a 0,25 mg/l.
 - f. Entonces concluimos que la poda puede causar un incremento en las concentraciones de Nitritos y que este efecto es más marcado a medida que el cultivo aumenta en volumen ya que los sistemas van aumentando la biomasa y por consecuencia sus desechos y la presión que todo esto ejerce sobre la capacidad del sistema para transformar y reconvertir estos desechos.
- D. Notas: A partir de aquí los siguientes parámetros fueron tomados de forma posterior a la primera poda de los dos sistemas con berro (Tanque 2 (C/N) y Tanque 4 (A/N)) por lo que la comparación de parámetros solo se realizará con relación a la segunda poda. Y en todos los casos las tomas de datos fueron unos días más tarde de lo habitual debido a que no se pudieron tomar los datos.
- E. Con respecto a los Nitratos (NO_3):
- a. Esperaríamos que al igual que los nitritos los Nitratos presentaran un aumento posterior a las podas debido a la mayor disponibilidad de materia orgánica en descomposición en los sistemas.
 - b. En el caso del sistema de carpas con menta (Tanque 1 (C/M)) presentó una disminución de la concentración de los Nitratos posterior a las dos podas (13-Nov y 8-Dic) pasando de 50,00 a 0,00 mg/l en la primer poda y de 10,00 a 0,00 mg/l en la segunda.
 - c. Por lo contrario el sistema de carpas con berro presentó un aumento posterior a la poda (8-Dic) de 0,00 a 10,00 mg/l.

- d. En el caso del sistema de castañetas con menta (Tanque 3 (A/M)) presenta una disminución tras la primera poda (13-Nov) pasando de 10,00 a 0,00 mg/l a mantenerse estable tras la segunda poda (8-Dic) con una concentración de 0,00 mg/l.
 - e. En el caso del sistema de castañetas con berro la concentración de Nitratos se mantiene estable tras la segunda poda (8-Dic) manteniendo la concentración de 0,00 mg/l.
 - f. Observamos exactamente lo contrario de lo que esperamos, las concentraciones de Nitratos tienden a disminuir y en algunos caso a mantenerse tras las podas.
- F. En relación a Dureza general o total (GH) es un parámetro que suele permanecer constante o con muy pocas alteraciones y en todos los casos pudimos observar que las podas no alteraron su valor, permaneciendo siempre en 16 °d.
- G. Con respecto a la Dureza temporal (KH):
- a. Esperábamos que al existir menor biomasa vegetal después de las podas la dureza pudiera aumentar.
 - b. En el sistema de carpas con menta (Tanque 1 (C/M)) observamos que la Dureza temporal tras la primera poda (13-Nov) aumento de 10,00 a 20,00 °d, pero posterior a la segunda poda (8-Dic) la dureza disminuyó de 15,00 a 10,00 °d.
 - c. Por otro lado el sistema de carpas con berro (Tanque 2 (C/N)) la Dureza temporal sí que aumentó de 15,00 a 20,00 °d.
 - d. Con respecto a lo sucedido con la Dureza temporal en el sistema de castañetas con menta (Tanque 3 (A/M)) con relación a las podas (13-Nov y 8-dic) es que no existió variaciones, el sistema permaneció en 20,00 °d tras la primera y en 6,00 °d tras la segunda.
 - e. Y en el caso del sistema con castañetas y berro la Dureza temporal disminuyó de 10,00 a 6,00 °d tras la poda (8-Dic).
 - f. Concluimos que no se observa una relación entre la poda de los vegetales con la Dureza temporal (KH) del agua, ya que se presentaron en iguales proporciones casos que la Dureza se mantiene, disminuye o aumenta.

H. Con relación al pH:

- a. En el sistema con carpas y menta (Tanque 1 (C/M)) se observa un incremento del pH posterior a las dos podas (13-Nov y 8-Dic) aumentando de 7,20 a 7,60 tras la primera poda y pasando de 6,80 a 7,20 tras la segunda.
 - b. En el sistema de carpas y berro (Tanque 2 (C/M))se observa de igual manera un aumento tras la poda (8-dic) pasando de un valor de 6,80 a 8,00.
 - c. Lo mismo ocurre con el sistema de castañetas y menta (Tanque 3 (A/M)) donde se observa un aumento en el pH del agua posterior a las dos podas (13-Nov y 8-Dic), pasando de un valor de 6,80 a 8,00 tras la primera y de 6,80 a 7,20 luego de la segunda.
 - d. En el sistema de castañetas con berro se observa un aumento de pH posterior a la poda (8-Dic) pasando de un valor de 7,20 a 7,60.
 - e. Concluimos que el pH del agua aumenta posterior a las podas dado que en la totalidad de los casos su valor aumentó luego de realizar las podas en los vegetales.
- I. Cuando hablamos de la concentración de Cloro (Cl_2) deseamos que el valor sea siempre de 0 o lo más cercano a este ya que no es deseable tenerlos en concentraciones superiores en los cultivos de peces. Este es el caso de nuestro ensayo, apareciendo un 0,80 mg/l en la misma fecha (23-Nov) y esto está relacionado a una renovación de agua realizada en algunos sistemas.

Tabla 47. Resumen de análisis estadísticos de los parámetros del agua.

Resumen de análisis estadísticos de los parámetros del agua					
	T (°C)	NO₂ (mg/l)	NO₃ (mg/l)	KH (°d)	pH
Tanque 1 (C/M) Tanque 2 (C/N) Tanque 5 (C/FB)	Sin diferencias estadísticamente significativas	Diferencia estadísticamente significativa $T1(C/M)=T2(C/N)$ $T1(C/M)=T5(C/FB)$ $T5(C/FB)<T2(C/N)$	Sin diferencias estadísticamente significativas	Sin diferencias estadísticamente significativas	Sin diferencias estadísticamente significativas
Tanque 3 (A/M) Tanque 4 (A/N) Tanque 6 (A/FB)	Sin diferencias estadísticamente significativas	Diferencia estadísticamente significativa $T6(A/FB)>T3(A/M)=T2(A/N)$	Sin diferencias estadísticamente significativas	Sin diferencias estadísticamente significativas	Sin diferencias estadísticamente significativas

Resumen de todo lo observado en relación a los parámetros del agua.

Temperatura (°C):

A. Carpas:

- La temperatura del agua va en aumento a medida que avanza el ensayo y vamos entrando en la primavera.
- La temperatura ideal para las *C. carpio* se encuentra entre los 18 y los 25 °C y todos los sistemas parecen alcanzarlo al mismo tiempo en el muestreo del 2-Nov y permanecieron en el rango hasta el final del ensayo.
- Las podas de los vegetales en los sistemas acuapónicos parecen favorecer el incremento de la temperatura del agua posiblemente por incrementar la incidencia del sol.
- Anova - No existen diferencias estadísticamente significativas entre las temperaturas de los distintos tratamientos con carpas.
- Concluimos que la temperatura no debió ser la causante de la diferencia entre las performance de los distintos tratamientos dado que este parámetro fue similar para todos los tratamientos durante la totalidad del ensayo.

B. Castañetas:

- Al igual que sucede con los tratamientos con carpas la temperatura va aumentando a medida que avanza el ensayo.

- b. Se desconoce la temperatura ideal para las *A. facetus* pero como son peces de aguas templadas podemos asumir que esta se encuentra entre los 15 y los 22 °C y todos los tratamientos alcanzan este valor más o menos a la misma fecha (26-Oct) y permanecen en el rango o ligeramente superior a él el resto del ensayo.
- c. El Tanque 3 (A/M) tuvo un pico de temperatura el 2-Nov a diferencia de los otros dos tratamientos con castañetas. Esto pudo ser el desencadenante de las actividades reproductivas y la aparición de las únicas dos pérdidas de todos los sistemas que fueron el 12-Nov y el 30-Nov y su pérdida de performance en consecuencia.
- d. Al igual que sucedió con los sistemas acuapónicos con carpas, las podas de los vegetales parecen favorecer el incremento de la temperatura en el agua.
- e. Anova - No existen diferencias estadísticamente significativas entre las temperaturas de los tres tratamientos durante el ensayo.
- f. Si bien realizamos esa observación de la posible relación entre la temperatura y la aparición de las actividades reproductivas en el Tanque 3 (A/M), también vale acotar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el crecimiento de los peces en longitud, ni entre sus ganancias de peso y tampoco existe diferencias en su supervivencia, por lo tanto consideramos que no queda demostrado que la temperatura haya influenciado en su desempeño.

Amoniaco/Amonio (NH_3/NH_4):

A. Carpas:

- a. Todos los tratamientos permanecieron con 0,00 mg/l de concentración de NH_3/NH_4 durante todo el ensayo.
- b. Por lo tanto tampoco se detectaron modificaciones con relación a las podas de los vegetales.
- c. El valor límite para la carpa de NH_3/NH_4 es de 0,5 mg/l y este valor nunca se alcanzó ya que todos los tratamientos pudieron controlar este parámetro durante la totalidad del ensayo.
- d. Concluimos que la concentración de NH_3/NH_4 no puede ser el causante de la diferencia de performance que existieron entre los distintos tratamientos.

B. Castañetas:

- a. Todos los tratamientos permanecieron con 0,00 mg/l de concentración de NH_3/NH_4 durante todo el ensayo.

- b. Tampoco se detectaron modificaciones con relación a las podas de los vegetales.
- c. El valor límite para la castañetas de NH_3/NH_4 se desconoce pero estimamos que también pueden rondar los 0,5 mg/l y este valor nunca se alcanzó ya que todos los tratamientos pudieron controlar este parámetro durante la totalidad del ensayo.
- d. Concluimos que la concentración de NH_3/NH_4 no podría haber causado diferencias entre los tratamientos.

Nitritos (NO_2):

A. Carpas:

- a. El Tanque 1 (C/M) tuvo una concentración promedio de NO_2 de 0,768 mg/l y presentó dos picos de concentración a lo largo del ensayo, uno el 2-Nov y otro el 18-Dic ambos con un valor de 1,70 mg/l.

El Tanque 2 (C/N) presentó una concentración promedio de NO_2 de 0,863 mg/l y presentó un pico el 18-Dic con un valor de 1,70 mg/l.

El Tanque 5 (C/FB) tuvo una concentración promedio de NO_2 de 0,427 mg/l, siendo el promedio más bajo de los tres tratamientos.

- b. Se detectaron aumentos en la concentración de los Nitritos posterior a las podas de los vegetales coincidiendo con los picos del Tanque 1 (C/M) y del Tanque 2 (C/N) de la fecha 18-Dic. Dicha diferencia fue más marcada después de las segundas podas.

- c. Realizando diferencias mínimas significativas (LSD) Fisher encontramos:

Existe una diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones del Tanque 2 (C/N) y las del Tanque 5 (C/FB).

No existe una diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones del Tanque 2 (C/N) y las del Tanque 1 (C/M).

No existe una diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones del Tanque 1 (C/M) y las del Tanque 5 (C/FB).

- d. Los valores límites para los nitritos oscilan entre los 10 a 20 mg/l para las carpas, y teniendo esto en cuenta observamos que los tres tratamientos obtuvieron muy buenos valores en la concentración de nitritos a lo largo de todo el ensayo.
- e. Entonces aun existiendo una diferencia significativa entre el Tanque 2 (C/N) y Tanque 5 (C/FB) resulta difícil aseverar que esta diferencia sea causal de las diferencias de performance que existieron entre los tratamientos. De hecho el Tanque 5 (C/FB) que posee los mejores valores promedios de concentración de Nitritos posee también la peor performance de sus carpas.

B. Castañetas:

- a. El tanque 3 (A/M) tuvo una concentración promedio de NO_2 de 0,090 mg/l, la más baja de los tratamientos con castañeta.
El Tanque 4 (A/N) presentó una concentración promedio de NO_2 de 0,145 mg/l, presentando un pequeño pico de un valor de 0,500 mg/l.

El Tanque 6 (A/FB) obtuvo el promedio más alto de concentración de NO_2 de los tratamientos con castañetas con un valor de 0,350 mg/l, además presentó dos picos más bien bajos el 5-Oct y el 14-Oct ambos con un valor de 1,000 mg/l.

- b. Los valores de la concentración de los Nitritos no variaron posterior a las podas de los vegetales en los sistemas acuapónicos. Salvo en el Tanque 4 (A/N) tras la segunda poda (8-Dic) que aumentó de 0,050 a 0,250 mg/l.

- c. Kruskal- Wallis y Prueba de múltiples rangos:

Existe una diferencia estadísticamente significativa entre concentración de Nitritos del Tanque 6 (A/FB) y las concentraciones de los tanques con sistema acuapónicos Tanque 3 (A/M) y Tanque 4 (A/N).

No existen diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones del Tanque 3 (A/M) y el Tanque 4 (A/N).

- d. Los valores de concentración de Nitritos de los tres tratamientos con castañetas son más bajos y por lo tanto mejores que los valores obtenidos por los 3 tratamientos con carpas. Se desconoce cuáles serían las concentraciones límite de Nitritos para las *A. facetus* pero en términos generales y por su alto porcentaje de supervivencia estimamos que obtuvimos valores adecuados para mantener a las castañetas sanas durante todo el ensayo.
- e. Como en el caso con las carpas, es difícil aseverar que las diferencias existentes entre las concentraciones de nitritos de los tratamientos con castañetas pudieran causar una diferencia en las performance de los peces.

Nitratos (NO_3):

A. Carpas:

- a. El Tanque 1 (C/M) tuvo un promedio de concentración de NO_3 de 22,00 mg/l durante, presentando dos picos, uno el 2-Nov y otro el 9-Nov, ambos con un valor de 50,00 mg/l.

El Tanque 2 (C/N) cuenta con un promedio de concentración de NO_3 de 8,00 mg/l y fue bastante estable durante todo el ensayo.

El Tanque 5 (C/FB) tuvo un promedio de concentración de NO_3 de 4,00 mg/l

contando con el promedio más bajo de todos los tratamientos con carpas y siendo muy estable durante todo el ensayo.

- b. Las podas de los vegetales en los sistemas acuapónicos no se relacionan con alteraciones en la concentración de los Nitratos dado que hubo casos en los que descendieron los valores y en otros aumentaron.
- c. Kruskal-Wallis - No existen diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de NO_3 durante el ensayo entre los tres tratamientos con carpas.
- d. Las concentraciones límite de NO_3 para las carpas se encuentran en el rango de los 150 a 300 mg/l, por lo tanto todos los tratamientos lograron mantener los valores de concentración de los nitratos en un rango seguro para la salud de las carpas.
- e. En conclusión llegamos a que debido a que las concentraciones de NO_3 son tan bajas para los tres tratamientos con carpas, además no existen diferencias estadísticas entre ellos y por lo tanto este parámetro no es causa de las diferencias en la performance de las carpas. Por el contrario, los tratamientos con mayor concentración de NO_3 son los que mejor performance presentaron.

B. Castañetas:

- a. El Tanque 3 (A/M) y el Tanque 4 (A/N) tienen el mismo comportamiento presentando dos picos, el primero fue el 2-Nov y el segundo el 9-Nov ambos con un valor de 10,00 mg/l.

El Tanque 6 (A/FB) presentó dos picos diferidos a los otros dos tratamientos el 9-Nov y el 23-Nov ambos también con un valor de 10,00 mg/l.

Los tres tratamientos obtuvieron valores promedios similares con un valor de 4,00 mg/l.

- b. Las podas de los vegetales en los sistemas acuapónicos no se relacionan con alteraciones en la concentración de los Nitratos dado que en la mayoría de los casos el valor se mantuvo constante.
- c. Anova - No existen diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de Nitratos de los distintos tratamientos con castañetas.
- d. Todos los tratamientos lograron mantener las concentraciones de Nitratos en rangos seguros para la salud de los peces en términos generales y estos fueron los más bajos del ensayo y los más estables.
- e. Consideramos que si hubiese habido alguna diferencia entre las performance de las castañetas durante el ensayo posiblemente no hubiese sido generado por los Nitratos

Dureza general o total (GH):

- A. La dureza general o Total es un parámetro que es más bien estable y permaneció con un valor de 16 °d en todos los tratamientos del ensayo salvo en algunos tratamientos en la primera medida realizada y posiblemente se deba a un error en la toma de los datos. Y por lo tanto podemos aseverar que este parámetro no es culpable de generar diferencias en las performance de los peces.

Dureza temporal (KH):

A. Carpas:

- a. El Tanque 1 (C/M) posee un promedio menor a los otros dos sistemas durante todo el ensayo y fue de un valor de 13 °d.

El Tanque 2 (C/N) y Tanque 5 (C/FB) obtuvieron el mismo promedio durante el ensayo y fue de un valor de 17 °d.

- b. No parece haber relación entre las podas de los sistemas acuapónicos y la Dureza temporal dado que los valores en algunos casos se mantuvo estable, en otros bajo y en otros casos subió posterior a las podas.
- c. Anova - No existen diferencias estadísticamente significativas entre las Durezas temporales de los tres tratamientos.
- d. Todos los tratamientos oscilaron entre 10 a 20 °d (178,57 a 357,14 mg/l) de KH. Esto es entre dureza intermedia (150 a 250 mg/l) a aguas duras (valores mayores de 250 mg/l) y las carpas tienen como rango de tolerancia de 5 a 19 °d de dureza, siendo los 12 °d la dureza óptima para las carpas.
- e. Concluimos que la Dureza temporal pese a no existir diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con carpas consideramos que esto podría ser un parámetro que cause una diferencia de performance. Siendo 12 °d la dureza ideal para las carpas y el Tanque 1 (C/M) fue el que promedialmente se mantuvo más próximo a este valor con 13 °d y el que mejor performance obtuvieron las carpas, esto encaja perfecto con los análisis del crecimiento de las carpas que incluyen los outliers ya que además los Tanques 2 (C/N) y Tanque 5 (C/FB) con el mismo promedio de Dureza temporal con valores 17 °d obtuvieron similares performance de los peces. Pero al eliminar los outliers de los análisis del crecimiento de las carpas esta relación se pierde.

B. Castañetas:

- a. El Tanque 3 (A/M) posee un promedio de Dureza temporal ligeramente inferior a los demás tratamientos con castañetas con un valor de 13,4 °d.

El Tanque 4 (A/N) obtuvo un promedio intermedio con respecto a los otros dos tratamientos con castañetas con un valor de 14,2 °d.

El Tanque 6 (A/FB) tuvo un promedio más elevado con respecto a los otros dos tratamientos con castañetas con un valor de 17,0 °d.

- b. No parece haber relación entre las podas de los sistemas acuapónicos y la Dureza temporal dado que los valores en algunos casos se mantuvo estable, en otros bajo y en otros casos subió posterior a las podas.
- c. Anova - No existen diferencias estadísticamente significativas entre las Durezas temporales de los tres tratamientos con castañetas.
- d. Todos los tratamientos oscilan entre 6 a 20 °d de KH, esto es 107,14 a 357,14 mg/l, lo que nos indica que los tres sistemas pasaron por aguas blandas (50 a 150 mg/l), aguas de dureza intermedia (150 a 250 mg/l) y aguas duras (valores mayores de 250 mg/l).
- e. Se desconoce el rango óptimo para las *A. facetus* pero en este caso la Dureza temporal y sus promedios no parecen haber afectado la performance de las castañetas.

pH:

A. Carpas:

- a. El Tanque 1 (C/M) posee un promedio de pH tirando a la neutralidad con un valor de 7,28.

El Tanque 2 (C/N) y el Tanque 5 (C/FB) poseen promedios similares de pH tirando un poco más a la alcalinidad con valores de 7,52.

- b. Todos los sistemas acuapónicos respondieron a las podas elevando el pH del agua siempre que se realizaron controles de este parámetro.
- c. Anova - No existen diferencias estadísticamente significativas entre los pH de los tres tratamientos con carpas durante la segunda mitad del ensayo.
- d. Los tres tratamientos con carpas oscilaron entre 6,8 a 8,0 de pH a lo largo de la segunda mitad del ensayo, perteneciendo el rango de 6,8 a 7,5 a un pH neutro y de 7,5 a 8,5 a un pH alcalino.
- e. El pH óptimo para las carpas oscila entre 6,8 a 8,5, por lo tanto los tres tratamientos se mantienen durante todo el ensayo en el rango óptimo para la especie.
- f. Consideramos que el pH no pudo ser un factor determinante para expresar las diferencias de performance de las carpas.

B. Castañetas:

- a. El Tanque 3 (A/M) tuvo un promedio de pH de 7,28 tirando a la neutralidad, sufriendo grandes oscilaciones durante el ensayo y un pico el 23-Nov con un

valor de 8,00 de pH.

El Tanque 4 (A/N) y el Tanque 6 (A/FB) obtuvieron un promedio de pH de 7,6 tirando a la alcalinidad, presentando valores más estables durante la segunda mitad del ensayo.

- b. Todos los sistemas acuapónicos respondieron a las podas elevando el pH del agua.
- c. Anova - No existen diferencias estadísticamente significativas entre los pH de los tres tratamientos con castañetas durante la segunda mitad del ensayo.
- d. Nuevamente obtuvimos que los tres tratamientos oscilaron entre 6,8 a 8,0 de pH a lo largo de la segunda mitad del ensayo, siendo el rango de 6,8 a 7,5 a un pH neutro y de 7,5 a 8,5 a un pH alcalino.
- e. Se desconoce el pH óptimo para las *A. facetus*. Estimamos que el valor óptimo debería de ser próximo a esos rangos dado el excelente porcentaje de supervivencia, incluso sospechamos que debe estar muy próximo al promedio del Tanque 3 (A/M) ya que en ese tratamiento las castañetas intentan reproducirse.
- f. Al no existir diferencias estadísticamente significativas ni entre el pH, ni en la performance de las castañetas concluimos que pH observado durante el ensayo no pudo generar diferencias en la performance de los peces.

Cloro (Cl₂):

- A. El cloro permanece en valores indetectables durante la mayoría del tiempo que se pudo censar este parámetro, salvo en unos tanques en una fecha específica (23-Nov) que tomó valores de 0,80 mg/l y esto puede ser causado por un error al tomar las muestras.

DISCUSIÓN:

Crecimiento de Carpas

En relación al crecimiento de los peces, nuestros resultados demostraron que las carpas (*C. carpio*) tuvieron un mayor crecimiento, tanto en longitud como en peso, cuando fueron cultivadas en los sistemas acuapónicos en comparación con el sistema sólo con filtro biológico. Estos resultados coinciden con lo reportado previamente por Rahimi et al. (2021) quienes evaluaron el rendimiento del crecimiento de *C. carpio* cultivado con diferentes plantas en sistemas acuapónicos. Los autores encontraron un mayor crecimiento de las carpas koi en los mismos en comparación al control (sin plantas); evidenciando que las plantas afectaron significativamente la ganancia absoluta de peso, la ganancia absoluta de longitud y la tasa de supervivencia de los alevines.

Del mismo modo nuestros hallazgos concuerdan con Oladimeji et al. (2020) quienes informaron una tasa de crecimiento un 29% mayor en bagres cultivados en acuaponia con calabaza versus un sistema de recirculación.

Asimismo el mejor desempeño productivo de las carpas en acuaponia se puede relacionar con una mejor calidad del agua, dado que las plantas contribuyen a la absorción de nitratos y otros compuestos nitrogenados (Somerville et al., 2014). Ajjah et al (2020) demuestran que las bacterias nitrificantes en el sistema acuapónico tuvieron un efecto significativo aumentando la tasa de crecimiento y la tasa de supervivencia de las carpas; así como demostraron que la calidad del agua es mejor en el sistema acuapónico que en el sistema de acuicultura. En nuestro ensayo nosotros logramos observar una mejoría en el crecimiento de las carpas en los sistemas acuapónicos con respecto al sistema de recirculación con filtro biológico, pero no conseguimos observar la mejora en la calidad del agua que pueda justificar esta mejora en la performance.

En cuanto al efecto del tipo de planta en el crecimiento de *C. carpio*, se observó una mayor longitud y peso de las carpas cultivadas con menta versus berro; lo cual podría atribuirse a que la menta retira mayor materia orgánica (sustancias nitrogenadas) del sistema (evidenciada en su mayor contenido de materia seca). Estudios previos también reportaron una adecuada eliminación de nitratos y crecimiento de peces y menta en sistemas acuapónicos (Shete et al., 2016).

La mayor longitud alcanzada por las carpas en los sistemas con plantas puede deberse a una mejora de los parámetros de calidad del agua, como la reducción de nitritos provocada por la absorción de nutrientes realizada por el componente hidropónico (Ajjah et al., 2020, Rahimi et al., 2021). Pero en nuestro ensayo no logramos evidenciar esto.

Por otro lado, el tipo de planta también influyó en la longitud de las carpas, siendo significativamente mayor en el sistema con menta comparado con el de berro. Esto se relacionaría con la mayor producción de biomasa y absorción de nutrientes por parte de la menta, evidenciada en su mayor contenido de materia seca. Resultados similares fueron reportados por Shete et al. (2016) quienes encontraron un adecuado crecimiento en longitud de carpas cultivadas en un sistema acuapónico con menta.

Comparando resultados observamos que Shete et al. (2016) en dos meses de ensayo con carpa en acuaponia con menta, obtuvo un promedio de crecimiento de 7,06 cm y una ganancia de pesos promedio de 8,03 gramos. Posteriormente Shete et al. (2017) también en dos meses de ensayo de carpa en acuaponia con menta obtuvo un promedio de crecimiento de 5,83 cm y una ganancia de peso de 0,98 gramos.

En ambas ocasiones obtuvieron mejores resultados en el crecimiento de los peces, nosotros obtuvimos en tres meses de ensayo un promedio de crecimiento de 4,07 cm de longitud y una ganancia de peso de 27,86 gramos promedio de peces.

Con respecto a las carpas en acuaponia con berro Irhayyim et al. (2020) en un ensayo que duró 58 días, obtuvo una ganancia de peso promedio de 26,62 gramos y nosotros obtuvimos un promedio 19,98 gramos promedio.

Por otro lado, una vez más Shete et al. (2017) cultivando carpas con filtro biológico obtuvo un promedio de crecimiento de 2,23 cm y una ganancia de peso de 7,76 gramos en un ensayo de 2 meses de duración. Nosotros obtuvimos un promedio de crecimiento de 2,96 centímetros y una ganancia de peso promedio de 13,65 gramos.

Crecimiento de Castañetas

Por otro lado, el crecimiento de las castañetas (*A. facetus*) fue similar en los diferentes sistemas evaluados. Esto puede atribuirse a que se trata de una especie de crecimiento más lento y el período experimental de 3 meses pudo no haber sido suficiente para poner en manifiesto diferencias entre los sistemas a estudiar. Se necesitan nuevos estudios con mayor duración experimental o un mejoramiento genético para confirmar el efecto de la acuaponia en esta especie nativa de interés regional.

Comparando nuestros resultados con otros investigadores pudimos observar que (Leite et al. 2020) tras 40 días de ensayo de Tilapia en acuaponia con Berro obtuvo una ganancia de peso de 146,67 gramos, mientras sus primas con nosotros en 94 días ganaron solamente 11,22 gramos.

También pudimos comparar con un cultivo de tilapia con menta de (Sabah et al. 2020) en un cultivo de 5 meses durante 2 años diferentes obtuvo una ganancia de 153,87 gramos en el primer año y 153,73 gramos en el segundo año, con unos índices de conversión de 1,71 ambas temporadas; mientras nosotros en nuestro cultivo con menta y castañeta en 3 meses obtuvimos una ganancia de 7,54 gramos.

Nuestros resultados indican que la integración de un componente hidropónico en el cultivo de *C. carpio* mediante un sistema acuapónico puede aumentar significativamente su desempeño productivo. Si bien no se pudieron observar estos beneficios para *A. facetus* como se mencionó anteriormente se requieren más estudios para confirmarlo.

Índice de conversión

Los resultados demostraron que *C. carpio* presentó mejores índices de conversión alimenticia cuando fueron cultivados en los sistemas acuapónicos en comparación al sistema filtro biológico. Las carpas en el sistema con filtro biológico necesitaron entre un 68,23% y 94,6% más alimento para ganar un gramo de peso, versus los sistemas con berro y menta respectivamente. Esta mejora en la conversión alimenticia de las carpas en los sistemas acuapónicos se debería principalmente a una optimización en la calidad del

agua, provocada por la absorción de los compuestos nitrogenados por parte de las plantas (Ajijah et al., 2020).

En un estudio realizado por Irhayyim et al. (2020) donde se evaluaron sistemas de acuaponia con *Cyprinus carpio* y distintas biomásas cosechadas de *Nasturtium officinale*, se obtuvieron mejores índices de conversión alimentaria (1,46) que en nuestro estudio (3,13). Por otro lado Shete et al. (2016) estudiaron la optimización de la tasa de carga hidráulica en un sistema acuapónico con *Cyprinus carpio* y *Mentha arvensis*, obteniendo excelentes índices de conversión alimentaria (1,06) en comparación con nuestros resultados (3,62). Asimismo en otro estudio Shete et al. (2017) evaluaron diferentes medios hidropónicos para *Mentha arvensis*. con carpa común con resultados similares al anterior (0,98). Además en este mismo ensayo ellos realizaron el cultivo de carpa con filtro biológico y les arrojó un índice de conversión alimentaria realmente superior (1,06) al que manifestaron nuestros resultados (6,9). Estas diferencias en cuanto al índice de conversión alimentaria podrían atribuirse a diversas variables como por ejemplo, la temperatura del agua, la dieta administrada, de la especie o variedad del tipo de carpa, entre otras.

Por otro lado las castañetas (*A. facetus*) presentaron índices de conversión alimenticia más altos que las carpas en todos los sistemas evaluados.

Comparando nuestros índices de conversión con ensayo con tilapia en acuaponia observamos que Leites et al. (2020), en su ensayo con tilapias y berro obtuvo índices de conversión de 1,68, mientras que nosotros en nuestro ensayo con castañetas y berro obtuvimos un índice de conversión alimenticia 6,09, siendo este nuestro mejor índice con castañetas, seguido con nuestro ensayo con castañetas y filtro biológico de 6,60 de índice.

Además, comparando los índices de conversión que presentó Sabah et al. (2020), en su ensayo con tilapia y menta donde obtuvo un índice en la primera temporada y en la segunda temporada en años consecutivos de 1,71; mientras en nuestro ensayo de castañetas en acuaponia con menta obtuvimos un índice de 11,06.

En un estudio que evaluaba sistemas de acuaponia con Tilapia del Nilo y lechuga (Flores y Madrid, 2013) se obtuvo un índice estimado de 2.8 para todos los peces del ensayo; a diferencia de nuestros resultados donde este varió entre un 6,18 y 11,06.

Esto podría atribuirse a que es una especie que está en proceso de domesticación y que no posee ningún tipo de mejoramiento genético ni pre selección. Encontramos que el sistema con mayor índice de conversión alimenticia es un sistema acuapónico específicamente el Tanque 3 (A/M) que si recordamos es el mismo sistema que presentó una disminución en crecimiento y el único sistema con castañetas que presentó muertes de peces. Sospechamos que la culpable de esto último fue la presencia de actividad reproductiva en el sistema debido a que pudimos apreciar en los muestreos la coloración típica del cortejo en estos peces y el incremento en la agresividad. Y debido a esto hubo un aumento posible en el índice de conversión alimenticia debido a que la actividad reproductiva genera desvíos de energía para dicha actividad en detrimento del crecimiento.

Índices altos de conversión alimentaria demuestran una disminución de la eficacia de los peces para poder convertir el alimento en biomasa (Meyer., 2008); lo cual podría atribuirse a diversos factores como se ha mencionado anteriormente sumado al desconocimiento de los requerimientos nutricionales de la especie.

Sobrevivencia

Nuestros resultados mostraron que no hubo diferencias significativas en la supervivencia tanto de *C. carpio* como de *A. facetus* entre los diferentes sistemas. Las tasas de supervivencia se mantuvieron por encima del 80% en todos los tratamientos. Asimismo Monsees et al. (2019) no observaron diferencias en supervivencias de distintos tipos de peces en los sistemas de filtro biológico o acuapónico.

La ausencia de diferencias en la supervivencia entre sistemas indicaría que todos fueron capaces de mantener una calidad de agua adecuada para la salud y bienestar de los peces. Si bien estudios previos asociaron la integración con plantas a mejoras en parámetros como nitritos y nitratos (Irhayyim et al. 2020; Rahimi et al. 2021), dichos efectos no se manifestaron en diferencias de supervivencias en nuestro estudio.

En relación de la supervivencia de las carpas en acuaponia con menta, Shete et al. (2016), obtuvo una supervivencia del 98 % y posteriormente Shete et al. (2017) obtuvo una supervivencia muy similar de 97,78%. Nosotros por otra parte, obtuvimos una supervivencia de un 84, 85% de las carpas en acuaponia.

Irhayyim et al. 2020 en su ensayo de acuaponia de carpas con berro, obtuvo una supervivencia del 100%, mientras que nosotros obtuvimos un 96,67%.

Las carpas cultivadas con filtro biológico Shete et al. (2017) obtuvo una supervivencia de 97,78, mientras que nosotros obtuvimos una supervivencia de 84,66 %.

Destacamos que las castañetas presentaron una supervivencia particularmente alta, cercana al 100% en 2 de los 3 sistemas evaluados. Particularmente fue de 100% en 2 de los tres tanques y en uno de ellos de un 90% (en el cual puede atribuirse esta disminución dado el comportamiento reproductivo de los peces). Destacamos que se carece de información bibliográfica de sistemas de acuaponia realizados con *A. facetus*. Sin embargo existen estudios de acuaponia con otros cíclidos, como la tilapia, por lo cual esta se utilizará para extrapolar comparaciones. Leite et al. (2020) obtuvo una supervivencia del 95% de las tilapias en acuaponia con berro, mientras Sabah et al. (2020) tuvo una supervivencia del 95,9 % en la primera temporada y del 95,8% en la segunda temporada en su ensayo de tilapia en acuaponia con menta.

Nuestros resultados de supervivencia de las castañetas (*A. facetus*) coinciden con lo reportado por Flores y Madrid (2013) quienes compararon la producción de cuatro cultivares de lechuga en acuaponia con tilapia (*Oreochromis niloticus*) y que obtuvieron una supervivencia general de los peces de un 99.6%. Se ha visto que este cíclido habitualmente no se ve afectado por enfermedades ni por cambios en la calidad del agua. Esto demostraría una buena adaptación de esta especie nativa lo cual puede representar una ventaja para su producción.

Producción de vegetales

Los resultados mostraron que se logró una adecuada producción de biomasa tanto de menta como de berro en los sistemas acuapónicos, sin requerir fertilización suplementaria. La producción de menta fue relativamente constante durante el ensayo, mientras que la de berro evidenció una disminución hacia el final debido a problemas que detallamos a continuación.



Figura 50. *Nasturtium officinale* atacado por las hormigas cortadoras.

En el transcurso de noviembre debimos tratar la aparición de hormigas cortadoras que estaban agrediendo las plantas de berro (*Nasturtium officinale*) cortando las hojas y los tallos de las plantas generando pérdida de biomasa y detrimento en la producción. Debido a la presencia de peces, sensibles a los insecticidas se trata esta invasión con tratamientos orgánicos y se logra controlar.

Posteriormente a comienzos de diciembre debido a los ataques de aves al berro (*Nasturtium officinale*) debimos instalar una maya para evitar los ataques

La misma fue construida con madera y una maya plástica que no reducía mucho la cantidad de sol que llegaba a las plantas.



Figura 51. Maya para proteger los cultivos de los ataques de aves.



Nuestros hallazgos coinciden con lo reportado por Shete et al. 2016, quienes obtuvieron una buena productividad de menta en un sistema acuapónico con carpas sin fertilización adicional, tras dos meses de ensayo obtuvo 1146 gramos en dos metros cuadrados,

mientras nosotros obtuvimos con carpa y menta 2909 gramos en 0,48 m² luego de tres meses de producción.

Sabah et al. (2020) en su ensayo con tilapia con menta obtuvo en su primer temporada 1606 gramos por m² siendo esto 246 gramos por m² de materia seca de menta, siendo esto un porcentaje en rendimiento de un 15,32%, y en su segunda temporada obtuvo 2776 gramos por m² siendo esto 427 gramos de materia seca, correspondiendo a un 15,38 % de rendimiento. Nosotros en nuestros ensayos de castañeta y menta obtuvimos 2969 gramos siendo esto 466,36 gramos de materia seca por m², correspondiendo a un 15,71 % de rendimiento.

Valdez-Sandoval et al. (2020) en un estudio de sistemas de acuaponia realizado con tilapia y diversas especies de hierbas culinarias obtuvieron 1168 gramos de biomasa ganada de *Mentha spicata*, a diferencia de nuestro estudio en el cual la biomasa fue mayor (2960 gramos) en el tanque de *A. facetus* y *Mentha spp.*

Si bien en nuestro estudio la producción total de berro fue levemente inferior a la de menta ambas evidenciaron su capacidad para aprovechar eficientemente de los nutrientes provistos por las excretas de los peces en cultivo. La mayor proporción de materia seca de la menta indicaría una mayor absorción de compuestos nitrogenados (Shete et al; 2016), lo cual concuerda con el mejor crecimiento de las carpas observado en este sistema.

En relación a la biomasa obtenida de berro con carpa, en el estudio de Irhayyim et al. (2020) obtuvieron sus mejores resultados de biomasa al realizar la cosecha al finalizar el estudio o cosechando un 25% quincenalmente, obteniendo en este último 1870 gramos en 0,42 m² de superficie en dos meses de cultivo; los cuales fueron similares a los valores de biomasa obtenidos en nuestro estudio en tres meses de cultivo obtuvimos 2640 gramos en 0,48 m².

En un ensayo con tilapia y berro Leite et al. (2020) obtuvo 1300 gramos en 2 m² de superficie en una duración del ensayo de 40 días. Nosotros en nuestro ensayo con castañetas y berro obtuvimos 2094 gramos en los 94 días en una superficie de 0,48 m²

De esta manera los resultados demuestran la factibilidad de implementar el cultivo hidropónico de menta y berro integrado mediante acuaponia, eliminando la necesidad de fertilizantes sintéticos y aprovechando eficientemente los nutrientes provistos por peces en cultivo obteniendo excelentes volúmenes de cosecha de estos dos vegetales.

En el caso del berro es necesario usar métodos de protección de cultivos para evitar ataques de aves, insectos, etc.

Calidad de agua

Los resultados mostraron que en general no se observaron diferencias importantes en los parámetros físico-químicos del agua evaluada entre los diferentes sistemas. Las concentraciones de amoníaco se mantuvieron por debajo de niveles tóxicos en todos los tratamientos. Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por Monsees et al. (2019), quienes tampoco encontraron efectos del tipo de sistema (acuaponía o recirculación) sobre parámetros como el pH, alcalinidad y sólidos disueltos totales. Asimismo, Afolabi, K (2020) que evaluaron la reproducibilidad de kale y tilapia y constataron que la mayoría de los parámetros de calidad del agua en sistemas con filtro biológico y acuaponía fueron mantenidos dentro de los rangos adecuados para los peces y las plantas.

La ausencia de variaciones en la mayoría de los parámetros evaluados indicaría que tanto los sistemas acuapónicos como el de sólo filtro biológico fueron capaces de mantener una calidad del agua adecuada para los peces.

Destacamos que en los sistemas con carpas la concentración más baja de nitritos se encontró en el Tanque 5 (C/FB); en cuanto a las castañetas en el tanque 6 (A/FB) se encontraron concentraciones más altas de nitritos durante todo el ensayo. Sin embargo en ningún sistema se alcanzaron valores excesivos que comprometen la salud de los peces. La integración con un compuesto hidropónico mediante acuaponía no derivó en mejoras sustanciales en los parámetros físico-químicos del agua en comparación al sistema de recirculación con solo filtro biológico en los parámetros que nosotros estudiamos.

Comparando los parámetros que obtuvimos en nuestro trabajo con los ensayos con los cuales comparamos las producciones de peces y vegetales anteriormente observamos que la mayoría de los ensayos fue realizados con temperatura entre 24 a 26 ± 0.1 °C en estos rangos se encuentran Shete et al. (2016), Shete et al. (2017) y el ensayo de Leite et al. (2020) y nuestro ensayo fue realizado en un promedio de temperatura de $15,4 \pm 7$ que no solo es mucho menor, sino que maneja un rango mucho más amplio durante todo el ensayo. El trabajo de Irhayyin et al. (2020) fue realizado en una temperatura similar a la nuestra con un promedio de $14,45 \pm 0.3$ °C. Esta diferencia de temperatura hace que los peces de ellos contarán con un metabolismo más elevado y por lo tanto mejores posibilidades de desarrollarse observando crecimientos en longitud y ganancia de peso superiores a las nuestras.

Con relación al pH todos los ensayos incluyendo el nuestro fueron muy similares en su valor encontrando nuestro ensayo y los de Shete et al. (20216), Shete en al. (2017), Irhayyin et al. (2020) y Leite et al (2020) obtuvimos un valor promedio de $7.6 \pm 0,2$, Mientras que Sabah et al. (2020) en su ensayo promedio 6,9 en su primera temporada y 6,74 en su segunda temporada. No se observan grandes diferencias entre todos los ensayos y muy posiblemente estas diferencias no sean las causas de nuestras diferencias en producción de peces.

En el caso del Amoniaco/Amonio (NH_3/NH_4) no todos los ensayos utilizados para comparar nuestras producciones tomaron sus valores, pero en todos los que si los hicieron sus valores fueron algo superiores al nuestro ya que en nuestro ensayo nunca tuvo un valor detectable. Sabah et al. (2020) obtuvo valores de 1,66 mg/l en su primera temporada y de 1,68 mg/l en su segunda temporada de su ensayo. Estos valores son

bastante elevados y es posible que se deba a la densidad de peces utilizada y demuestra la tolerancia a esto que las Tilapias. Leite et al. (2020) obtuvo un promedio de 0,02 mg/l, ligeramente superior a nuestro ensayo.

Mientras que Irhayyin et al. (2020) en su ensayo registró una concentración promedio de Amoniaco/Amonio de $0,004 \pm 0,001$ mg/l que podrían ser similares a los nuestros ya que la sensibilidad de sus test es superior al test que nosotros utilizamos.

Con respecto a los Nitritos (NO_2) todos los ensayos con los que nos comparamos presentaron concentraciones menores que las nuestras que promedialmente fue de $0,87 \pm 0,60$ mg/l mientras que Shete et al. (2016) obtuvo un promedio de $0,02 \pm 0,01$ mg/l, posteriormente Shete et al. (2017) obtuvo valores de $0,04 \pm 0,01$ mg/l. Por otro lado Leite et al. (2020) obtuvo un promedio de 0,05 mg/l y finalmente Irhayyin et al. (2020) obtuvo los valores más próximos a los nuestros pero aun así considerablemente más bajos de $0,20 \pm 0,05$ mg/l. Dado la toxicidad que reviste la concentración de los Nitritos en los cultivos de peces la diferencia esgrimida por los ensayos con los que nos comparamos puede ser otro factor a la hora de observar mejores producciones de peces, si bien en ningún caso los valores fueron riesgosos para la salud de los peces.

Si hablamos de Nitratos (NO_3) observamos que Shete et al.(2016) y Shete et al. (2017) obtuvo valores bajísimos en promedio en ambos artículos de producción de carpa con menta, siendo estos de $0,22 \pm 0,01$ mg/l y de $0,28 \pm 0,01$ mg/l respectivamente. Después de ellos nos posicionamos nosotros con valores promedio de $10,00 \pm 10,00$ mg/l que siguen siendo valores bajos de concentración de NO_3 . Nos sigue con valores muy similares Irhayyin en al. (2020) con $17,77 \pm 3,1$ mg/l. y por último nos pudimos comparar con Sabah et al. (2020) que presentó valores mucho más altos que el resto tanto en la primera temporada de su ensayo como en la segunda con concentraciones de 115,46 mg/l y 124,66 mg/l, pero aun así todos los ensayos permanecieron en rango seguros para los peces. Estas diferencias en los parámetros no parecieran ser la respuesta a las diferencias de performance de los peces que presentan todos estos ensayos con respecto a la performance de nuestros peces.

Por último comparamos la Dureza temporal (KH) que era una de nuestras sospechosas de ser el disparador de nuestras diferencias de performance de las carpas de nuestros tratamientos y observamos que nuestro promedio fue de $208,97 \pm 121,90$ mg/l que se ajusta a la dureza óptima para la carpa y el único que media la Dureza temporal en sus ensayos fue Shete et al. (2016) y Shete et al. (2017) en sus ensayos con carpas y menta en los cuales obtuvieron como promedio de la Dureza temporal $263,22 \pm 2.63$ mg/l y $266,00 \pm 3.46$ mg/l respectivamente que se aleja un poco del óptimo para la carpa pero sin embargo obtuvieron mejores crecimientos e índices de conversión alimenticia.

Esto nos deja una noción bastante clara de que la temperatura del agua de cultivo puede ser un factor determinante a la hora de evaluar la performance de los peces y quizás en un segundo puesto podría estar la Dureza temporal siempre y cuando los compuestos nitrogenados se mantengan en valores adecuados, cosa que parecería que todos los sistemas testeados son capaces de lograr.

CONCLUSIONES:

Los resultados mostraron que las carpas (*C. carpio*) presentaron mayor crecimiento tanto en longitud como en ganancia peso, cuando fueron cultivadas en los sistemas acuapónicos en comparación al sistema con sólo filtro biológico.

A su vez, la integración con plantas disminuyó los índices de conversión alimenticia de esta especie.

Por otra parte, no se observaron diferencias en el crecimiento ni en la conversión alimenticia de las castañetas (*A. facetus*) entre los diferentes sistemas evaluados.

Nuestro ensayo indica que las carpas cultivadas en menta obtienen mayor desempeño que las carpas cultivadas con berro, y estas últimas obtuvieron a la vez mayor desempeño que las cultivadas con el sistema con filtro biológico.

La supervivencia de ambas especies de peces fue alta y similar entre tratamientos, indicando adecuadas condiciones de cultivo en todos los sistemas.

En relación a las plantas, se logró una buena producción de biomasa tanto en menta como de berro en los sistemas acuapónicos, sin fertilización adicional. La menta presentó mayor absorción de nutrientes evidenciada en su mayor contenido de materia seca, lo cual concuerda con el mayor desempeño de las carpas en este tratamiento.

Por otro lado, la calidad del agua fue adecuada para mantener la salud de los peces en todos los sistemas. No hubo diferencias sustanciales entre la mayoría de los parámetros evaluados. Salvo entre las concentraciones de Nitritos. Que en el caso de las carpas presentaron mayor concentración aquellos tratamientos que mayor performance obtuvieron los peces. Y en el caso de las castañetas también se presentaron diferencias estadísticas entre sus concentraciones, pero la performance de los peces no tuvo diferencias entre los tratamientos.

En conclusión, los sistemas acuapónicos incrementaron el crecimiento y disminuyeron el índice de conversión alimenticia de *C. carpio*, pero no mostraron dichos beneficios para *A. facetus* en el período del estudio.

Los resultados evidencian el potencial de la acuaponia para incrementar el desempeño productivo de ciertas especies acuícolas, optimizando la producción conjunta de peces y vegetales volviéndose en una mejor rentabilidad productiva, en un aprovechamiento sustentable de los recursos del establecimiento disminuyendo la contaminación generada por la producción de ambos alimentos y diversificando rubros del emprendimiento.

A futuro se deberían realizar nuevos ensayos teniendo en cuenta realizar un número adecuado de réplicas para conseguir un análisis más robusto en sus datos, evitando o minimizando las posibles distorsiones de los datos por eventualidades tales como ataques de hormigas, aves o comportamiento reproductivo de las especies. A su vez sería importante realizar algún tipo de seleccionamiento o mejoramiento genético en *A. facetus* ya que esto podría mejorar mucho su performance a la hora de tenerlo como pez de producción dado que ha demostrado tener una buena tolerancia a la producción en sistemas intensivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afolabi, K. (2020). *Productivity of Kale (Brassica oleracea var. acephala) and Nile tilapia (Oreochromis niloticus) Culture in Aquaponic Systems* (Tesis de maestría). Universidad Americana del Cairo, El Cairo.
- Anwar, F., Abbas, A., Mehmood, T., Gilani, A. H., y Rehman, N. (2019). Mentha: A genus rich in vital nutra-pharmaceuticals: A review. *Phytotherapy Research*, 33, 2548-2570.
- Boligon, A. A., Janovik, V., Boligon, A. A., Pivetta, C. R., Pereira, R. P., Rocha, J. B. T. D., y Athayde, M. L. (2013). HPLC analysis of polyphenolic compounds and antioxidant activity in Nasturtium officinale. *International Journal of Food Properties*, 16(1), 61-69.
- Candarle, P. (2016). Técnicas de Acuaponia. *Cenadac*, (8), 1-47.
- Carreño, J (2020). *Acuaponia: la agricultura del futuro*. Recuperado de: <https://www.voluntariadosocial.cepaim.org/acuaponia-la-agricultura-del-futuro/>
- Damme, P.V., Appelbaum, S., y Hecht, T. (1989). Sibling cannibalism in Koi carp, *Cyprinus carpio* L., larvae and juveniles reared under controlled conditions. *Journal of Fish Biology*, 34, 855-863.
- Danner, R. I., Mankasingh, U., Anamthawat-Jonsson, K., y Thorarinsdottir, R. I. (2019). Designing aquaponic production systems towards integration into greenhouse farming. *Water (Switzerland)*, 11, 2123.
- Delaide B., Goddek S., Gott J., Soyeurt H., y Jijakli MH. (2016). Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Sucrine) growth performance in complemented aquaponic solution outperforms hydroponics. *Water*, 8, 1-11.
- Dhanaraj, M., Haniffa, M. A., Singh, S. A., Arockiaraj, A. J., Ramakrishanan, C. M., Seetharaman, S., y Arthimanju, R. (2010). Effect of probiotics on growth performance of koi carp (*cyprinus carpio*). *Journal of Applied Aquaculture*, 22(3), 202-209.
- Di Noia, J. (2014). Defining powerhouse fruits and vegetables: A nutrient density approach. *Preventing Chronic Disease*, 11, 130390.
- El Rahimi, S.A., Razeky, M.M., Perdana, A.W., y Putra, D.F. (2021). The growth performance of common carp (*Cyprinus carpio*) co-cultured with different vegetable plants in aquaponics system. *Depik*, 10, 30-34.
- Fennell, J.A. (2006). *Potential for watercress production in Australia*. Lenswood: Rural Industries Research and Development Corporation, Australia Government.

- Fernández, J. A., Niñirola, D., Ochoa, J., Orsini, F., Pennisi, G., Gianquinto, G., y Egea-Gilabert, C. (2016). Root adaptation and ion selectivity affects the nutritional value of salt-stressed hydroponically grown baby-leaf *Nasturtium officinale* and *Lactuca sativa*. *Agricultural and Food Science*, 25, 230-239.
- Flores, L., y Madrid, J. (2013). Comparación de la producción de lechuga de los cultivares Maximus, Locarno, Versai y Kristine en acuaponía con tilapia en Zamorano (Tesis de grado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Goddek, S., Joyce, A., Kotzen, B., y Burnell, G. (2019). *Aquaponics food production systems: Combined aquaculture and hydroponi production technologies for the future*. Cham: Springer Nature.
- Hussain, T., Verma, A. K., Tiwari, V. K., Prakash, C., Rathore, G., Shete, A. P., y Saharan, N. (2015). Effect of water flow rates on growth of *Cyprinus carpio* var. koi (*Cyprinus carpio* L., 1758) and spinach plant in aquaponic system. *Aquaculture International*, 23, 369-384.
- Irhayyim, T., Fehér, M., Lelesz, J., Bercsényi, M., y Bársony, P. (2020). Nutrient removal efficiency and growth of watercress (*Nasturtium officinale*) under different harvesting regimes in integrated recirculating aquaponic systems for rearing common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Water*, 12, 1419.
- Jha, P., y Barat, S. (2005). Effect of water exchange on water quality and the production of ornamental carp (*Cyprinus carpio* var. koi L.) cultured in concrete tanks manured with poultry excreta. *Archives of Polish Fisheries/Archiwum Rybactwo Polskiego*, 13, 77-90.
- Khandker, M., y Kotzen, B. (2018). The potential for combining living wall and vertical farming systems with aquaponics with special emphasis on substrates. *Aquaculture Research*, 49, 1454-1468.
- Klimek-Szczykutowicz, M., Szopa, A., y Ekiert, H. (2018). Chemical composition, traditional and professional use in medicine, application in environmental protection, position in food and cosmetics industries, and biotechnological studies of *Nasturtium officinale* (watercress) a review. *Fitoterapia*, 129, 283-292.
- Korkmaz, A. S., y Cakıroglu, G. C. (2011). Effects of partial replacement of fish meal by dried baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth performance, feed utilization and digestibility in koi carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) fingerlings. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10, 346-351.
- Krastanova, M., Sirakov, I., Ivanova-Kirilova, S., Yarkov, D., y Orozova, P. (2022). Aquaponic systems: biological and technological parameters. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 36, 305-316.

- Kyaw, T. Y., y Ng, A. K. (2017). Smart Aquaponics System for Urban Farming. *Energy Procedia*, 143, 342-347.
- Leite, P.T., Silva, A.L., Ventura, A.S., Stringhetta, G.R., Laice. L.M., De Oliveira, A.F., ...Caetano, R.A. (2020). Performance of Nile Tilapia and vegetables grown in different aquaponic volumes. *Journal of Agricultural Studies*, 8, 497-506.
- López Lemes, M. del H., Hernández, S., Acuña, A. M., y Nuri, A. (1996). Fascioliasis en la República Oriental del Uruguay. *Revista Médica del Uruguay*, 12, 37-43.
- López, N., Quartiani, I., y Daniel, C. (2019, octubre 1-2). Crecimiento durante el alevinaje de *Australoheros facetus* cultivado en tanques. En *XI Jornadas Técnicas Facultad de Veterinaria técnicas*. Udelar, Montevideo.
- Love, D. C., Fry, J. P., Genello, L., Hill, E. S., Frederick, J.A., Li, X., y Semmens, K. (2014). An international survey of aquaponics practitioners. *PLoS ONE*, 9, 1-10.
- Love, D.C., Uhl, M., y Genello, L. (2015). Energy and water use of a small-scale raft aquaponics system in Baltimore, Maryland, United States. *Aquacultural Engineering*, 68, 19-27.
- Manomano (s.f). *Todo sobre la acuaponia*. Recuperado de:
<https://www.manomano.es/consejos/todo-sobre-la-acuaponia-10139>
- Maucieri, C., Nicoletto, C., Zanin, G., Xiccato, G., Borin, M., y Sambo, P. (2020). Composition and quality traits of vegetables grown in a low-tech aquaponic system at different fish stocking densities. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100, 4310-4318.
- Maitland, D. M., Baker, J., Chambers, G., Ross, N. W., y Colombo, S. M. (2022). Population growth dynamics and their implications for fish welfare in mixed-size cohorts of *Cyprinus Carpio* var koi grown in a commercial-scale aquaponics system. *Aquaculture International*, 30, 187-210.
- Medellin, M. (2021). *Caracterización agronómica del berro (Nasturtium officinale R . Br .) y respuesta a diferentes soluciones* (Tesis de grado). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca.
- Meyer, D. (2004). *Introducción a la acuacultura*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.
- Monsees, H., Suhl, J., Paul, M., Kloas, W., Dannehl, D., y Wurzt, S. (2019) Lettuce (*Lactuca sativa*, variety Salanova) production in decoupled aquaponic systems: Same yield and similar quality as in conventional hydroponic systems but drastically reduced greenhouse gas emissions by saving inorganic fertilizer. *PLoS ONE*, 14, 1-23.

- Nakamura, N., y Kasahara, S. (1955). A study on the phenomenon of the tobikoi or shoot carp. I. On the earliest stage at which the shoot carp appears. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish*, 21, 73-76
- Nhan, H.T, Tai, N.T., Liem, P.T., Ut, V.N., y Ako, H. (2019). Effects of different stocking densities on growth performance of asian swamp eel *monopterus albus*, water quality and plant growth of watercress *nasturtium officinale* in an aquaponic recirculating system. *Aquaculture*, 503, 96-104.
- Nuwansi, K., Verma, A. K., Chandrakant, M. H., Prabhath, G. P.W.A., y Peter, R. M. (2021). Optimization of stocking density of koi carp (*Cyprinus carpio* var. koi) with gotukola (*Centella asiatica*) in an aquaponic system using phytoremediated aquaculture wastewater. *Aquaculture*, 532, 735993.
- Oladimeji, S. A., Okomoda, V.T., Olufeagba, S. O., Solomon, S. G., Abol-Munafi, A. B., Alabi, K. I., ...Hassan, A. (2020). Aquaponics production of catfish and pumpkin: Comparison with conventional production systems. *Food Science and Nutrition*, 8, 2307-2315.
- Paudel, S. R. (2020). Nitrogen transformation in engineered aquaponics with water celery (*Oenanthe javanica*) and koi carp (*Cyprinus carpio*): Effects of plant to fish biomass ratio. *Aquaculture*, 520, 734971.
- Perdomo, C., Barbazán, M., y Durán Manzoni, J.M. (s.f.). *Nitrógeno*. Montevideo: Facultad de Agronomía, Udelar. Recuperado de <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>
- Sabah, S., Kandel, A.M., El-Shinawy, M.Z., Amer M.A., y Abul-Soud, M. (2020). Evaluation of mint and sweet basil herbs production integred into aquaponic Tilapia production system. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 82, 563-573.
- Shafeena, T. (2016). Smart aquaponics system: challenges and opportunities. *European Journal of Advances in Engineering and Technology*, 3, 52-55.
- Shete, A. P., Verma, A. K., Chadha, N. K., Prakash, C., Peter, R. M., Ahmad, I., y Nuwansi, K. K.T. (2016). Optimization of hydraulic loading rate in aquaponic system with Common carp (*Cyprinus carpio*) and Mint (*Mentha arvensis*). *Aquacultural Engineering*, 72,53-57.
- Shete, A. P., Verma, A. K., Chadha, N. K., Prakash, Chandra., Chandrakant, M. H., y Nuwansi, K. K.T. (2017). Evaluation of different hydroponic media for mint (*Mentha arvensis*) with common carp (*Cyprinus carpio*) juveniles in an aquaponic system. *Aquaculture International*, 25, 1291-1301.
- Somerville, C., Cohem, M., Pantanella, E., Stankus, A., y Lovatelli, A. (2014). *Introduction to aquaponics. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming*. Rome, FAO.

- Teixeira de Mello, F., González-Bergonzoni, I., y Loureiro, M. (2011a). Cyprinodontiformes: Carpa común. En *Peces de agua dulce del Uruguay* (pp. 168-168). Montevideo: CURE-UDELAR-MGAP.
- Teixeira de Mello, F., González-Bergonzoni, I., y Loureiro, M. (2011b). Perciformes: Castañeta. En *Peces de agua dulce del Uruguay* (pp. 168-168). Montevideo: CURE-UDELAR-MGAP.
- Thu, Y., y Keong, A. (2017). Smart Aquaponics system for urban farming. *Energy Procedia*, 143, 342-347.
- Valdez-Sandoval, C., Guerra-Centeno, D., Lepe-López, M., Díaz-Rodríguez, M., y Pineda-Alvizuris, L. (2020). Survival and productivity of culinary herb species in a nutrient film technique-type aquaponic system with Nile Tilapia. *World's Veterinary Journal*, 10, 578-586.
- Watson, C., Hill, J., y Pouder, D. (2004). Species Profile: Koi and Goldfish. *Southern Regional Aquaculture Center*, 7201, 1-6.
- Yep, B., y Zheng, Y. (2019). Aquaponic trends and challenges: A review. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1586-1599.

ANEXO

Tablas de la formación de grupos y siembra de los peces:

En la formación de los grupos de peces para realizar las siembras en los distintos sistemas se generó la siguiente tabla con los datos de los peces que los conformaban.

Tabla 48. Datos de siembra de peces y sus tanques correspondientes.

Siembra de peces 14/09/2020												
Nº	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/B)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/B)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
	Long (Cm)	Peso (g)	Long (Cm)	Peso (g)	Long (Cm)	Peso (g)	Long (Cm)	Peso (g)	Long (Cm)	Peso (g)	Long (Cm)	Peso (g)
1	8,20	9,01	9,70	14,72	7,80	8,20	9,50	13,87	10,60	17,58	8,80	13,69
2	9,60	13,47	8,80	11,12	10,10	15,40	10,40	19,80	10,70	22,50	9,30	15,30
3	7,10	5,42	8,90	10,50	10,00	17,25	9,10	12,18	9,20	12,59	8,30	11,61
4	6,50	4,13	6,60	4,60	9,90	18,20	10,40	19,25	9,40	13,75	9,10	15,62
5	6,50	4,09	9,20	11,98	8,80	12,12	7,80	9,10	8,50	10,92	8,10	9,46
6	6,10	2,80	11,10	23,80	9,70	14,60	7,40	7,28	8,60	11,10	7,20	8,63
7	8,00	6,85	7,40	4,58	9,50	18,70	8,70	12,18	7,70	8,50	7,70	7,80
8	4,70	1,24	6,70	4,73	6,30	5,36	8,40	12,60	7,20	6,65	8,50	13,10
9	8,20	7,55	6,90	5,50	8,40	9,81	6,50	5,96	7,80	6,60	8,80	10,17
10	8,30	8,77	6,50	4,68	8,80	12,61	9,00	13,11	7,90	7,59	6,70	5,83
11	9,10	12,17	9,30	10,34	7,50	7,95	7,40	6,93	6,30	4,02	8,00	10,85
12	8,10	9,30	8,00	8,90	8,30	10,09	8,60	13,65	7,10	5,52	7,10	7,15
13	8,20	8,88	8,50	9,30	8,00	9,00	8,20	9,15	5,40	2,60	9,00	13,53
14	9,80	12,65	5,80	3,25	6,40	4,57	6,20	4,80	7,40	6,69	6,60	5,62
15	9,60	12,30	7,20	5,77	6,50	4,90	6,80	6,75	6,10	3,91	7,10	6,55
16	8,00	8,36	4,00	1,54	9,40	15,50	7,40	7,18	6,70	4,63	7,50	7,37
17	7,60	6,48	8,20	8,27	8,60	14,23	6,40	5,20	6,20	3,53	6,50	4,97
18	7,70	6,52	7,80	7,91	7,20	8,20	9,10	14,60	6,10	4,48	8,20	11,23
19	6,90	4,55	6,40	4,11	5,80	3,95	10,00	20,14	5,60	3,86	6,50	4,10
20	8,10	8,09	6,00	3,52	6,30	5,77			5,00	2,12	5,50	2,63
21	8,30	9,32	4,60	2,43					5,40	2,50	10,10	20,91
22	7,10	5,57	4,50	1,80					4,90	2,80	6,50	5,70
23	6,60	4,01	5,20	6,00					10,00	16,15		
24	5,50	3,00	8,00	9,30					6,70	4,34		
25	6,70	5,34	7,20	6,16					7,50	6,30		
26	9,20	11,40	5,50	2,93					7,20	6,18		
27	7,70	7,05	6,90	5,10					5,80	2,67		
28	6,00	3,85	5,40	3,13					6,10	4,53		
29	3,70	1,60	4,60	4,58					5,40	2,17		
30	4,10	1,53	6,00	3,50								
31	3,50	1,53										
32	5,00	1,59										
33	4,20	1,20										
Long. Prom. (cm):		Long. Prom. (cm):		Long. Prom. (cm):		Long. Prom. (cm):		Long. Prom. (cm):		Long. Prom. (cm):		
7,09		7,03		8,17		8,28		7,19		7,78		
Peso Prom. (g):		Peso Prom. (g):		Peso Prom. (g):		Peso Prom. (g):		Peso Prom. (g):		Peso Prom. (g):		
6,35		6,80		10,82		11,25		7,13		9,63		
Peso Total (g):		Peso Total (g):		Peso Total (g):		Peso Total (g):		Peso Total (g):		Peso Total (g):		
209,62		204,05		216,41		213,73		206,78		211,82		

Comparación estadística de los diferentes sistemas al comenzar la experiencia:

Comparación entre Sistemas Acuapónicos y Sistema con Filtro Biológico con relación a la Longitud (cm):

Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)

Tabla 49. Comparación en longitud entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB).

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 1 (C/M)	33	7,08788	1,74405	24,6061%	3,5	9,8
Tanque 2 (C/N)	30	7,03	1,72969	24,6044%	4,0	11,1
Tanque 5 (C/FB)	29	7,18966	1,64411	22,8677%	4,9	10,7
Total	92	7,10109	1,69086	23,8113%	3,5	11,1

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 1 (C/M)	6,3	-1,23963	-0,576201
Tanque 2 (C/N)	7,1	0,57882	-0,402518
Tanque 5 (C/FB)	5,8	1,47375	-0,391094
Total	7,6	0,249212	-0,897364

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 3 sistemas. Realizaremos la prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples nos dirá cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 50. Tabla ANOVA.

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,384843	2	0,192422	0,07	0,9362
Intra grupos	259,785	89	2,91893		
Total (Corr.)	260,17	91			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,0659, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

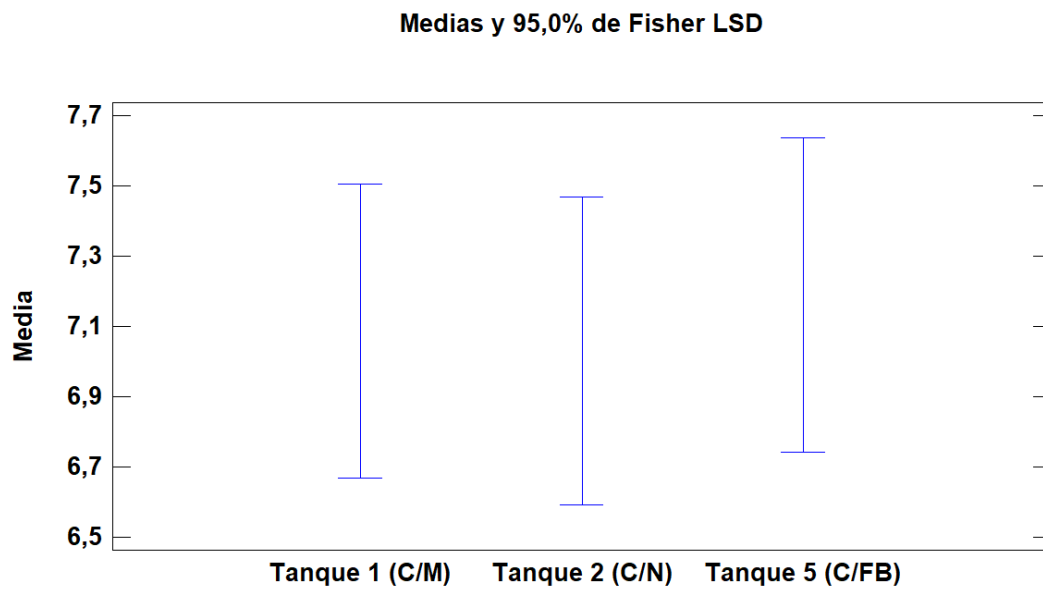


Figura 52. Gráfico de Medias y 95,0 % de Fisher LSD.

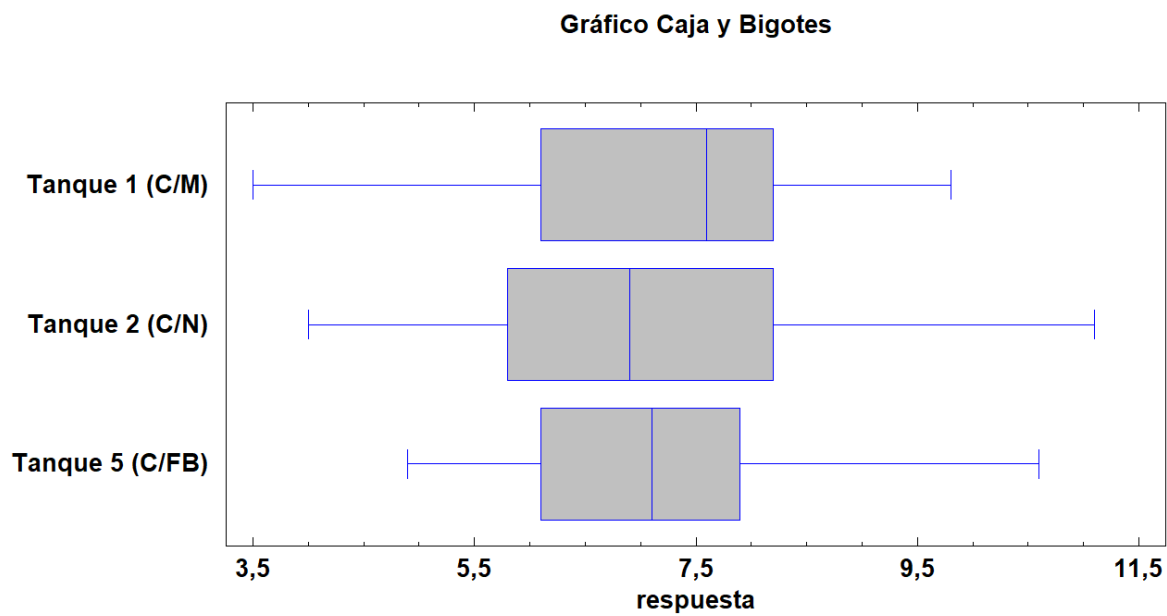


Figura 53. Gráfica de Caja y Bigotes.

Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)

Tabla 51. Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 3 (A/M)	20	8,165	1,39219	17,0507%	5,8	10,1
Tanque 4 (A/B)	19	8,27895	1,32018	15,9462%	6,2	10,4
Tanque 6 (A/FB)	22	7,77727	1,15756	14,8838%	5,5	10,1
Total	61	8,06066	1,28599	15,9539%	5,5	10,4

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 3 (A/M)	4,3	-0,412521	-1,12799
Tanque 4 (A/B)	4,2	0,0462708	-0,895118
Tanque 6 (A/FB)	4,6	0,0779757	-0,59298
Total	4,9	-0,00998298	-1,57879

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 3 sistemas. Realizaremos la prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples nos dirá cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 52. Tabla ANOVA.

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2,88986	2	1,44493	0,87	0,4244
Intra grupos	96,3357	58	1,66096		
Total (Corr.)	99,2256	60			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,8699, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los 3 sistemas con un nivel del 95,0% de confianza.

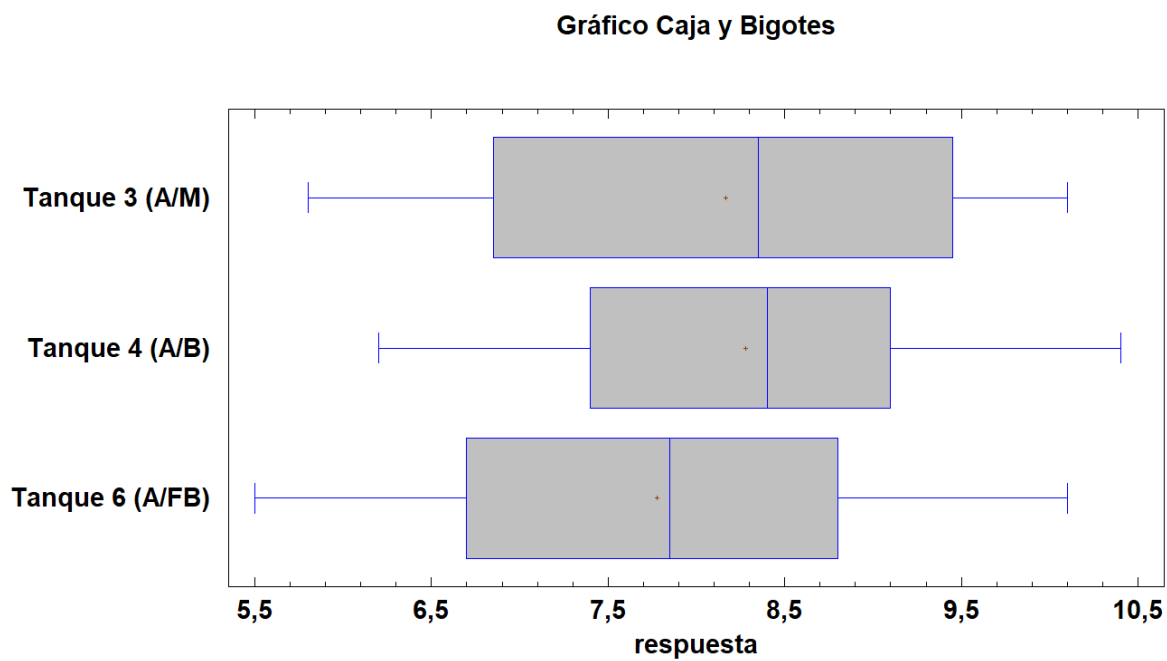
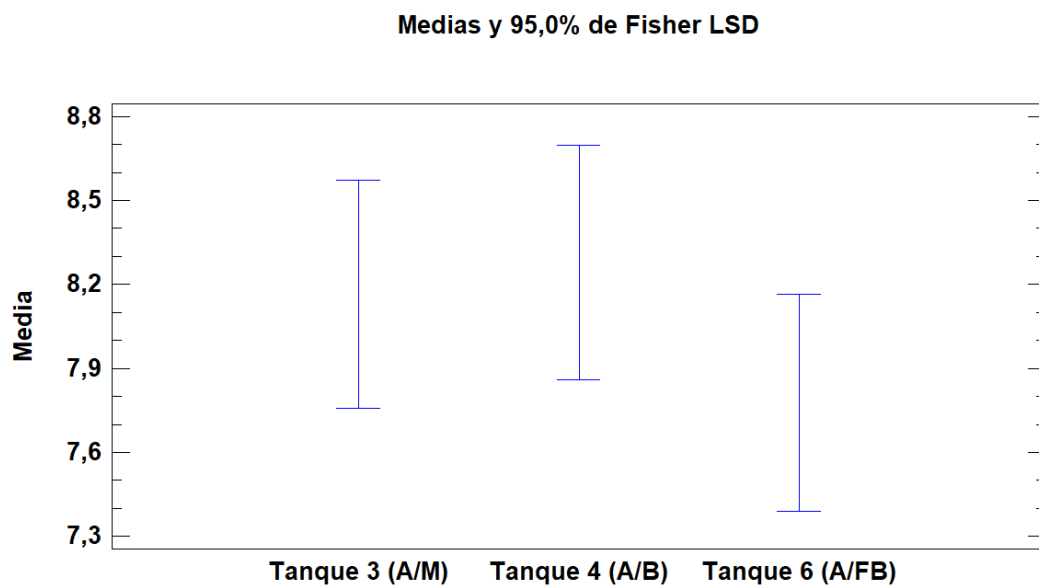


Figura 54. Gráfica de medias y 95,0% de fisher LSD

Figura 55. Gráfica de cajas y bigotes

Comparación entre Sistemas Acuapónicos y Sistema con Filtro Biológico con relación al Peso (g):

Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)

Tabla 53: Resumen estadístico con relación al peso comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB).

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 1 (C/M)	33	6,35212	3,6527	57,5036%	1,2	13,47
Tanque 2 (C/N)	30	6,80167	4,60738	67,7389%	1,54	23,8
Tanque 5 (C/FB)	29	7,13034	5,13861	72,0667%	2,12	22,5
Total	92	6,74402	4,43686	65,7896%	1,2	23,8

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 1 (C/M)	12,27	0,65808	-1,04136
Tanque 2 (C/N)	22,26	4,31602	5,91641
Tanque 5 (C/FB)	20,38	3,25891	1,98064
Total	22,6	5,65311	5,42889

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 3 sistemas. El sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se encuentran fuera del rango de -2 a +2 para el Tanque 2 (C/N) y para el Tanque 5 (C/FB). Esto indica algo de no normalidad significativa en los datos, lo cual viola el supuesto de que los datos provienen de distribuciones normales. Debido a esto utilizamos la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las medianas en lugar de las medias.

Tabla 54: Prueba de Kruskal-Wallis.

Prueba de Kruskal-Wallis

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
Tanque 1 (C/M)	33	45,9242
Tanque 2 (C/N)	30	46,9667
Tanque 5 (C/FB)	29	46,6724

Estadístico = 0,0257164 Valor-P = 0,987224

La prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de las 3 columnas es la misma. Primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor. Después, se calcula el rango (rank) promedio para los datos de cada columna. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de los distintos sistemas con un nivel del 95,0% de confianza.

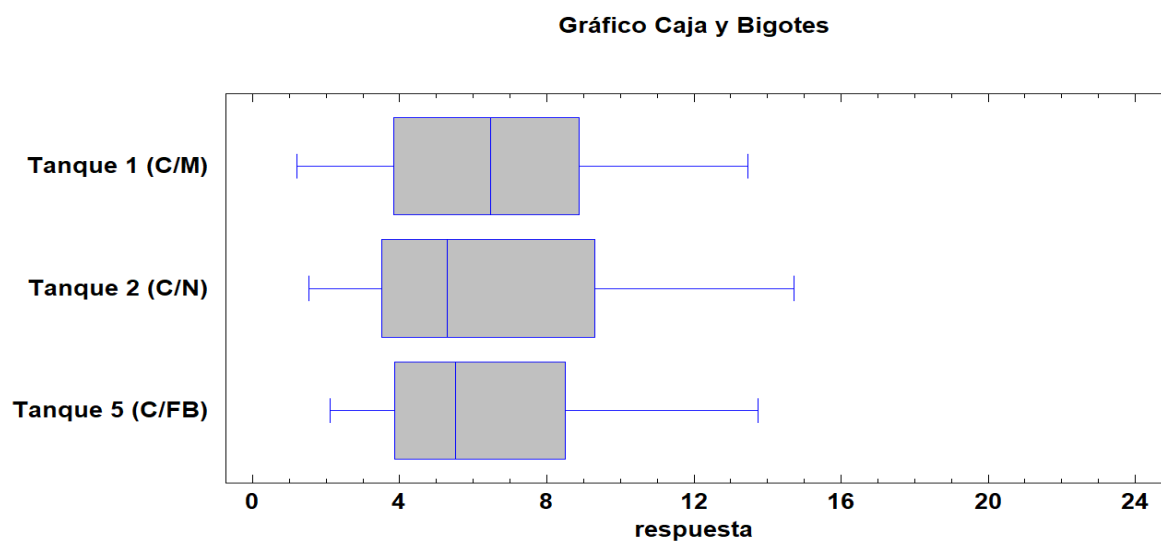
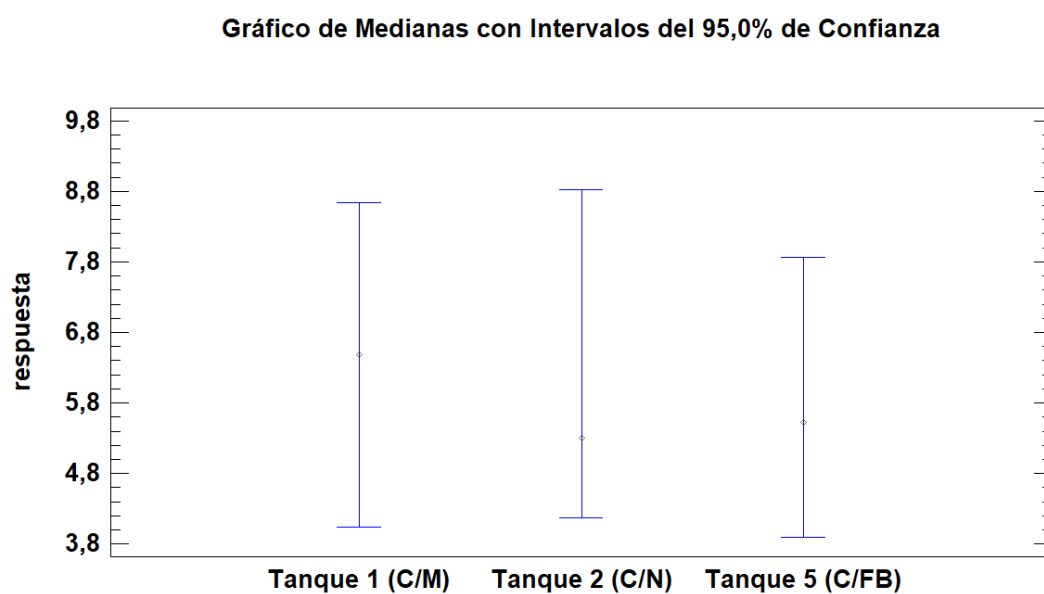


Figura 56. Gráfica de Medianas con intervalos del 95% de confianza.
Figura 57. Grafico Cajas y bigotes.

Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)

Tabla 55: Resumen estadísticos Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 3 (A/M)	20	10,8205	4,78509	44,2224%	3,95	18,7
Tanque 4 (A/B)	19	11,2489	4,90721	43,6237%	4,8	20,14
Tanque 6 (A/FB)	22	9,62818	4,47025	46,4288%	2,63	20,91
Total	61	10,5239	4,68605	44,5275%	2,63	20,91

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 3 (A/M)	14,75	0,313921	-1,15564
Tanque 4 (A/B)	15,34	0,899642	-0,668124
Tanque 6 (A/FB)	18,28	1,30259	0,295683
Total	18,28	1,4088	-1,12721

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 3 sistemas. Realizaremos la prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples nos dirá cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 56: Tabla ANOVA

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	29,3985	2	14,6992	0,66	0,5197
Intra grupos	1288,14	58	22,2094		
Total (Corr.)	1317,54	60			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,6618, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los 3 sistemas con un nivel del 95,0% de confianza.

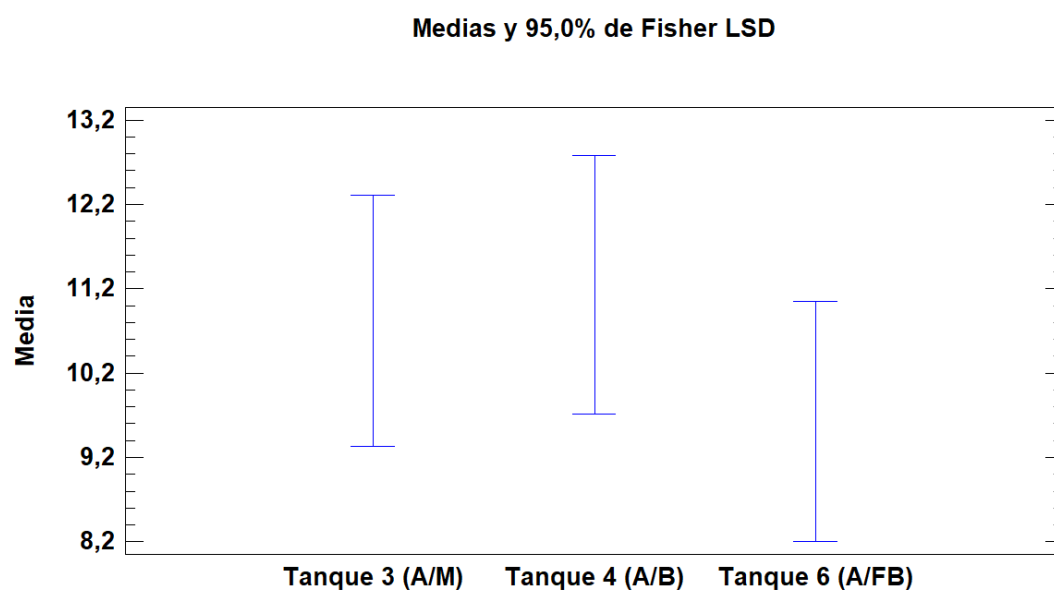


Figura 58. Gráfica de Medias y 95,0% de Fisher LSD.

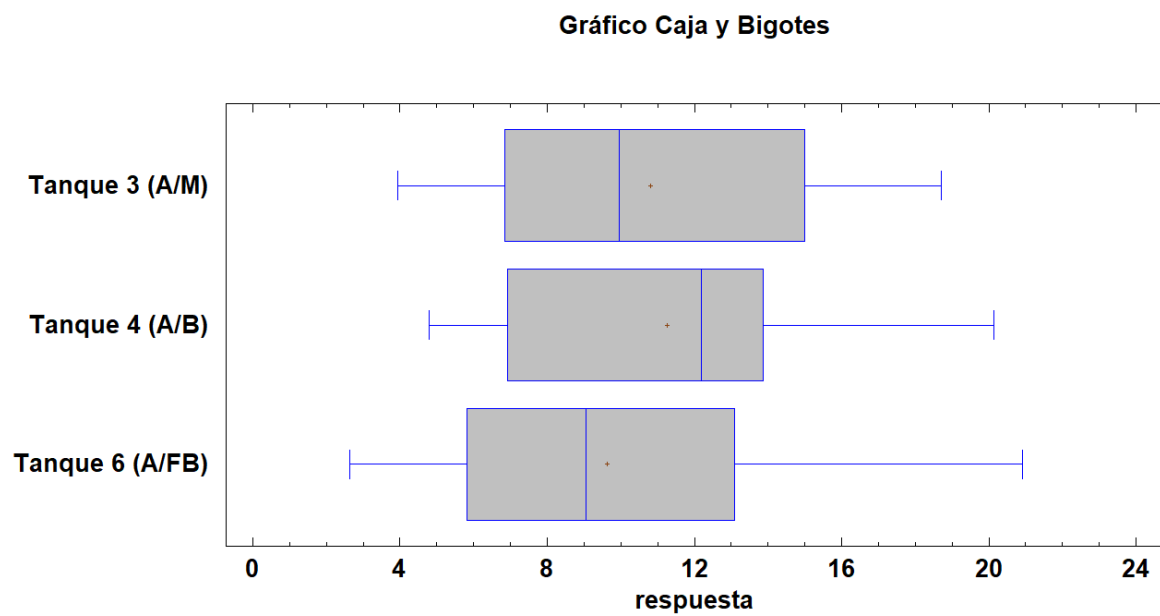


Figura 59. Gráfica de Caja y bigotes.

Tablas de los muestreos de los peces:
Tabla 57. Muestreo para curva de crecimiento de peces.

Muestreo para curva de crecimiento de peces:						Fecha:		
						28/9/2020		
Tanque 1			Tanque 2			Tanque 3		
Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)
1	9,6	14,4	1	9,2	15,2	1	9,5	16,16
2	9,1	17,23	2	8,5	10,74	2	9,6	18,82
3	6,7	5,41	3	9,2	13,2	3	7,5	8,8
4	8,7	10,72	4	9,5	14,05	4	8,6	10,12
5	8,5	10,86	5	7,7	7,81	5	8,5	10,47
6	7,3	7,16	6	6,8	6,34	6	10,2	18,01
7	6,4	5,02	7	7,9	8,52	7	8,6	12,76
8	5,1	2,59	8	7,2	6,88	8	8,7	13,16
9	4,8	2,3	9	5,7	3,97	9	6,5	5,42
10	7,1	7,24	10	6,9	6,12	10	6,5	4,97
Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):		
82,9			92,8			118,7		
Peso promedio (g):			Peso promedio (g):			Peso promedio (g):		
8,3			9,3			11,9		
Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:		
33			30			20		
Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):		
273,67			278,49			237,38		
Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):		
13,68			13,92			11,87		
Promedio Longitud (Cm):			Promedio Longitud (Cm):			Promedio Longitud (Cm):		
7,3			7,9			8,4		

Tabla 58. Muestreo para curva de crecimiento de peces.

Muestreo para curva de crecimiento de peces						Fecha:		
						28/9/2020		
Tanque 4			Tanque 5			Tanque 6		
Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)
1	10,3	20,65	1	10,7	22,53	1	8,7	12,60
2	8,9	11,8	2	11,0	22,93	2	9,0	13,57
3	9,0	13,2	3	8,1	9,72	3	9,1	16,57
4	9,5	15,81	4	7,1	6,22	4	7,9	9,51
5	7,6	8,7	5	6,2	4,66	5	6,5	5,5
6	7,8	9,35	6	6,7	6,42	6	8,5	12,31
7	8,9	14,42	7	7,8	8,65	7	7,0	6,05
8	8,9	12,7	8	5,6	4,17	8	7,2	9,27
9	7,3	7,49	9	6,0	2,52	9	7,1	8,85
10	7,2	7,8	10	6,1	3,71	10	5,2	3,37
Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):		
121,9			91,5			97,6		
Peso promedio (g):			Peso promedio (g):			Peso promedio (g):		
12,2			9,2			9,8		
Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:		
19			29			22		
Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):		
231,65			265,44			214,72		
Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):		
11,58			13,27			10,74		
Promedio Longitud (Cm):			Promedio Longitud (Cm):			Promedio Longitud (Cm):		
8,5			7,5			7,6		

Tabla 59. Muestreo para curva de crecimiento de peces.

Muestreo para curva de crecimiento de peces:						Fecha:		
						12/10/2020		
Tanque 4			Tanque 5			Tanque 6		
Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)
1	9,9	23,98	1	12,0	33,40	1	7,2	6,50
2	10,3	22,80	2	9,5	12,22	2	9,2	18,3
3	10,3	21,87	3	8,4	10,87	3	9,1	16,17
4	7,9	9,15	4	6,1	4,37	4	9,3	16,07
5	9,1	17,09	5	8,0	10,43	5	8,7	10,93
6	6,5	6,83	6	8,7	11,75	6	8,2	13,32
7	9,3	14,10	7	5,9	3,21	7	9,0	14,82
8	6,6	5,85	8	7,3	7,74	8	9,0	16,55
9	9,2	16,57	9	6,7	3,2	9	7,0	7,7
10	8,7	13,22	10	5,6	5,1	10	6,5	6,55
Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):		
151,5			102,3			126,9		
Peso promedio (g):			Peso promedio (g):			Peso promedio (g):		
15,1			10,2			12,7		
Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:		
19			29			22		
Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):		
287,77			296,64			279,20		
Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):		
14,39			14,83			13,96		
Promedio Longitud (Cm):			Promedio Longitud (Cm):			Promedio Longitud (Cm):		
8,8			7,8			8,3		

Tabla 60. Muestreo para curva de crecimiento de peces.

Muestreo para curva de crecimiento de peces:						Fecha:		
						26/10/2020		
Tanque 1			Tanque 2			Tanque 3		
Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)
1	11,8	32,37	1	13,0	45,8	1	10,2	22,44
2	8,9	12,96	2	10,0	13,92	2	9,2	19,05
3	9,3	18,66	3	9,8	14,28	3	11,2	27,53
4	9,5	18,53	4	9,9	19,36	4	8,3	16,35
5	9,0	11,35	5	9,9	24,20	5	9,4	15,22
6	9,6	17,51	6	6,9	6,62	6	9,2	13,71
7	9,4	16,83	7	7,7	8,03	7	8,7	13,38
8	10,9	24,02	8	7,9	10,33	8	7,8	11,1
9	9,0	12,93	9	9,0	13,87	9	8,0	10,53
10	8,0	8,88	10	6,6	5,35	10	7,0	6,78
Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):		
174,04			161,8			156,1		
Peso promedio (g):			Peso promedio (g):			Peso promedio (g):		
17,4			16,2			15,6		
Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:		
33			30			20		
Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):		
574,33			485,34			312,18		
Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):		
28,72			24,27			15,61		
Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):		
9,5			9,1			8,9		

Tabla 61. Muestreo para curva de crecimiento de peces.

Muestreo para curva de crecimiento de peces:						Fecha:		
						26/10/2020		
Tanque 4			Tanque 5			Tanque 6		
Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)
1	10,8	24,10	1	6,2	4,90	1	8,9	15,75
2	10,9	20,70	2	10,5	22,63	2	7,1	6,03
3	11,0	26,80	3	9,4	16,7	3	9,7	16,83
4	9,7	18,43	4	8,7	14,41	4	9,1	15,87
5	10,9	25,66	5	7,0	6,83	5	9,4	16,23
6	8,6	13,06	6	7,6	7,21	6	8,5	13,3
7	8,3	11,20	7	10,1	18,75	7	9,1	16,49
8	6,8	6,72	8	9,1	13,03	8	6,7	6,18
9	7,9	9,54	9	7,1	8,25	9	7,0	7,43
10	7,8	9,50	10	7,1	6,34	10	7,5	8,72
Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):		
165,7			119,1			122,8		
Peso promedio (g):			Peso promedio (g):			Peso promedio (g):		
16,6			11,9			12,3		
Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:		
19			29			22		
Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):		
314,85			345,25			270,23		
Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):		
15,74			17,26			13,51		
Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):		
9,3			8,3			8,3		

Tabla 62. Muestreo para curva de crecimiento de peces.

Muestreo para curva de crecimiento de peces:						Fecha:		
						9/11/2020		
Tanque 1			Tanque 2			Tanque 3		
Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)
1	11,1	23,1	1	14,1	56,12	1	9,4	17,17
2	7,8	11,63	2	12,7	36,46	2	9,7	21,12
3	8,4	10,89	3	9,8	16,73	3	10,8	27,44
4	10,7	19,82	4	9,1	11,93	4	10,2	24,52
5	8,6	15,05	5	8,1	10,07	5	9,1	15,59
6	10,6	21,67	6	10,2	19,92	6	8,1	11,60
7	11,6	28,92	7	10,3	18,74	7	10,2	22,63
8	10,0	19,63	8	6,0	4,23	8	8,7	15,17
9	10,7	27,84	9	7,3	7,83	9	6,8	8,90
10	8,0	9,15	10	7,1	7,15	10	6,9	7,40
Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):		
187,67			189,18			171,54		
Peso promedio (g):			Peso promedio (g):			Peso promedio (g):		
18,77			18,92			17,15		
Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:		
33			30			20		
Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):		
619,31			567,54			343,08		
Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):		
30,97			28,38			17,15		
Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):		
9,8			9,5			9,0		

Tabla 63. Muestreo para curva de crecimiento de peces.

Muestreo para curva de crecimiento de peces:						Fecha:		
						9/11/2020		
Tanque 4			Tanque 5			Tanque 6		
Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)
1	10,7	26,04	1	13,3	48,67	1	5,5	3,83
2	10,0	19,72	2	13,2	42,63	2	9,1	16,43
3	10,3	23,84	3	10,2	21,27	3	9,2	19,7
4	9,9	21,76	4	6,6	5,93	4	9,2	18,34
5	9,0	15,17	5	7,5	9,42	5	8,5	13,26
6	9,4	18,86	6	7,4	7,95	6	7,7	8,82
7	7,7	11,03	7	5,1	3,10	7	7,8	10,4
8	8,0	10,46	8	7,7	7,82	8	8,4	16,19
9	8,9	14,83	9	7,2	7,15	9	7,7	11,03
10	7,1	7,63	10	8,0	11,27	10	9,8	20,64
Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):		
169,34			165,21			138,64		
Peso promedio (g):			Peso promedio (g):			Peso promedio (g):		
16,93			16,52			13,86		
Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:		
19			29			22		
Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):		
321,75			479,11			305,01		
Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):		
16,09			23,96			15,25		
Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):		
9,1			8,6			8,3		

Tabla 64. Muestreo para curva de crecimiento de peces.

Muestreo para curva de crecimiento de peces:						Fecha:		
						23/11/2020		
Tanque 1			Tanque 2			Tanque 3		
Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)
1	10,6	20,20	1	15,2	69,74	1	11,3	20,63
2	11,6	27,08	2	10,2	18,86	2	10,8	26,91
3	12,3	36,26	3	6,5	6,89	3	10,2	24,30
4	10,6	22,87	4	11,0	26,74	4	8,2	12,57
5	11,1	32,52	5	10,2	21,64	5	9,2	17,78
6	10,9	20,60	6	8,5	12,94	6	9,3	18,05
7	13,0	49,53	7	11,5	22,64	7	8,2	13,18
8	10,8	24,90	8	11,5	28,20	8	9,0	17,06
9	9,9	18,13	9	10,8	22,21	9	9,0	16,72
10	7,3	8,52	10	8,8	10,45	10	7,1	9,42
Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):		
260,61			240,31			176,62		
Peso promedio (g):			Peso promedio (g):			Peso promedio (g):		
26,06			24,03			17,66		
Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:		
33			30			20		
Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):		
860,01			720,93			353,24		
Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):		
43,00			36,05			17,66		
Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):		
10,8			10,4			9,2		

Tabla 65. Muestreo para curva de crecimiento de peces.

Muestreo para curva de crecimiento de peces:						Fecha:		
						23/11/2020		
Tanque 4			Tanque 5			Tanque 6		
Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)
1	11,0	30,70	1	15,2	68,70	1	10,8	25,38
2	10,5	28,60	2	10,3	19,85	2	9,1	18,99
3	8,4	12,74	3	8,0	11,56	3	9,4	18,46
4	8,8	13,71	4	12,1	27,83	4	8,0	12,13
5	11,7	35,82	5	11,1	26,06	5	8,1	11,76
6	9,2	17,33	6	12,2	29,38	6	8,2	13,35
7	7,0	7,25	7	9,2	13,36	7	10,0	21,41
8	9,8	18,15	8	8,5	10,69	8	7,0	8,67
9	9,2	19,43	9	7,6	8,35	9	6,1	4,87
10	9,0	17,45	10	6,3	4,86	10	7,5	9,35
Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):		
201,18			220,64			144,37		
Peso promedio (g):			Peso promedio (g):			Peso promedio (g):		
20,12			22,06			14,44		
Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:		
19			29			22		
Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):		
382,24			639,86			317,61		
Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):		
19,11			31,99			15,88		
Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):		
9,5			10,1			8,4		

Tabla 66. Muestreo para curva de crecimiento de peces.

Muestreo para curva de crecimiento de peces:						Fecha:		
						8/12/2020		
Tanque 1			Tanque 2			Tanque 3		
Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)
1	11,3	21,18	1	11,2	24,15	1	9,2	17,12
2	10,7	19,17	2	15,5	73,6	2	9,1	17,09
3	11,2	26,28	3	9,1	14,41	3	9,7	22,84
4	13,0	47,22	4	9,7	15,11	4	8,7	14,53
5	9,2	13,05	5	8,4	10,17	5	10,8	27,11
6	12,5	35,74	6	9,6	16,34	6	11,2	29,46
7	9,3	17,22	7	7,7	9,32	7	8,5	13,4
8	11,7	29,03	8	9,1	12,46	8	7,2	7,92
9	12,0	31,2	9	14,1	31,8	9	7,0	8,10
10	11,8	35,91	10	13,2	30,2	10	7,2	8,52
Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):		
276,00			237,56			166,09		
Peso promedio (g):			Peso promedio (g):			Peso promedio (g):		
27,60			23,76			16,61		
Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:		
33			30			20		
Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):		
910,80			712,68			332,18		
Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):		
45,54			35,63			16,61		
Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):		
11,3			10,8			8,9		

Tabla 67. Muestreo para curva de crecimiento de peces.

Muestreo para curva de crecimiento de peces:						Fecha:		
						8/12/2020		
Tanque 4			Tanque 5			Tanque 6		
Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)	Nº	Longitud (cm)	Peso (g)
1	11,6	33,46	1	16,2	69,84	1	9,6	19,16
2	10,6	27,74	2	11,2	26,38	2	9,9	20,25
3	9,1	16,05	3	12,2	31,16	3	9,9	21,44
4	11,6	36,52	4	8,3	8,04	4	10,9	24,35
5	9,7	19,98	5	8,8	9,16	5	8,9	16,12
6	11,1	20,72	6	11,1	28,83	6	10,5	23,62
7	7,2	8,22	7	8,6	13,15	7	7,7	9,20
8	9,4	19,72	8	9,2	13,28	8	8,4	10,03
9	8,1	11,06	9	8,6	11,20	9	8,0	13,23
10	9,6	17,11	10	8,8	9,20	10	8,5	14,32
Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):			Peso total de la muestra (g):		
210,58			220,24			171,72		
Peso promedio (g):			Peso promedio (g):			Peso promedio (g):		
21,06			22,02			17,17		
Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:			Cantidad de peces totales:		
19			29			22		
Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):			Peso total estimado (g):		
400,10			638,70			377,78		
Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):			Ración a administrar (g):		
20,01			31,93			18,89		
Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):			Promedio Longitud (cm):		
9,8			10,3			9,2		

Tablas de alimentación de los peces y control de los sistemas:

Tablas 68. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.

Control de alimentación de sistemas Acuaponicos:								
Setiembre 2020								
Fecha:	Tanque 1 (C/M)				Tanque 2 (C/N)			
	Nº peces = 33		Biomasa = 209.62		Nº peces = 30		Biomasa = 204.05	
	Nº muertes = 0		Alimento = 10		Nº muertes = 0		Alimento = 10	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15	x	x			x	x		
16	x	x			x	x		
17	x	x			x	x		
18	x	x			x	x		
19	x	x			x	x		
20	x	x			x	x		
21	x	x	6		x	x	6	
Muestreo de parámetros del agua								
Siembra de las plantas								
22	x	x			x	x		
23	x	x			x	x		
24	x	x			x	x		
25	x	x			x	x		
26	x				x			
27								
28	x		7		x		7	
Muestreo de parámetros del agua								
Muestreo del crecimiento de los peces								
Fecha:	Nº peces =33		Biomasa = 273,67		Nº peces =30		Biomasa = 278,49	
	Nº muertes = 0		Alimento = 13g		Nº muertes = 0		Alimento = 13g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
29	x		7.0		x		7.0	
30	x	x	13.0		x	x	13.0	

Tablas 69. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.

Control de alimentación de sistemas Acuaponicos:								
Setiembre 2020								
Fecha:	Tanque 3 (A/M)				Tanque 4 (A/N)			
	Nº peces = 20		Biomasa = 216.41		Nº peces = 19		Biomasa = 213.73	
	Nº muertes = 0		Alimento = 10		Nº muertes = 0		Alimento = 10	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15	x	x			x	x		
16	x	x			x	x		
17	x	x			x	x		
18	x	x			x	x		
19	x	x			x	x		
20	x	x			x	x		
21	x	x	6.0		x	x	6.0	
Muestreo de parámetros del agua								
Siembra de las plantas								
22	x	x			x	x		
23	x	x			x	x		
24	x	x			x	x		
25	x	x			x	x		
26	x				x			
27								
28	x		7.0	Perdida de agua	x		7.0	Perdida de agua
Muestreo de parámetros del agua								
Muestreo del crecimiento de los peces								
Fecha:	Nº peces =20		Biomasa = 237,38g		Nº peces =19		Biomasa = 231,65	
	Nº muertes = 0		Alimento = 11g		Nº muertes = 0		Alimento = 11g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
29	x		7.0		x		8.0	
30	x	x	13.5		x	x	13.5	

Tablas 70. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.

Control de alimentación de sistemas Acuaponicos:								
Setiembre 2020								
Fecha:	Tanque 5 (C/FB)				Tanque 6 (A/FB)			
	Nº peces = 29		Biomasa = 206.78		Nº peces = 22		Biomasa = 211.82	
	Nº muertes = 0		Alimento = 10		Nº muertes = 0		Alimento = 10	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15	x	x			x	x		
16	x	x			x	x		
17	x	x			x	x		
18	x	x			x	x		
19	x	x			x	x		
20	x	x			x	x		
21	x	x	6.0		x	x	7.0	
Muestreo de parámetros del agua								
22	x	x			x	x		
23	x	x			x	x		
24	x	x			x	x		
25	x	x			x	x		
26	x				x			
27								
28	x		6.0		x		7.0	
Muestreo de parámetros del agua								
Muestreo del crecimiento de los peces								
Fecha:	Nº peces = 29		Biomasa = 265.44		Nº peces = 22		Biomasa = 214.72	
	Nº muertes = 0		Alimento = 13g		Nº muertes = 0		Alimento = 11g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
29	x		7.0		x		7.0	
30	x	x	12.5	Se repara perdida	x	x	12.5	

Tablas 71. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.

Control de alimentación de sistemas Acuaponicos:								
Octubre 2020								
Fecha:	Tanque 1 (C/M)				Tanque 2 (C/N)			
	Nº peces = 33		Biomasa = 273,67		Nº peces = 30		Biomasa = 278,49	
	Nº muertes = 0		Alimento = 13g		Nº muertes = 0		Alimento = 13g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
1	x	x	10		x	x	10	
2	x		8,5		x		8,5	
3	x	x			x	x		
4	x	x	7,5		x	x	7,5	
5	x	x	8.0	llovió	x	x	8.5	llovió
Muestreo de parámetros del agua								
6	x	x	8,5	llovizna	x	x	8,5	llovizna
7	x	x			x	x		
8	x	x			x	x		
9	x	x	16		x	x	16	
10	x				x			
11	x	x			x	x		
12	x			cambio de termómetro	x			cambio termómetro
Muestreo del crecimiento de los peces								
Fecha:	Nº peces = 33		Biomasa = 350.76		Nº peces = 30		Biomasa = 374.40	
	Nº muertes = 0		Alimento = 17g		Nº muertes = 0		Alimento = 18g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
	13	x	x	17		x	x	17
14	x	x	10.0		x	x	10.0	
Muestreo de parámetros del agua								
15	x				x			
16	x	x		ajuste ración	x	x		ajuste ración
17	x	x			x	x		
18	x	x			x	x		
19	x	x			x	x		
20	x	x			x	x		
21	x				x	x		
22	x	x	15,5		x	x	15,5	berro quebrado
23	x	x	19		x	x	19	
24	x	x	20		x	x	20	
25	x	x	20,5			x	20,5	
26	x	x	15.0		x	x	15.0	
Muestreo de parámetros del agua								
Muestreo del crecimiento de los peces								
Fecha:	Nº peces = 33		Biomasa = 574.33		Nº peces = 30		Biomasa = 485.34	
	Nº muertes = 0		Alimento = 28g		Nº muertes = 0		Alimento = 24g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
	27	x	x		x	x		
28	x	x			x	x		
29	x	x		ajuste ración	x	x	16	ajuste ración
					Cosecha Parcial			
30	x	x			x	x		
31	x	x			x	x		

Tablas 72. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.

Control de alimentación de sistemas Acuaponicos:								
Octubre 2020								
Fecha:	Tanque 3 (A/M)				Tanque 4 (A/N)			
	Nº peces = 20		Biomasa = 237,38g		Nº peces = 19		Biomasa = 231,65	
	Nº muertes = 0		Alimento = 11g		Nº muertes = 0		Alimento = 11g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
1	x	x	10.0		x	x	10.0	
2	x		8,5		x		8,5	
3	x	x			x	x		
4	x	x	7,5		x	x	7,5	
5	x	x	8.0	llovió	x	x	9.0	llovió
Muestreo de parámetros del agua								
6	x	x	8.0	llovizna	x	x	9.0	llovizna
7	x	x			x	x		
8	x	x			x	x		
9	x	x	16.5		x	x	16.5	
10	x				x			
11	x	x			x	x		
12	x			cambio de termómetro	x			cambio termómetro
Muestreo del crecimiento de los peces								
Fecha:	Nº peces = 20		Biomasa = 290.68		Nº peces = 19		Biomasa = 287.77	
	Nº muertes = 0		Alimento = 14g		Nº muertes = 0		Alimento = 14g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
13	x	x	17		x	x	17	
14	x	x	11.0		x	x	12.0	
Muestreo de parámetros del agua								
15	x				x			
16	x	x		ajuste ración	x	x		ajuste ración
17	x	x			x	x		
18	x	x			x	x		
19	x	x			x	x		
20	x	x			x	x		
21	x				x	x		
22	x	x	16.0		x	x	16.0	berro quebrado
23	x	x	19.5		x	x	19.5	
24	x	x	20.0		x	x	20.0	
25	x	x	21.0			x	21.0	
26	x	x	16.0		x	x	16.0	
Muestreo de parámetros del agua								
Muestreo del crecimiento de los peces								
Fecha:	Nº peces = 20		Biomasa = 312.18		Nº peces = 19		Biomasa = 314.85	
	Nº muertes = 0		Alimento = 15g		Nº muertes = 0		Alimento = 15g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
27	x	x			x	x		
28	x	x			x	x		
29	x	x	16.0	ajuste ración	x	x	16.6	ajuste ración
Cosecha Parcial								
30	x	x			x	x		
31	x	x			x	x		

Tablas 73. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.

Control de alimentación de sistemas Acuaponicos:								
Octubre 2020								
Fecha:	Tanque 5 (C/FB)				Tanque 6 (A/FB)			
	Nº peces = 29		Biomasa = 265,44		Nº peces = 22		Biomasa = 214,72	
	Nº muertes = 0		Alimento = 13g		Nº muertes = 0		Alimento = 11g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
1	x	x	10.0		x	x	10.0	
2	x		8,5		x		8,5	
3	x	x			x	x		
4	x	x	7,5		x	x	7,5	
5	x	x	7.5	llovió	x	x	8.0	llovió
Muestreo de parámetros del agua								
6	x	x	8.5	llovizna	x	x	8.5	llovizna
7	x	x			x	x		
8	x	x			x	x		
9	x	x	15.0		x	x	15.5	
10	x				x			
11	x	x			x	x		
12	x			cambio de termómetro	x			cambio termómetro
Muestreo del crecimiento de los peces								
Fecha:	Nº peces = 29		Biomasa = 296.64		Nº peces = 22		Biomasa = 279.20	
	Nº muertes = 0		Alimento = 14g		Nº muertes = 0		Alimento = 13g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
13	x	x	17		x	x	17	
14	x	x	10.0		x	x	10.0	
Muestreo de parámetros del agua								
15	x				x			
16	x	x		ajuste ración	x	x		ajuste ración
17	x	x			x	x		
18	x	x			x	x		
19	x	x			x	x		
20	x	x			x	x		
21	x				x	x		
22	x	x	16.0		x	x	15.0	
23	x	x	18.5		x	x	18.5	
24	x	x	19.0		x	x	19.0	
25	x	x	20.0			x	20.0	
26	x	x	15.0		x	x	14.0	
Muestreo de parámetros del agua								
Muestreo del crecimiento de los peces								
Fecha:	Nº peces = 29		Biomasa = 345.25		Nº peces = 22		Biomasa = 270.23	
	Nº muertes = 0		Alimento = 17g		Nº muertes = 0		Alimento = 13g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
27	x	x			x	x		
28	x	x			x	x		
29	x	x	16.0	ajuste ración	x	x	16.6	ajuste ración
30	x	x			x	x		
31	x	x			x	x		

Tablas 74. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.

Control de alimentación de sistemas Acuaponicos:								
Noviembre 2020								
Fecha:	Tanque 1 (C/M)				Tanque 2 (C/N)			
	Nº peces = 33		Biomasa = 574,33g		Nº peces = 30		Biomasa = 485,34g	
	Nº muertes = 0		Alimento = 28g		Nº muertes = 0		Alimento = 24g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
1	x				x			
2	x		21.0		x		21.0	
Muestreo de parámetros del agua								
3	x	x			x	x		
4	x	x			x	x		
5	x				x			
6	x	x	21.0		x	x	21.0	
7	x				x			
8								
9	x	x	19.0		x	x	19.0	
Muestreo de parámetros del agua								
Muestreo del crecimiento de los peces								
Fecha:	Nº peces = 33		Biomasa = 619,31g		Nº peces = 30		Biomasa = 567,54g	
	Nº muertes = 0		Alimento = 30g		Nº muertes = 0		Alimento = 28g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
10	x	x			x	x		
11	x	x	19.0	reposición agua	x	x	19.0	reposición agua
12		x				x		
13	x	x			x	x		
Cosecha Parcial								
14	x	x			x	x		
15	x	x			x	x		
16	x	x	19.0	Ms: 65g	x	x	19.0	Ms= 90 g
Muestreo de parámetros del agua								
17	x				x			murió 1 carpa 17,59g
18	x	x			x	x		
19	x	x			x	x		
20	x	x			x	x		
21	x				x			
22								
23	x	x	23.0		x	x	22.0	
Muestreo de parámetros del agua								
Muestreo del crecimiento de los peces								
Fecha:	Nº peces = 33		Biomasa = 860,01g		Nº peces = 30		Biomasa = 720,9g	
	Nº muertes = 0		Alimento = 43g		Nº muertes = 1		Alimento = 36g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
24	x	x			x	x		
25	x	x			x	x		
26	x	x			x	x		
27		x				x		Berro dañado x hormigas
28	x	x			x	x		
29	x	x			x	x		
30	x	x			x	x		

Tablas 75. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.

Control de alimentación de sistemas Acuaponicos:									
Noviembre 2020									
Fecha:	Tanque 3 (A/M)					Tanque 4 (A/N)			
	Nº peces = 20		Biomasa = 312,18g			Nº peces = 19		Biomasa = 314,85g	
	Nº muertes = 0		Alimento = 15g			Nº muertes = 0		Alimento = 15g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:		Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
1	x					x			
2	x		22.0			x		20.0	
Muestreo de parámetros del agua									
3	x	x				x	x		
4	x	x				x	x		
5	x					x			
6	x	x	21.0			x	x	21.0	
7	x					x			
8									
9	x	x	19.0	ajustes por perdida de agua		x	x	19.0	
Muestreo de parámetros del agua									
Muestreo del crecimiento de los peces									
Fecha:	Nº peces = 20		Biomasa = 343,08g			Nº peces = 19		Biomasa = 321,75g	
	Nº muertes = 0		Alimento = 17g			Nº muertes = 0		Alimento = 16g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:		Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
10	x	x		comportamiento rep.		x	x		
11	x	x	18.0			x	x	19.0	
12		x		1 castañeta muerta 22.18g			x		
13	x	x		muestreo menta= 460g		x	x		
Cosecha Parcial									
14	x	x		falla de aire		x	x		
15	x	x				x	x		
16	x	x	19.0	Ms=65g		x	x	20.0	Ms=70g
Muestreo de parámetros del agua									
17	x					x			
18	x	x				x	x		
19	x	x				x	x		
20	x	x				x	x		
21	x					x			
22									
23	x	x	24.0			x	x	25.0	
Muestreo de parámetros del agua									
Muestreo del crecimiento de los peces									
Fecha:	Nº peces = 20		Biomasa = 353,24g			Nº peces = 19		Biomasa = 382,28g	
	Nº muertes = 1		Alimento = 17g			Nº muertes = 0		Alimento = 19g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:		Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
24	x	x		Berro dañado x hormigas		x	x		perdida de agua
25	x	x				x	x		
26	x	x				x	x		
27		x					x		
28	x	x				x	x		
29	x	x				x	x		
30	x	x		1 castañeta muerta 31.24 g		x	x		

Tablas 76. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.

Control de alimentación de sistemas Acuaponicos:								
Noviembre 2020								
Fecha:	Tanque 5 (C/FB)				Tanque 6 (A/FB)			
	Nº peces = 29		Biomasa = 345,25g		Nº peces = 22		Biomasa = 270,23g	
	Nº muertes = 0		Alimento = 17g		Nº muertes = 0		Alimento = 13g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
1	x				x			
2	x		19.0		x		18.0	
Muestreo de parámetros del agua								
3	x	x			x	x		
4	x	x			x	x		
5	x				x			
6	x	x	21.0		x	x	21.0	
7	x				x			
8								
9	x		18.0		x	x	18.0	
Muestreo de parámetros del agua								
Muestreo del crecimiento de los peces								
Fecha:	Nº peces = 29		Biomasa = 479,11g		Nº peces = 22		Biomasa = 305,01g	
	Nº muertes = 0		Alimento = 24g		Nº muertes = 0		Alimento = 15g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
10	x	x			x	x		
11	x	x	18.0		x	x	18.0	
12		x				x		
13	x	x			x	x		
14	x	x			x	x		
15	x	x			x	x		
16	x	x	19.0		x	x	18.0	bomba rota/ se cambia
Muestreo de parámetros del agua								
17	x				x			
18	x	x			x	x		
19	x	x			x	x		
20	x	x			x	x		
21	x				x			
22								
23	x	x	24.0		x	x	24.0	
Muestreo de parámetros del agua								
Muestreo del crecimiento de los peces								
Fecha:	Nº peces = 29		Biomasa = 639,86g		Nº peces = 22		Biomasa = 317,61g	
	Nº muertes = 0		Alimento = 31g		Nº muertes = 0		Alimento = 15g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
24	x	x			x	x		
25	x	x			x	x		
26	x	x			x	x		
27		x				x		
28	x	x			x	x		
29	x	x			x	x		
30	x	x			x	x		

Tablas 77. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.

Control de alimentación de sistemas Acuaponicos:								
Diciembre 2020								
Fecha:	Tanque 1 (C/M)				Tanque 2 (C/N)			
	Nº peces = 33		Biomasa = 860.01g		Nº peces = 30		Biomasa = 720,93g	
	Nº muertes = 0		Alimento = 43g		Nº muertes = 01		Alimento = 36g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
1	x	x			x	x		
2	x	x			x	x		
3	x	x			x	x		
4	x	x			x	x		
5	x	x			x	x		
6	x	x			x	x		
7	x	x			x	x		
8	x	x	19.5		x	x	19.5	
Muestreo de parámetros del agua								
Cosecha parcial								
Muestreo del crecimiento de los peces								
Fecha:	Nº peces = 33		Biomasa = 910,80g		Nº peces = 30		Biomasa = 712,68g	
	Nº muertes = 0		Alimento = 45g		Nº muertes = 1		Alimento = 35g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
9	x	x			x	x		
10	x	x			x	x		
11	x	x			x	x		
12	x				x			
13	x	x			x	x		
14	x	x			x	x		
15	x	x			x	x		
16	x	x			x	x		
17	x	x			x	x		
18	x	x	22.0	1 carpa muerta = 4.72g	x	x	21.0	
Muestreo de parámetros del agua								
19		x				x		
20	x	x			x	x		
21	x	x			x	x		
22	x	x			x	x		
23								
Cosecha total de plantas								
Cosecha de peces								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

Tablas 78. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.

Control de alimentación de sistemas Acuaponicos:								
Diciembre 2020								
Fecha:	Tanque 3 (A/M)				Tanque 4 (A/N)			
	Nº peces = 20		Biomasa = 353,24g		Nº peces = 19		Biomasa = 382,24g	
	Nº muertes = 2		Alimento = 17g		Nº muertes = 0		Alimento = 19g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
1	x	x			x	x		
2	x	x			x	x		
3	x	x			x	x		
4	x	x			x	x		
5	x	x			x	x		
6	x	x			x	x		
7	x	x			x	x		
8	x	x	19.0		x	x	20.5	
Muestreo de parámetros del agua								
Cosecha parcial								
Muestreo del crecimiento de los peces								
Fecha:	Nº peces = 20		Biomasa = 332.18g		Nº peces = 19		Biomasa = 400,10g	
	Nº muertes = 2		Alimento = 17g		Nº muertes = 0		Alimento = 20g	
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:
9	x	x			x	x		
10	x	x			x	x		
11	x	x			x	x		
12	x				x			
13	x	x			x	x		
14	x	x			x	x		
15	x	x			x	x		
16	x	x			x	x		
17	x	x			x	x		
18	x	x	22.0		x	x	23.0	
Muestreo de parámetros del agua								
19		x				x		
20	x	x			x	x		
21	x	x			x	x		
22	x	x			x	x		
23								
Cosecha total de plantas								
Cosecha de peces								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

Tablas 79. Control de alimentación de los peces y control de los sistemas.

Control de alimentación de sistemas Acuaponicos:									
Diciembre 2020									
Fecha:	Tanque 5 (C/FB)				Tanque 6 (A/FB)				
	Nº peces = 29		Biomasa = 639.86g		Nº peces = 22		Biomasa = 317.61g		
	Nº muertes = 0		Alimento = 31g		Nº muertes = 0		Alimento = 15g		
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	
1	x	x			x	x			
2	x	x			x	x			
3	x	x			x	x			
4	x	x			x	x			
5	x	x			x	x			
6	x	x			x	x			
7	x	x			x	x			
8	x	x	19.0		x	x	19.0		
Muestreo de parámetros del agua									
Muestreo del crecimiento de los peces									
Fecha:	Nº peces = 29		Biomasa = 638,70g		Nº peces = 22		Biomasa = 377,78g		
	Nº muertes = 0		Alimento = 31g		Nº muertes = 0		Alimento = 18g		
	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	Mañana	Tarde	T (°C)	Ob:	
9	x	x			x	x			
10	x	x			x	x			
11	x	x			x	x			
12	x				x				
13	x	x			x	x			
14	x	x			x	x			
15	x	x			x	x			
16	x	x			x	x			
17	x	x			x	x			
18	x	x	22.0		x	x	22.0		
Muestreo de parámetros del agua									
19		x				x			
20	x	x			x	x			
21	x	x			x	x			
22	x	x			x	x			
23									
Cosecha de peces									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									

Tablas 80. Tablas de control de parámetros del agua.

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
21/09	Temp.	6°C	Temp.	6°C	Temp.	6°C	Temp.	6°C	Temp.	6°C	Temp.	7°C
En tubo	NO ₂ :	0,05mg/l	NO ₂ :	0,05mg/l	NO ₂ :	0,05mg/l	NO ₂ :	0,05mg/l	NO ₂ :	0,05mg/l	NO ₂ :	0,05mg/l
	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,25mg/l
	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
28/09	Temp.	7°C	Temp.	7°C	Temp.	8°C	Temp.	7°C	Temp.	7°C	Temp.	7°C
En tubo	NO ₂ :	0,50mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l	NO ₂ :	0,50mg/l	NO ₂ :	0,15mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l
	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l
	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
05/10	Temp.	8°C	Temp.	8,5°C	Temp.	8°C	Temp.	9°C	Temp.	7,5°C	Temp.	8°C
En tubo	NO ₂ :	1,00mg/l	NO ₂ :	1,00mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l	NO ₂ :	1,00mg/l
	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l
	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
14/10	Temp.	10°C	Temp.	10°C	Temp.	11°C	Temp.	12°C	Temp.	10°C	Temp.	10°C
En tubo	NO ₂ :	0,50mg/l	NO ₂ :	1,00mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l	NO ₂ :	1,00mg/l
	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l
	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
26/10	Temp.	15°C	Temp.	16°C	Temp.	16°C	Temp.	16°C	Temp.	15°C	Temp.	14°C
En tubo	NO ₂ :	0,50mg/l	NO ₂ :	0,50mg/l	NO ₂ :	0,05mg/l	NO ₂ :	0,05mg/l	NO ₂ :	1,00mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l
	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l
	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
2/11	Temp.	21°C	Temp.	21°C	Temp.	22°C	Temp.	20°C	Temp.	19°C	Temp.	18°C
En tubo	NO ₂ :	17,0mg/l	NO ₂ :	1,00mg/l	NO ₂ :	0,00mg/l	NO ₂ :	0,05mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l
	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l
	pH:	7,6	pH:	7,6	pH:	7,6	pH:	8	pH:	7,2	pH:	7,6

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
2/11	Temp.	21°C	Temp.	21°C	Temp.	22°C	Temp.	20°C	Temp.	19°C	Temp.	18°C
Tirilla	NO ₃ :	50	NO ₃ :	10	NO ₃ :	10	NO ₃ :	10	NO ₃ :	0	NO ₃ :	0
	NO ₂ :	1	NO ₂ :	1	NO ₂ :	1	NO ₂ :	1	NO ₂ :	1	NO ₂ :	1
	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D	GH:	18D	GH:	8D	GH:	8D
	KH:	10D	KH:	20D	KH:	15D	KH:	20D	KH:	10D	KH:	10D
	pH:	7,6	pH:	7,6	pH:	7,6	pH:	8	pH:	7,2	pH:	7,6
	CL2:	0	CL2:	0	CL2:	0	CL2:	0	CL2:	0	CL2:	0

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
9/11	Temp.	19°C	Temp.	19°C	Temp.	18°C	Temp.	19°C	Temp.	18°C	Temp.	18°C
En tubo	NO ₂ :	1,00mg/l	NO ₂ :	1,00mg/l	NO ₂ :	0,00mg/l	NO ₂ :	0,05mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l	NO ₂ :	0,15mg/l
	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l
	pH:		pH:		pH:		pH:		pH:		pH:	

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
9/11	Temp.	19°C	Temp.	19°C	Temp.	18°C	Temp.	19°C	Temp.	18°C	Temp.	18°C
Tirilla	NO ₃ :	50	NO ₃ :	10	NO ₃ :	10	NO ₃ :	10	NO ₃ :	10	NO ₃ :	10
	NO ₂ :	1	NO ₂ :	1	NO ₂ :	5	NO ₂ :	1	NO ₂ :	1	NO ₂ :	1
	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D
	KH:	10D	KH:	15D	KH:	20D	KH:	20D	KH:	15D	KH:	20D
	pH:	7,2	pH:	7,6	pH:	6,8	pH:	7,6	pH:	7,6	pH:	7,6
	CL ₂ :	0	CL ₂ :	0	CL ₂ :	0	CL ₂ :	0	CL ₂ :	0	CL ₂ :	0

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
16/11	Temp.	19°C	Temp.	19°C	Temp.	19°C	Temp.	20°C	Temp.	19°C	Temp.	18°C
En tubo	NO ₂ :	1,00mg/l	NO ₂ :	1,00mg/l	NO ₂ :	0,00mg/l	NO ₂ :	0,05mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l
	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l
	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
23/11	Temp.	23°C	Temp.	22°C	Temp.	24°C	Temp.	25°C	Temp.	24°C	Temp.	24°C
En tubo	NO ₂ :	0,25mg/l	NO ₂ :	1,00mg/l	NO ₂ :	0,05mg/l	NO ₂ :	0,05mg/l	NO ₂ :	1,00mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l
	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l
	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
23/11	Temp.	23°C	Temp.	22°C	Temp.	24°C	Temp.	25°C	Temp.	24°C	Temp.	24°C
Tirilla	NO ₃ :	0	NO ₃ :	10	NO ₃ :	0	NO ₃ :	0	NO ₃ :	10	NO ₃ :	10
	NO ₂ :	1	NO ₂ :	1	NO ₂ :	0	NO ₂ :	0	NO ₂ :	1	NO ₂ :	1
	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D
	KH:	20D	KH:	15D	KH:	20D	KH:	15D	KH:	20D	KH:	20D
	pH:	7,6	pH:	7,6	pH:	8	pH:	7,6	pH:	8	pH:	8
	CL ₂ :	0,8	CL ₂ :	0	CL ₂ :	0,8	CL ₂ :	0,8	CL ₂ :	0,8	CL ₂ :	0,8

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
8/12	Temp.	19,5°C	Temp.	19,5°C	Temp.	19°C	Temp.	20°C	Temp.	19°C	Temp.	19°C
En tubo	NO ₂ :	0,25mg/l	NO ₂ :	1,00mg/l	NO ₂ :	0,05mg/l	NO ₂ :	0,05mg/l	NO ₂ :	1,00mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l
	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l
	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
08/12	Temp.	16°C	Temp.	20°C	Temp.	17°C	Temp.	19°C	Temp.	18°C	Temp.	19°C
Tirilla	NO ₃ :	10	NO ₃ :	0	NO ₃ :	0	NO ₃ :	0	NO ₃ :	0	NO ₃ :	0
	NO ₂ :	1	NO ₂ :	0	NO ₂ :	1	NO ₂ :	0	NO ₂ :	1	NO ₂ :	0
	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D
	KH:	15D	KH:	15D	KH:	6D	KH:	10D	KH:	20D	KH:	15D
	pH:	6,8	pH:	6,8	pH:	6,8	pH:	7,2	pH:	7,2	pH:	7,6
	CL ₂ :	0	CL ₂ :	0	CL ₂ :	0	CL ₂ :	0	CL ₂ :	0	CL ₂ :	0

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
18/12	Temp.	22°C	Temp.	21°C	Temp.	22°C	Temp.	23°C	Temp.	22°C	Temp.	22°C
En tubo	NO ₂ :	1,70mg/l	NO ₂ :	1,70mg/l	NO ₂ :	0,05mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l	NO ₂ :	0,25mg/l	NO ₂ :	0,15mg/l
	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l	NH ₃ /Nh ₄ :	0,0mg/l
	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-	pH:	-

Fecha:	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
18/12	Temp.	22°C	Temp.	21°C	Temp.	22°C	Temp.	23°C	Temp.	22°C	Temp.	22°C
Tirilla	NO ₃ :	0	NO ₃ :	10	NO ₃ :	0	NO ₃ :	0	NO ₃ :	0	NO ₃ :	0
	NO ₂ :	1	NO ₂ :	1	NO ₂ :	0	NO ₂ :	0	NO ₂ :	0	NO ₂ :	0
	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D	GH:	16D
	KH:	10D	KH:	20D	KH:	6D	KH:	6D	KH:	20D	KH:	20D
	pH:	7,2	pH:	8	pH:	7,2	pH:	7,6	pH:	7,6	pH:	7,2
	CL2:	0	CL2:	0	CL2:	0	CL2:	0	CL2:	0	CL2:	0

Tabla 81. Cosecha de peces.

Cosecha de peces 23/12/2020												
Nº	Tanque 1 (C/M)		Tanque 2 (C/N)		Tanque 3 (A/M)		Tanque 4 (A/N)		Tanque 5 (C/FB)		Tanque 6 (A/FB)	
	Long (Cm)	Peso (g)	Long (Cm)	Peso (g)	Long (Cm)	Peso (g)	Long (Cm)	Peso (g)	Long (Cm)	Peso (g)	Long (Cm)	Peso (g)
1	12,90	40,74	10,50	23,87	9,90	17,54	11,10	33,06	11,00	21,23	8,00	10,93
2	11,50	29,50	10,90	22,62	7,80	9,59	11,50	41,32	16,20	66,66	10,60	27,39
3	14,00	57,42	14,30	40,63	7,00	7,64	10,10	23,42	8,10	9,35	9,50	15,83
4	14,60	70,62	9,20	13,56	9,60	20,53	10,80	24,73	13,10	46,56	7,80	7,99
5	10,90	21,18	10,10	17,83	9,40	20,41	10,80	27,92	9,10	11,65	10,20	23,65
6	9,40	12,95	12,20	31,72	9,70	10,30	11,50	34,23	10,50	22,62	9,80	18,85
7	10,50	19,52	12,10	26,32	7,80	10,52	9,80	23,09	8,60	11,52	11,20	26,72
8	12,00	31,05	11,20	25,85	10,80	26,57	9,40	17,62	11,10	23,88	8,70	16,51
9	8,90	11,91	11,50	28,73	11,20	28,25	9,80	23,05	8,80	13,46	10,60	26,54
10	11,80	36,23	7,40	8,27	10,00	24,52	8,00	12,65	12,00	27,92	9,90	25,52
11	8,60	13,05	13,70	35,21	8,80	16,23	11,60	32,74	12,80	28,48	7,20	9,50
12	10,50	21,14	13,80	39,32	8,50	13,97	8,40	13,24	10,60	21,91	10,40	24,52
13	13,20	38,34	11,70	26,72	10,80	23,95	10,00	25,95	9,10	14,23	10,50	23,03
14	12,70	40,24	10,00	15,62	10,00	22,89	10,10	24,24	8,80	12,72	11,20	28,24
15	13,70	47,64	9,80	17,98	11,80	27,75	8,10	12,61	10,20	17,92	8,10	13,46
16	13,40	45,28	14,00	39,99	11,10	27,05	9,10	16,20	8,50	10,98	7,80	9,62
17	14,20	56,96	14,30	46,52	7,50	9,63	9,60	20,68	10,10	19,48	9,00	13,75
18	11,10	23,73	9,50	14,66	8,60	13,10	7,50	11,72	7,30	8,17	8,50	13,86
19	10,50	21,63	7,80	9,44			7,10	8,41	7,00	6,33	8,70	15,44
20	10,80	22,07	7,20	7,82					8,50	10,23	8,60	13,22
21	15,10	55,22	11,30	30,82					14,80	53,86	9,00	23,01
22	12,90	41,73	13,90	50,63					10,60	19,03	6,50	4,72
23	11,70	31,52	16,20	75,62					7,50	7,00		
24	12,10	33,37	11,60	26,32					9,30	13,43		
25	13,20	50,02	11,50	29,41								
26	14,70	47,12	8,50	12,63								
27	10,80	22,32	9,00	16,57								
28	10,00	15,34	10,20	21,71								
29			10,20	20,32								
30												
31												
32												
33												
	Long. Prom. (cm):		Long. Prom. (cm):		Long. Prom. (cm):		Long. Prom. (cm):		Long. Prom. (cm):		Long. Prom. (cm):	
	11,99		11,16		9,46		9,70		10,15		9,17	
	Peso Prom. (g):		Peso Prom. (g):		Peso Prom. (g):		Peso Prom. (g):		Peso Prom. (g):		Peso Prom. (g):	
	34,21		26,78		18,36		22,47		20,78		17,83	
	Peso Total (g):		Peso Total (g):		Peso Total (g):		Peso Total (g):		Peso Total (g):		Peso Total (g):	
	957,84		776,71		330,44		426,88		498,62		392,30	

Comparación estadística de los diferentes sistemas al finalizar la experiencia:

Comparación entre sistemas en base a la longitud (cm) de los peces:

Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB) Longitud (cm) - *Cyprinus carpio*.

Tabla 82. Resumen estadístico comparación en longitud entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB).

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 1 (C/M)	28	11,9893	1,78789	14,9124%	8,6	15,1
Tanque 2 (C/N)	29	11,1586	2,25935	20,2476%	7,2	16,2
Tanque 5 (C/FB)	24	10,15	2,3146	22,804%	7,0	16,2
Total	81	11,1469	2,22537	19,964%	7,0	16,2

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 1 (C/M)	6,5	-0,136968	-0,90862
Tanque 2 (C/N)	9,0	0,508516	-0,453518
Tanque 5 (C/FB)	9,2	2,08165	0,906947
Total	9,2	0,769716	-1,16061

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 3 columnas de datos. El sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se encuentran fuera del rango de -2 a +2 para El Tanque 5 (C/FB). Esto indica algo de no normalidad significativa en los datos, lo cual viola el supuesto de que los datos provienen de distribuciones normales. Debido a esto utilizaremos la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las medianas en lugar de las medias.

Tabla 83. Prueba de Kruskal-Wallis

Prueba de Kruskal-Wallis

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
Tanque 1 (C/M)	28	50,5893
Tanque 2 (C/N)	29	41,1724
Tanque 5 (C/FB)	24	29,6042

Estadístico = 10,2901 Valor-P = 0,00582823

Esta prueba evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de los 3 sistemas es la misma. Primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor. Después, se calcula el rango (rank) promedio para los datos de cada columna. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia

estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medianas son significativamente diferentes de otras, nos podemos apoyar en una gráfica de Caja y Bigotes.

Gráfico de Medianas con Intervalos del 95,0% de Confianza

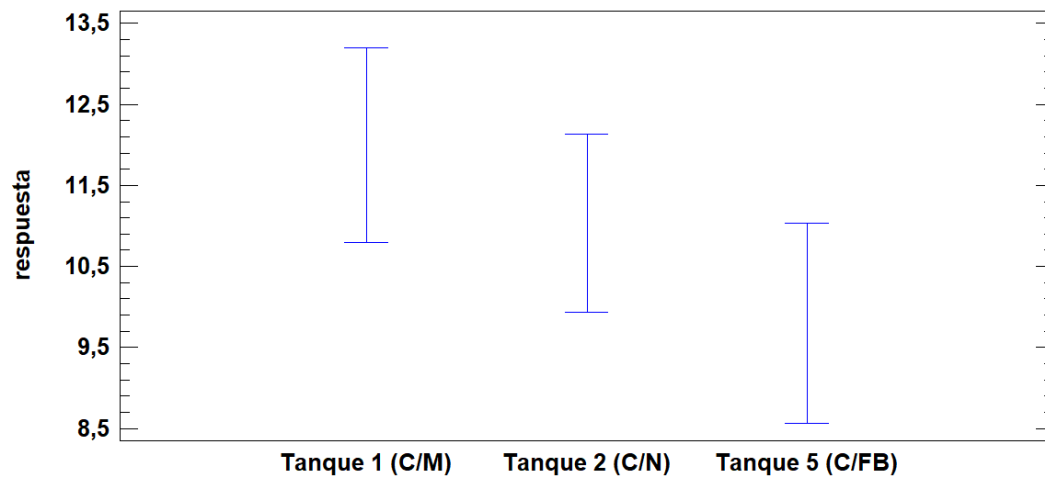


Gráfico Caja y Bigotes

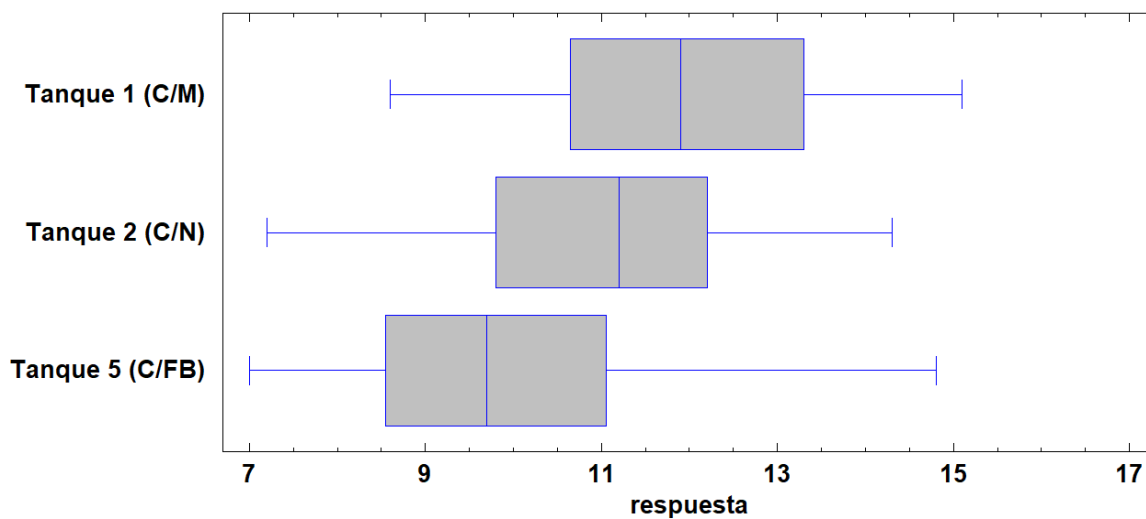


Figura 60. Gráfica Gráfico de Medianas con intervalo de confianza del 95%

Figura 61. Gráfica. Caja y Bigotes.

Como la prueba de Kruskal-Wallis nos arrojó que existían diferencias estadísticamente significativas proseguimos realizando pruebas comparando los sistemas acuapónicos entre sí buscando revelar cuál de los sistemas o cuáles de los sistemas presentaban la diferencia significativa.

Comparación entre Sistemas Acuapónicos:

Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) Longitud (cm) - *Cyprinus carpio*

Tabla 84. Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) Longitud (cm) - *Cyprinus carpio*.

Resumen Estadístico

	<i>Tanque 1 (C/M)</i>	<i>Tanque 2 (C/N)</i>
Recuento	28	29
Promedio	11,9893	11,1586
Desviación Estándar	1,78789	2,25935
Coefficiente de Variación	14,9124%	20,2476%
Mínimo	8,6	7,2
Máximo	15,1	16,2
Rango	6,5	9,0
Sesgo Estandarizado	-0,136968	0,508516
Curtosis Estandarizada	-0,90862	-0,453518

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos muestras de datos, para evaluar si las diferencias entre los estadísticos de las dos muestras son estadísticamente significativas. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambos valores de sesgo estandarizado se encuentran dentro del rango esperado y ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.

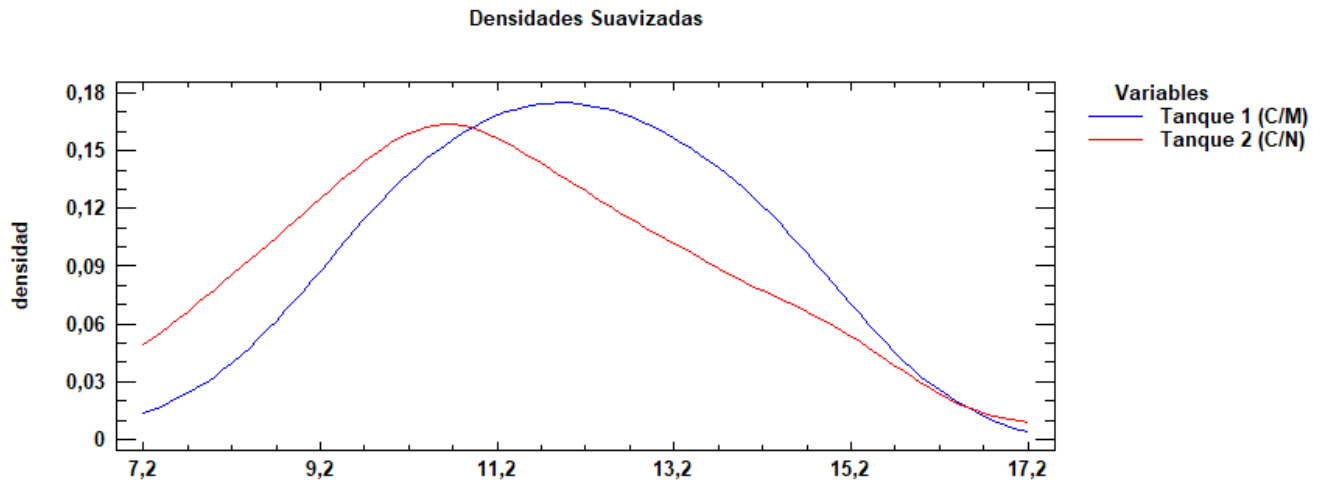


Figura 62. Gráfica de Densidades Suavizadas.

Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95,0% para la media de Tanque 1 (C/M): 11,9893 +/- 0,6933

Intervalos de confianza del 95,0% para la media de Tanque 2 (C/N): 11,1586 +/- 0,8594

Intervalos de confianza del 95,0% intervalo de confianza para la diferencia de medias
Suponiendo varianzas iguales: 0,83067 +/- 1,084

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: media Tanque 1 (C/M) = media Tanque 2 (C/M)

Hipótesis Alt.: media Tanque 1 (C/M) <> media Tanque 2 (C/M)

Suponiendo varianzas iguales: $t = 1,5357$ valor-P = 0,1303

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.

De interés particular es el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde -0,2533 hasta 1,9146. Puesto que el intervalo contiene el valor de 0, no hay diferencia significativa entre las medias de las dos muestras de datos, con un nivel de confianza del 95,0%.

También puede usarse una prueba-t para evaluar hipótesis específicas acerca de la diferencia entre las medias de las poblaciones de las cuales provienen las dos muestras. En este caso, la prueba se ha construido para determinar si la diferencia entre las dos medias es igual a 0,0 versus la hipótesis alterna de que la diferencia no es igual a 0,0. Puesto que el valor-P calculado no es menor que 0,05, no se puede rechazar la hipótesis nula.

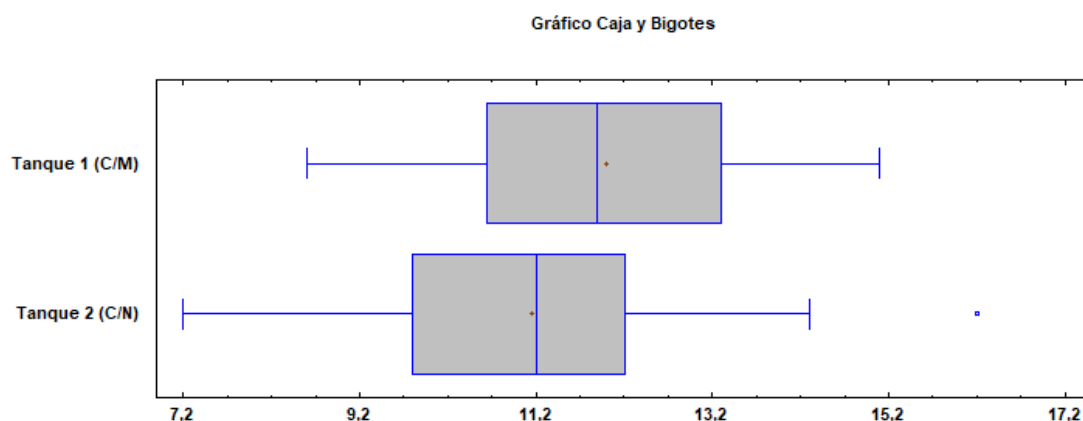


Figura 63. Gráfica Caja y Bigotes.

Estos resultados asumen que las varianzas de las dos muestras son iguales. En este caso, esa suposición parece razonable, en base con los resultados de la prueba-F para comparar las desviaciones estándar.

Tabla 85. Comparaciones de Desviaciones Estándar.

Comparación de Desviaciones Estándar

	<i>Tanque 1 (C/M)</i>	<i>Tanque 2 (C/N)</i>
Desviación Estándar	1,78789	2,25935
Varianza	3,19655	5,10466
Gl	27	28

Razón de Varianzas= 0,626202

Intervalos de confianza del 95,0%

Desviación Estándar de Tanque 1 (C/M): [1,41354, 2,43356]

Desviación Estándar de Tanque 2 (C/N): [1,79297, 3,05566]

Razones de Varianzas: [0,292655, 1,34707]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis nula: $\sigma_{\text{Tanque 1 (C/M)}} = \sigma_{\text{Tanque 2 (C/M)}}$

Hipótesis Alt.: $\sigma_{\text{Tanque 1 (C/M)}} \neq \sigma_{\text{Tanque 2 (C/M)}}$

F = 0,6262 valor-P = 0,2276

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.

Es de interés el intervalo de confianza para la razón de varianzas, el cual se extiende desde 0,2927 hasta 1,3471. Puesto que el intervalo contiene el valor de 1, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar de las dos muestras con un nivel de confianza del 95,0% .

Puesto que el valor-P calculado no es menor que 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula.

Podemos concluir que no se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre ambos Sistemas Acuapónicos de los Tanque 1 (C/M) y Tanque 2 (C/N) con respecto a la longitud (cm) de los animales.

Por lo tanto existen diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas acuapónicos y el sistema de Filtro Biológico en cuanto a la longitud de los peces se refiere. Apreciándose una menor longitud en este último.

Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB) sin Outliers Longitud (cm) - *Cyprinus carpio*

Tabla 86. Comparación de longitud entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB) sin Outliers.

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 1 (C/M)	28	11,9893	1,78789	14,9124%	8,6	15,1
Tanque 2 (C/N)	28	10,9786	2,07817	18,9293%	7,2	14,3
Tanque 5 (C/FB)	22	9,66364	1,68736	17,4609%	7,0	13,1
Total	78	10,9705	2,06813	18,8517%	7,0	15,1

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 1 (C/M)	6,5	-0,136968	-0,90862
Tanque 2 (C/N)	7,1	0,0438006	-0,782833
Tanque 5 (C/FB)	6,1	0,832894	-0,402816
Total	8,1	0,261076	-1,45855

Para probar diferencias significativas entre las medias de las longitudes (cm), realizamos una prueba ANOVA.

Tabla 87. ANOVA

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	66,6373	2	33,3187	9,51	0,0002
Intra grupos	262,705	75	3,50273		
Total (Corr.)	329,342	77			

La razón-F, ahora sin los outliers es igual a 9,5122, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Como el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las tres variables con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes entre ellas, realizamos una pruebas de Múltiples Rangos

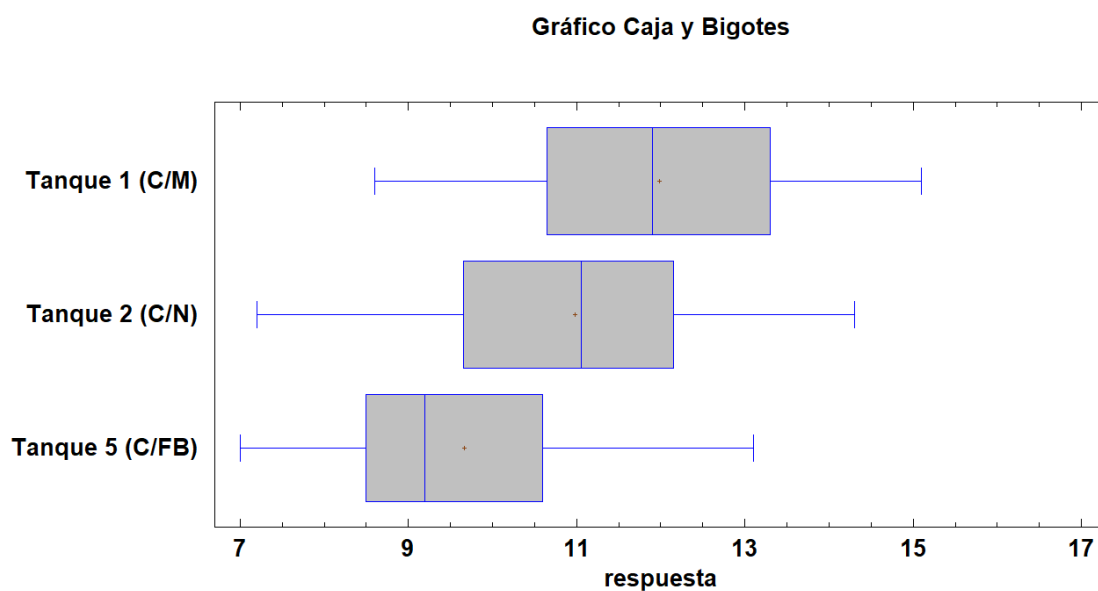


Figura 64. Gráfica Caja y Bigotes.

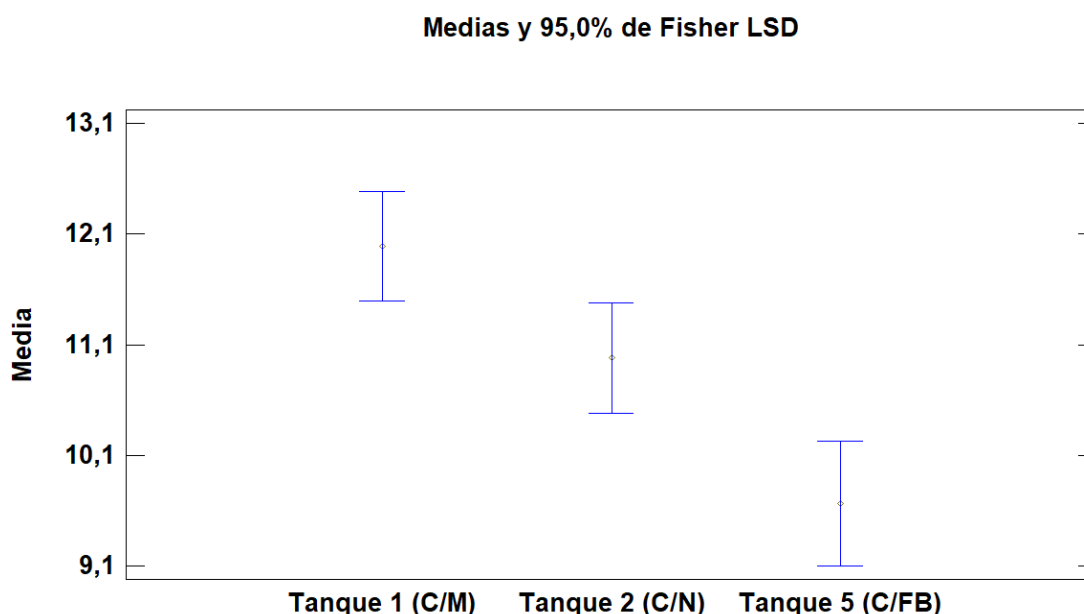


Figura 65. Gráfica de Medias y 95,0 % de Fisher LSD.

Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB) Longitud (cm) - *Australoheros facetus*

Tabla 88. Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB) Longitud (cm) - *Australoheros facetus*

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo
Tanque 3 (A/M)		18	9,46111	1,39627	14,758%
Tanque 4 (A/N)		19	9,7	1,37639	14,1896%
Tanque 6 (A/FB)		22	9,17273	1,31409	14,3261%
Total	59	9,43051	1,35421	14,3599%	6,5

	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada	
Tanque 3 (A/M)	7,0	11,8	4,8	-0,242675	-0,813304
Tanque 4 (A/N)	7,1	11,6	4,5	-0,660543	-0,718919
Tanque 6 (A/FB)	6,5	11,2	4,7	-0,313319	-0,769827
Total	11,8	5,3	-0,583114	-1,44029	

La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples nos dirá cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Prueba-F en la tabla ANOVA para determinar si hay diferencias significativas entre las medias de Tanque 3 (A/M), Tanque 4 (A/N) & Tanque 6 (A/FB).

Tabla 89. ANOVA

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2,85867	2	1,42934	0,77	0,4663
Intra grupos	103,506	56	1,84833		
Total (Corr.)	106,365	58			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,7733, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 90. Tabla de medias con intervalos de confianza del 95%.

Tabla de Medias con intervalos de confianza del 95,0%

			<i>Error Est.</i>			
	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>(s agrupada)</i>	<i>Limite Inferior</i>	<i>Limite Superior</i>	
Tanque 3 (A/M)		18	9,46111	0,320445	9,0072	9,91502
Tanque 4 (A/N)		19	9,7	0,311898	9,25819	10,1418
Tanque 6 (A/FB)		22	9,17273	0,289853	8,76215	9,58331
Total	59	9,43051				

Esta tabla muestra la media para cada columna de datos. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de los muestreos. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Están contruidos de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se superpondrán un 95,0% de las veces. En este caso, no es necesario realizar la prueba de rangos múltiples dado que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de la longitud de los animales de los diferentes sistemas de los Tanques 3 (A/M), Tanque 4 (A/N) & Tanque 6 (A/FB)

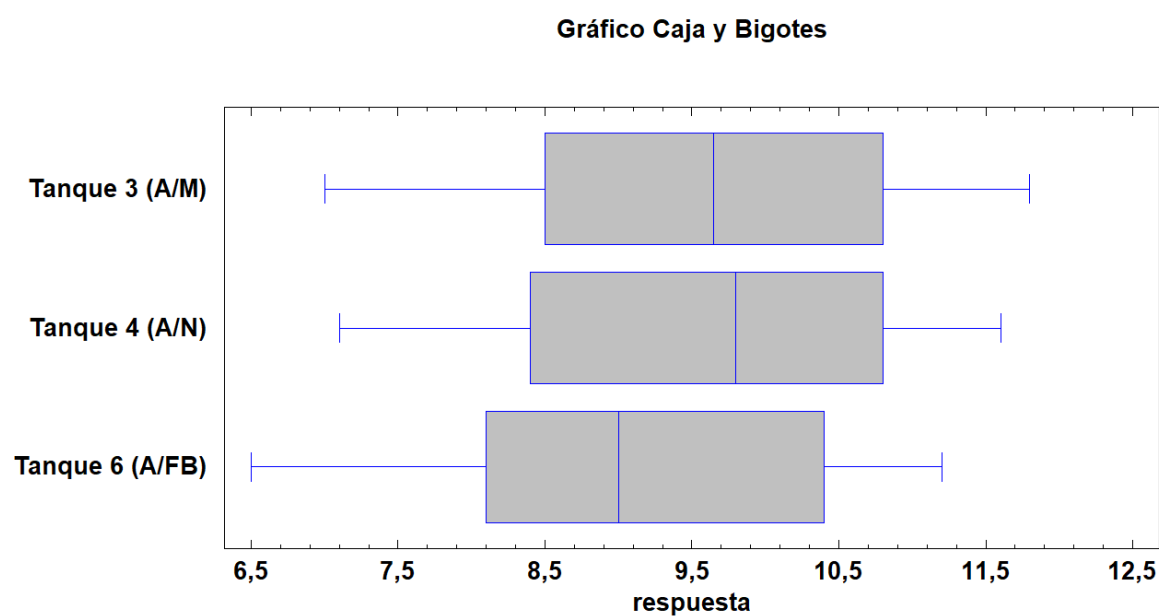
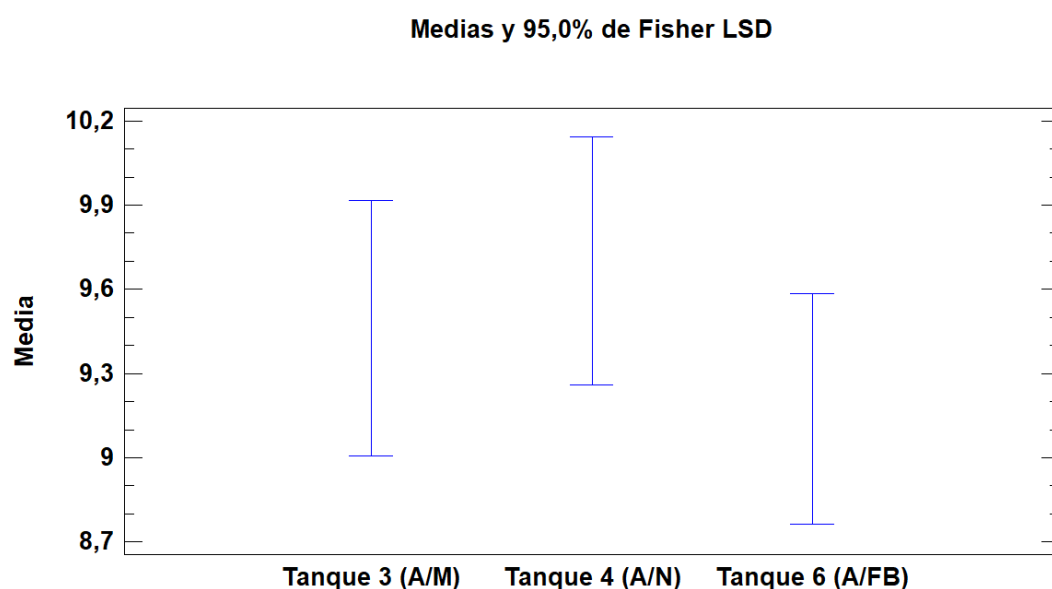


Figura 66. Gráfica Medias y 95,0% de Fisher LSD

Figura 67. Gráfica Cajas y bigotes.

Podemos concluir que en base a estos análisis las *A. facetus* crecieron en longitud (cm) de forma similar en todos los sistemas del ensayo.

Comparación entre sistemas en base al peso (g) de los peces:

Comparación entre Sistemas con relación al peso (g):

Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB) ganancia de peso (g) - *Cyprinus carpio*

Tabla 91. Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB) ganancia de peso (g) - *Cyprinus carpio*.

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 1 (C/M)	28	34,2086	15,6419	45,725%	11,91	70,62
Tanque 2 (C/N)	29	26,7831	14,6329	54,6349%	7,82	75,62
Tanque 5 (C/FB)	24	20,7758	15,154	72,9406%	6,33	66,66
Total	81	27,57	15,9072	57,6974%	6,33	75,62

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 1 (C/M)	58,71	0,933381	-0,613838
Tanque 2 (C/N)	67,8	3,11691	3,46164
Tanque 5 (C/FB)	60,33	3,71826	3,25518
Total	69,29	3,55737	0,834585

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de los 3 sistemas. El sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se encuentran fuera del rango de -2 a +2 para 2 sistemas, el Tanque 2 (C/M) y Tanque 5 (C/N). Esto indica algo de no normalidad significativa en los datos, lo cual viola el supuesto de que los datos provienen de distribuciones normales. Por esta razón utilizaremos la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las medianas en lugar de las medias.

Tabla 92. Prueba de Kruskal-Wallis.

Prueba de Kruskal-Wallis

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
Tanque 1 (C/M)	28	51,75
Tanque 2 (C/N)	29	41,0517
Tanque 5 (C/FB)	24	28,3958

Estadístico = 12,7349 Valor-P = 0,00171656

La prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de las 3 columnas es la misma. Primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor. Después, se calcula el rango (rank) promedio para los datos de cada columna. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medianas son significativamente diferentes de otras, nos podemos ayudar con el gráfico de Caja y Bigotes.

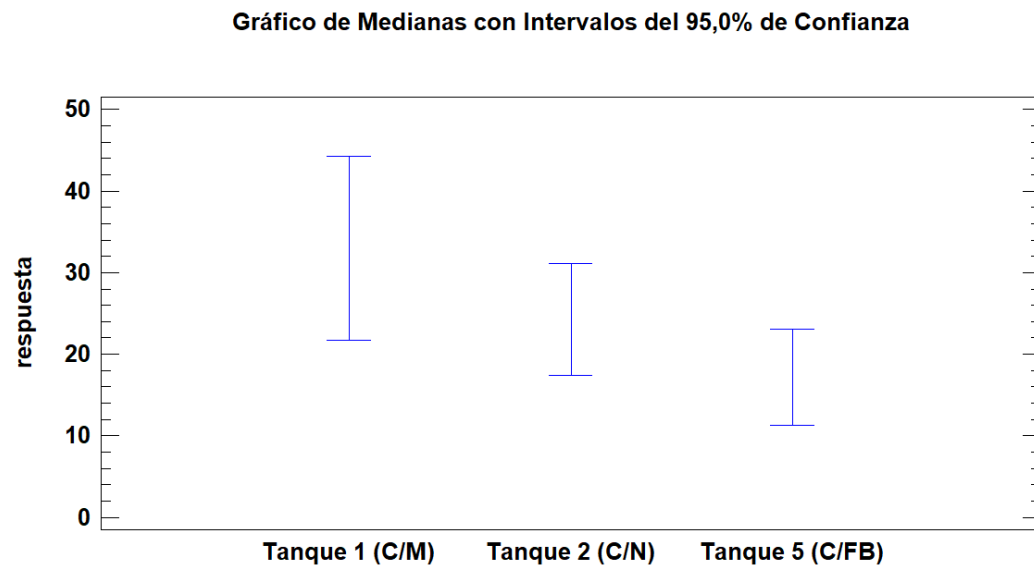


Figura 68. Gráfica de Medianas con intervalos del 95% de confianza.

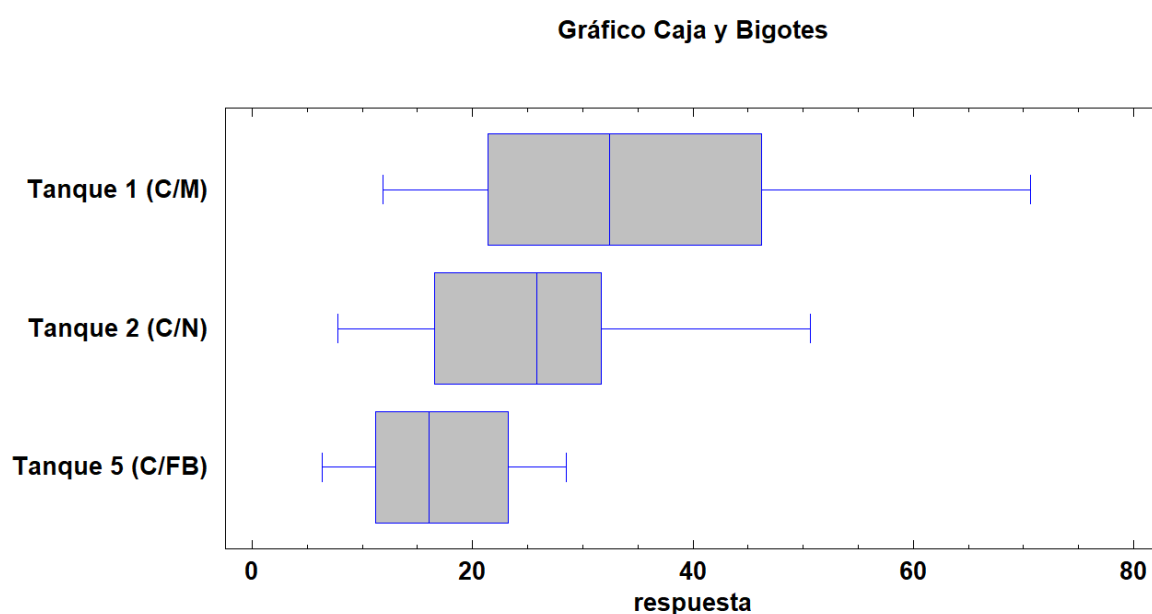


Figura 69. Gráfica de Caja y Bigotes.

Para poder discernir cuál o cuáles de los Tanques presentan esta diferencia estadísticamente significativa proseguimos comparando los sistemas acuapónicos entre sí.

Comparación entre Sistemas Acuapónicos :

Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) ganancia de peso (g) - *Cyprinus carpio*

Tabla 93. Comparación Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) ganancia de peso (g) - *Cyprinus carpio*.

Resumen Estadístico		
	<i>Tanque 1 (C/M)</i>	<i>Tanque 2 (C/N)</i>
Recuento	28	29
Promedio	34,2086	26,7831
Desviación Estándar	15,6419	14,6329
Coefficiente de Variación	45,725%	54,6349%
Mínimo	11,91	7,82
Máximo	70,62	75,62
Rango	58,71	67,8
Sesgo Estandarizado	0,933381	3,11691
Curtosis Estandarizada	-0,613838	3,46164

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos Tanque 1 (C/M) y Tanque 2 (C/N). De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Los valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. Como habíamos visto en el análisis anterior el Tanque 2 (C/N) tiene un valor de sesgo estandarizado fuera del rango normal y además tiene una curtosis estandarizada también fuera del rango normal.

Debido a esto no podremos realizar una comparación de Medias mediante una prueba de T ni la comparación de desvío estándar mediante prueba de F. Pero llevaremos a cabo una comparación de Medianas mediante prueba de W y una prueba de Kolmogorov-Smirnov para verificar si existen diferencias estadísticamente relevantes entre ambos sistemas.

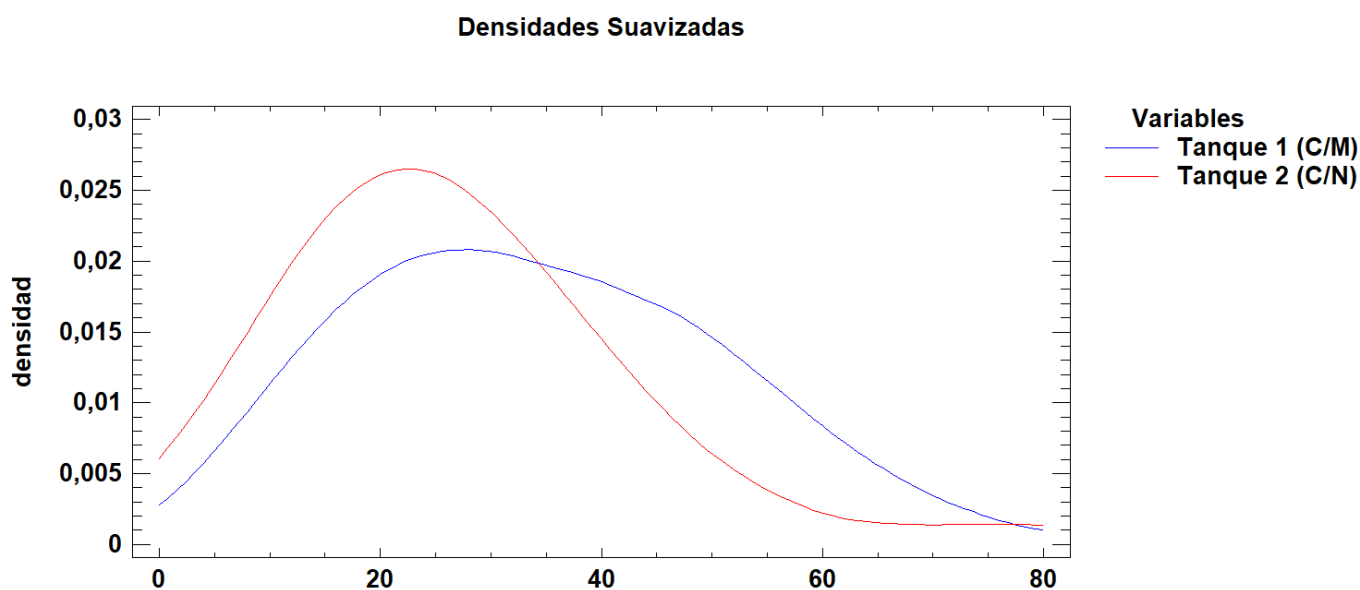


Figura 70. Gráfica de Densidades Suavizadas.

Comparación de Medianas

Mediana de Tanque 1 (C/M): 32,445

Mediana de Tanque 2 (C/N): 25,85

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: Mediana Tanque 1 (C/M) = Mediana Tanque 2 (C/N)

Hipótesis Alt.: Mediana Tanque 1 (C/M) $\neq$ Mediana Tanque 2 (C/N)

Rango Promedio de muestra 1: 33,1786

Rango Promedio de muestra 2: 24,9655

$W = 289,0$ valor- $P = 0,0629$

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.

La prueba W de Mann-Whitney para comparar las medianas de dos muestras se realiza combinando las dos muestras, ordenando los datos de menor a mayor, y comparando los rankeos promedio de las dos muestras en los datos combinados.

Debido a que el valor- P es mayor o igual que 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un 95,0%.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Estadístico DN estimado = 0,2968

Estadístico K-S bilateral para muestras grandes = 1,1202

Valor P aproximado = 0,1626

La prueba de Kolmogorov-Smirnov compara las distribuciones de las dos muestras. Esta prueba se realiza calculando la distancia máxima entre las distribuciones acumuladas de las dos muestras. En este caso, la distancia máxima es 0,2968, que puede verse gráficamente en la gráfica de Cuantiles. Es de particular interés el valor- P aproximado para la prueba.

Debido a que el valor- P es mayor o igual a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las dos distribuciones con un 95,0%.

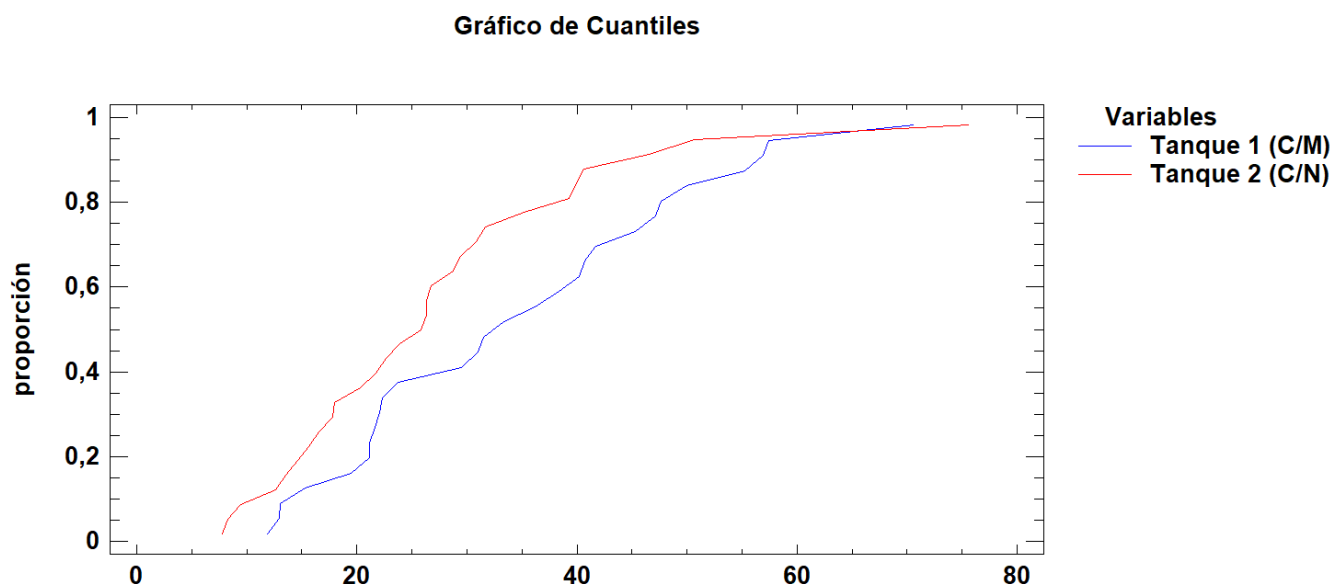


Figura 71: Gráfica de Cuantiles.

Podemos concluir que existen diferencias estadísticas significativas entre el peso de los peces de los Tanques 1 (C/M) y 2 (C/N) con respecto al peso de los peces del Tanque 5 (C/FB) siendo el peso de los peces de este último inferior al de los dos primeros.

Comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB) sin Outliers ganancia de peso (g) - *Cyprinus carpio*.

Tabla 94. Resumen estadístico comparación entre Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB) sin Outliers ganancia de peso (g) - *Cyprinus carpio*.

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 1 (C/M)	28	34,2086	15,6419	45,725%	11,91	70,62
Tanque 2 (C/N)	28	25,0389	11,4264	45,6346%	7,82	50,63
Tanque 5 (C/FB)	22	17,1864	9,25418	53,8461%	6,33	46,56
Total	78	26,1158	14,2109	54,415%	6,33	70,62

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 1 (C/M)	58,71	0,933381	-0,613838
Tanque 2 (C/N)	42,81	1,0349	-0,395995
Tanque 5 (C/FB)	40,23	3,03412	3,44898
Total	64,29	3,06963	0,388792

El sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se encuentran fuera del rango de -2 a +2 para el Tanque 5 (C/FB). Esto indica algo de no normalidad significativa en los datos de este tanque. Por este motivo realizamos la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las medianas en lugar de las medias.

Tabla 95. Prueba de Kruskal-Wallis.

Prueba de Kruskal-Wallis

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
Tanque 1 (C/M)	28	51,5714
Tanque 2 (C/N)	28	39,625
Tanque 5 (C/FB)	22	23,9773

Estadístico = 18,2704 Valor-P = 0,000107806

Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.

Gráfico de Medianas con Intervalos del 95,0% de Confianza

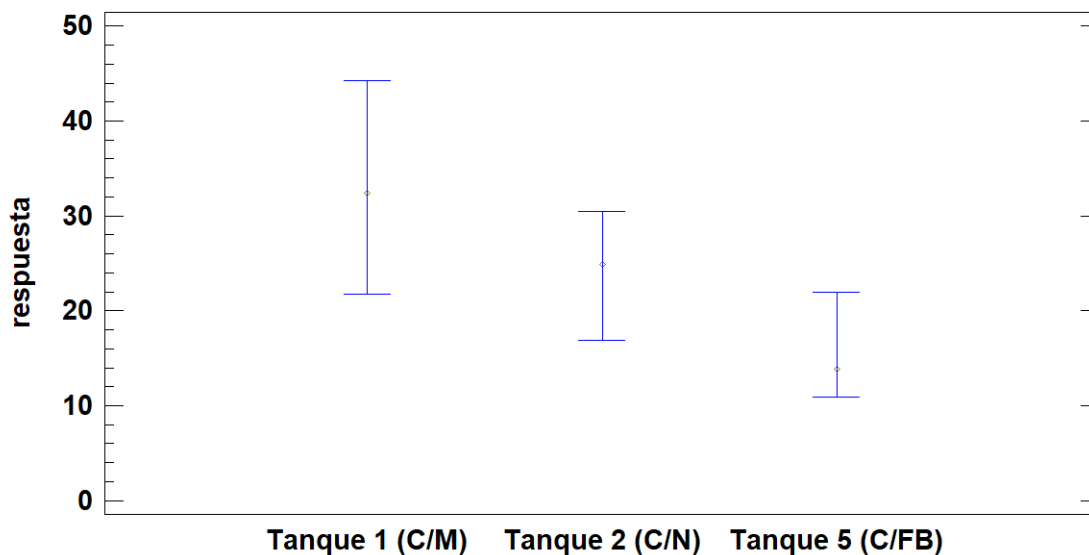


Figura 72. Gráfica de Medianas con intervalos del 95,0% de Confianza.

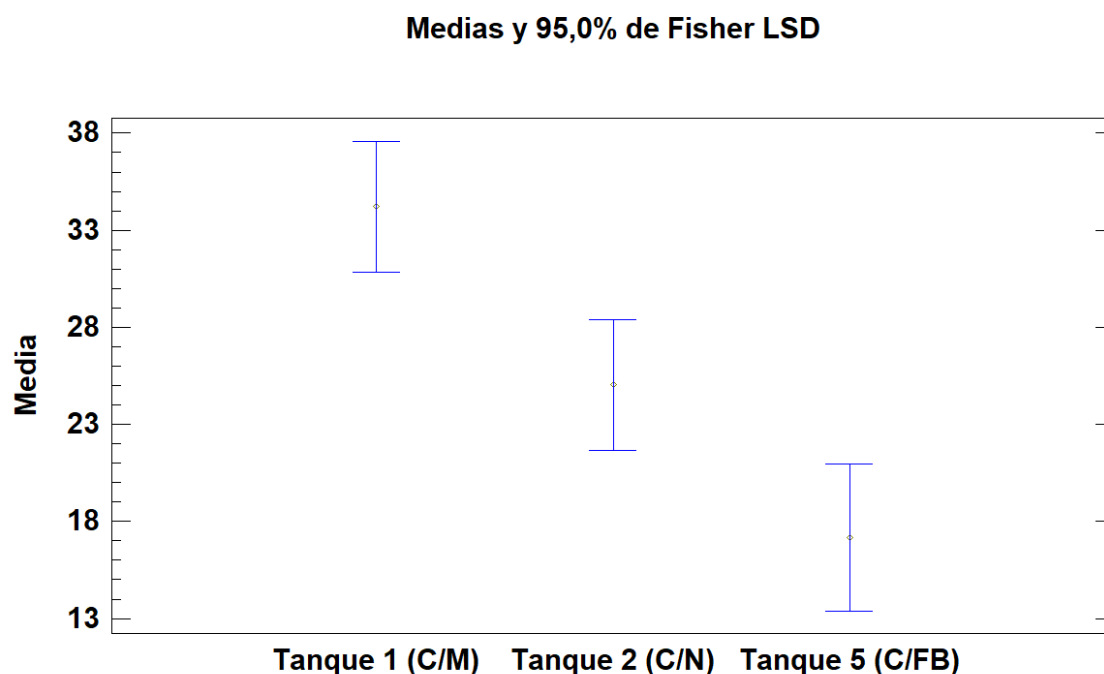


Figura 73. Gráfica de Medias y 95,0% de Fisher LSD.

Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB) ganancia de peso (g) - *Australoheros facetus*

Tabla 96. Resumen estadístico Comparación entre Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB) ganancia de peso (g) - *Australoheros facetus*.

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Tanque 3 (A/M)	18	18,3578	7,17083	39,0615%	7,64	28,25
Tanque 4 (A/N)	19	22,4674	8,88522	39,5472%	8,41	41,32
Tanque 6 (A/FB)	22	17,8318	7,18678	40,3031%	4,72	28,24
Total	59	19,4851	7,91315	40,6113%	4,72	41,32

	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
Tanque 3 (A/M)	20,61	-0,0891142	-1,35634
Tanque 4 (A/N)	32,91	0,590496	-0,401381
Tanque 6 (A/FB)	23,52	-0,110926	-1,23666
Total	36,6	0,881876	-0,689703

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de los tres sistemas, como las muestras tienen distribución normal realizaremos la prueba F en la tabla ANOVA .

Tabla 97. Prueba-F en la tabla ANOVA para determinar si hay diferencias significativas entre las medias de Tanque 3 (A/M), Tanque 4 (A/N) & Tanque 6 (A/FB).

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	251,993	2	125,997	2,09	0,1335
Intra grupos	3379,85	56	60,3544		
Total (Corr.)	3631,84	58			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 2,08761, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, nos indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 sistemas con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 98. Tabla de medias con intervalos de confianza del 95%.

Tabla de Medias con intervalos de confianza del 95,0%

			<i>Error Est.</i>		
	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>(s agrupada)</i>	<i>Limite Inferior</i>	<i>Limite Superior</i>
Tanque 3 (A/M)	18	18,3578	1,83113	15,764	20,9516
Tanque 4 (A/N)	19	22,4674	1,78229	19,9427	24,992
Tanque 6 (A/FB)	22	17,8318	1,65632	15,4856	20,178
Total	59	19,4851			

Esta tabla muestra la media para cada columna de datos. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Están contruidos de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se superpondrán un 95,0% de las veces.

Podemos concluir que el desempeño de las *Australoheros facetus* no se ve afectado por las condiciones de cada tratamiento ganando peso de igual manera sin importar de cuál de ellos sea empleado para su engorde.

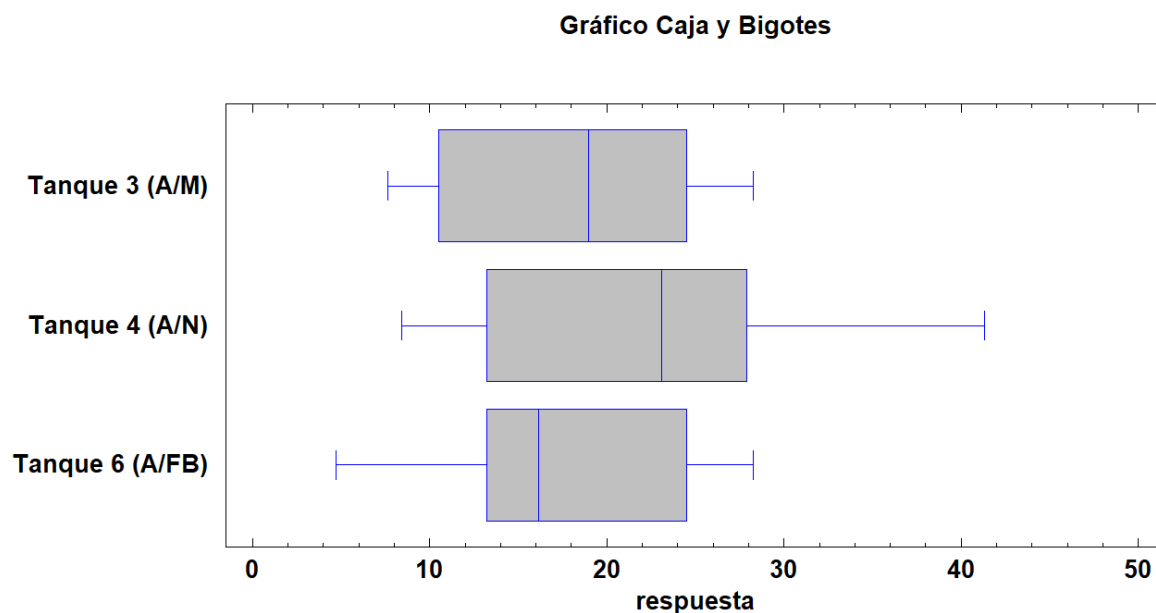


Figura 74. Gráfica de Cajas y Bigotes.

Comparación Estadística de las temperaturas (°C) de los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)

Tabla 99. Resumen estadístico de comparación de las temperaturas (°C) de los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 1 (C/M)	11	15,4091	6,46845	41,9782%	6,0	23,0
Tanque 2 (C/N)	11	15,3636	6,2052	40,3889%	6,0	22,0
Tanque 5 (C/FB)	11	15,1364	6,42686	42,4597%	6,0	24,0
Total	33	15,303	6,16687	40,2984%	6,0	24,0

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 1 (C/M)	17,0	-0,570573	-1,15444
Tanque 2 (C/N)	16,0	-0,738401	-1,12743
Tanque 5 (C/FB)	18,0	-0,415114	-1,03306
Total	18,0	-0,887681	-1,78865

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 3 sistemas con *Cyprinus carpio* con respecto a la temperatura del agua durante la experiencia.

Para probar la existencia de diferencias significativas entre las medias de los distintos sistemas con respecto a sus temperaturas durante el periodo de experimentación, realizamos una Tabla ANOVA.

Tabla 100. Tabla ANOVA

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,469697	2	0,234848	0,01	0,9942
Intra grupos	1216,5	30	40,55		
Total (Corr.)	1216,97	32			

La razón-F, que en este caso es igual a 0,0058, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las temperaturas de los 3 sistemas con un nivel del 95,0% de confianza.

Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)

Tabla 101. Comparación estadística de temperatura de los Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 3 (A/M)	11	15,7273	6,40454	40,7225%	6,0	24,0
Tanque 4 (A/N)	11	16,0909	6,57958	40,8901%	6,0	25,0
Tanque 6 (A/FB)	11	15,0	6,13188	40,8792%	7,0	24,0
Total	33	15,6061	6,1894	39,6603%	6,0	25,0

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 3 (A/M)	18,0	-0,508479	-1,00468
Tanque 4 (A/N)	19,0	-0,559546	-0,876555
Tanque 6 (A/FB)	17,0	-0,198106	-1,0053
Total	19,0	-0,642341	-1,62778

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de los 3 sistemas con relación a la temperatura de los mismos durante el periodo de experimentación.

Tabla 102. ANOVA**Tabla ANOVA**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	6,78788	2	3,39394	0,08	0,9201
Intra grupos	1219,09	30	40,6364		
Total (Corr.)	1225,88	32			

La razón-F, que en este caso es igual a 0,0835, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las temperaturas de los sistemas con un nivel del 95,0% de confianza.

Comparación Estadística de la concentración de Nitritos (NO₂) (mg/l) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Comparación de Varias Muestras - Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)

Tabla 103. Comparación Estadística de la concentración de Nitritos (NO₂) (mg/l) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 1 (C/M)	11	0,768182	0,562705	73,2515%	0,05	1,7
Tanque 2 (C/N)	11	0,863636	0,447264	51,7885%	0,05	1,7
Tanque 5 (C/FB)	11	0,427273	0,373071	87,3144%	0,05	1,0
Total	33	0,686364	0,491056	71,5446%	0,05	1,7

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 1 (C/M)	1,65	0,881421	-0,416394
Tanque 2 (C/N)	1,65	-0,397645	0,557488
Tanque 5 (C/FB)	0,95	1,45062	-0,547068
Total	1,65	1,202	-0,681111

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 3 sistemas con *Cyprinus carpio* con respecto a la concentración de Nitritos en el agua durante la experiencia.

Para probar la existencia de diferencias significativas entre las medias de los distintos sistemas con respecto a la concentración de Nitritos durante el periodo de experimentación, realizamos una Tabla ANOVA.

Tabla 104. Tabla ANOVA**Tabla ANOVA**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1,15773	2	0,578864	2,65	0,0873
Intra grupos	6,55864	30	0,218621		
Total (Corr.)	7,71636	32			

La razón-F, que en este caso es igual a 2,6478, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las concentraciones de Nitritos de los 3 sistemas durante la experiencia con un nivel del 95,0% de confianza.

Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)

Tabla 105. Comparación de concentración de nitritos de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>
Tanque 3 (A/M)	11	0,0909091	0,104447	114,891%	0
Tanque 4 (A/N)	11	0,145455	0,149088	102,498%	0,05
Tanque 6 (A/FB)	11	0,35	0,327872	93,6777%	0,05
Total	33	0,195455	0,238276	121,909%	0

	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 3 (A/M)	0,25	0,25	1,37739	-0,588264
Tanque 4 (A/N)	0,5	0,45	2,0928	1,38479
Tanque 6 (A/FB)	1,0	0,95	2,3488	1,14137
Total	1,0	1,0	5,81967	7,87869

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de los 3 sistemas con respecto a la concentración de Nitritos (NO_2).

Hay una diferencia de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña (Tanque 3 (A/M)) y la más grande (Tanque 6 (A/FB)). Esto puede causar problemas puesto que el análisis de varianza asume que las desviaciones estándar de todos los niveles es igual. Realizamos una Verificación de Varianza como prueba estadística formal para verificar la diferencia entre las sigmas.

Además se aprecia que el sesgo estandarizado se encuentra fuera del rango de -2 a +2 para los sistemas Tanque 4 (A/N) y Tanque 6 (A/FB). Esto indica algo de no normalidad significativa en sus datos, lo cual viola el supuesto de que los datos provienen de distribuciones normales. Por esto realizamos la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las medianas en lugar de las medias.

Tabla 106. Verificación de varianza.**Verificación de Varianza**

	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	3,7004	0,0366105

<i>Comparación</i>	<i>Sigma1</i>	<i>Sigma2</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Valor</i>
Tanque 3 (A/M) / Tanque 4 (A/N)	0,104447	0,149088	0,490798	0,2772
Tanque 3 (A/M) / Tanque 6 (A/FB)	0,104447	0,327872	0,10148	0,0012
Tanque 4 (A/N) / Tanque 6 (A/FB)	0,149088	0,327872	0,206765	0,0202

Los estadísticos mostrados en esta tabla evalúan la hipótesis nula de que las desviaciones estándar dentro de cada una de los 3 sistemas son iguales. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95,0% de confianza. Esto viola uno de los supuestos importantes subyacentes en el análisis de varianza e invalidará la mayoría de las pruebas estadísticas comunes.

La tabla también muestra una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras. P-valores por debajo de 0.05, de los cuales hay 2 (Tanque 3 (A/M) / Tanque 6 (A/FB) y Tanque 4 (A/N) / Tanque 6 (A/FB), esto indica una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas al 5% de nivel de significación. Denotando que la varianza problema o diferente pertenece al Tanque 6 (A/FB).

Tabla 107. Prueba de Kruskal- Wallis.**Prueba de Kruskal-Wallis**

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
Tanque 3 (A/M)	11	11,7727
Tanque 4 (A/N)	11	15,8636
Tanque 6 (A/FB)	11	23,3636

Estadístico = 9,13186 Valor-P = 0,0104002

La prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de las 3 columnas es la misma. Primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor. Después, se calcula el rango (rank) promedio para los datos de cada columna. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.

Gráfico Caja y Bigotes

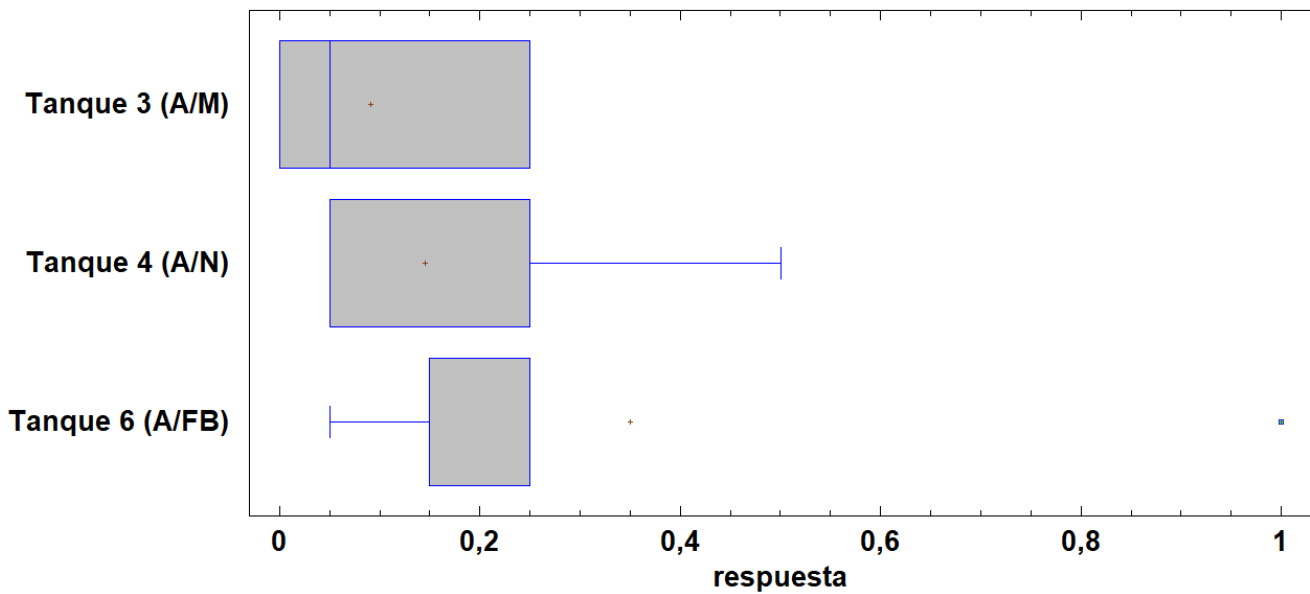


Figura 75. Gráfica de Caja y Bigotes.

Comparación Estadística de la concentración de Nitrato (NO₃) (mg/l) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)

Tabla 108. Comparación Estadística de la concentración de Nitrato (NO₃) (mg/l) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 1 (C/M)	5	22,0	25,8844	117,656%	0	50,0
Tanque 2 (C/N)	5	8,0	4,47214	55,9017%	0	10,0
Tanque 5 (C/FB)	5	4,0	5,47723	136,931%	0	10,0
Total	15	11,3333	16,4172	144,857%	0	50,0

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 1 (C/M)	50,0	0,457948	-1,46722
Tanque 2 (C/N)	10,0	-2,04124	2,28218
Tanque 5 (C/FB)	10,0	0,555556	-1,52145
Total	50,0	3,14742	2,48521

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de los 3 sistemas con respecto a sus concentraciones de Nitrato (NO₃).

Los estadísticos mostrados en esta tabla evalúan la hipótesis nula de que las desviaciones estándar dentro de cada una de las 3 sistemas son iguales. De particular interés es el valor-P. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar de los Tanque 2 (C/N) y Tanque 5 (C/FB) con respecto a la desviación estándar del Tanque 1 (C/M) , con un nivel del 95,0% de confianza. Esto viola uno de los supuestos importantes subyacentes en el análisis de varianza e invalidará la mayoría de las pruebas estadísticas comunes.

La tabla también muestra una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras. P-valores por debajo de 0.05, de los cuales hay 2 (Tanque 1 (C/M)/ Tanque 2 (C/N) y Tanque 1 (C/M)/ Tanque 5 (C/FB)), indican una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas al 5% de nivel de significación.

Como hay una diferencia de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña (Tanque 2 (C/N) y Tanque 5 (C/FB)) y la más grande (Tanque 1 (C/M)). Esto puede causar problemas puesto que el análisis de varianza asume que las desviaciones estándar de todos los niveles es igual. Y por lo tanto optamos por realizar la prueba de Kruskal-Wallis.

Tabla 109. Prueba de Kruakal-Wallis.

Prueba de Kruskal-Wallis

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
Tanque 1 (C/M)	5	9,2
Tanque 2 (C/N)	5	8,7
Tanque 5 (C/FB)	5	6,1

Estadístico = 1,65726 Valor-P = 0,436646

La prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de las 3 sistemas con respecto a sus concentraciones de Nitrato (NO_3). Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.

Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)

Tabla 110. Comparación de concentraciones de Nitrato (NO₃) de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 3 (A/M)	5	4,0	5,47723	136,931%	0	10,0
Tanque 4 (A/N)	5	4,0	5,47723	136,931%	0	10,0
Tanque 6 (A/FB)	5	4,0	5,47723	136,931%	0	10,0
Total	15	4,0	5,07093	126,773%	0	10,0

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 3 (A/M)	10,0	0,555556	-1,52145
Tanque 4 (A/N)	10,0	0,555556	-1,52145
Tanque 6 (A/FB)	10,0	0,555556	-1,52145
Total	10,0	0,719549	-1,65547

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de los 3 sistemas con respecto a sus concentraciones de Nitrato (NO₃). Para probar diferencias significativas entre las medias de los datos realizaremos una Tabla ANOVA.

Tabla 111. ANOVA.

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0	2	0	0,00	1,0000
Intra grupos	360,0	12	30,0		
Total (Corr.)	360,0	14			

La razón-F, que en este caso es igual a 0,0, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los 3 sistemas con respecto a la concentración de Nitrato (NO₃) con un nivel del 95,0% de confianza.

Comparación Estadística de la Dureza temporal (KH) (°d) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)

Tabla 112. Comparación Estadística de la Dureza temporal (KH) (°d) entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 1 (C/M)	5	13,0	4,47214	34,401%	10,0	20,0
Tanque 2 (C/N)	5	17,0	2,73861	16,1095%	15,0	20,0
Tanque 5 (C/FB)	5	17,0	4,47214	26,3067%	10,0	20,0
Total	15	15,6667	4,16905	26,6109%	10,0	20,0

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 1 (C/M)	10,0	1,1482	0,142636
Tanque 2 (C/N)	5,0	0,555556	-1,52145
Tanque 5 (C/FB)	10,0	-1,1482	0,142636
Total	10,0	-0,433607	-1,18505

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada uno de los 3 sistemas Con respecto a la Dureza temporal (KH)(°d). Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, realizamos la Tabla ANOVA.

Tabla 113. ANOVA

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	53,3333	2	26,6667	1,68	0,2266
Intra grupos	190,0	12	15,8333		
Total (Corr.)	243,333	14			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1,6842, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de la Dureza temporal de los 3 sistemas con un nivel del 95,0% de confianza.

Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)

Tabla 114. Comparación de concentración de dureza temporal (KH) de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 3 (A/M)	5	13,4	7,05691	52,6635%	6,0	20,0
Tanque 4 (A/N)	5	14,2	6,18061	43,5255%	6,0	20,0
Tanque 6 (A/FB)	5	17,0	4,47214	26,3067%	10,0	20,0
Total	15	14,8667	5,7801	38,8796%	6,0	20,0

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 3 (A/M)	14,0	-0,250405	-1,39722
Tanque 4 (A/N)	14,0	-0,37814	-0,877
Tanque 6 (A/FB)	10,0	-1,1482	0,142636
Total	14,0	-0,927783	-1,07102

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de los 3 sistemas con relación a su valores de Dureza temporal (KH)(°d). Para probar diferencias significativas entre las medias realizaremos una Tabla ANOVA

Tabla 115. Tabla ANOVA.

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	35,7333	2	17,8667	0,50	0,6207
Intra grupos	432,0	12	36,0		
Total (Corr.)	467,733	14			

La razón-F, que en este caso es igual a 0,4963, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los 3 sistemas con respecto a sus valores de Dureza temporal (KH)(°d) con un nivel del 95,0% de confianza.

Comparación estadística del pH entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Comparación de Tanque 1 (C/M) vs Tanque 2 (C/N) vs Tanque 5 (C/FB)

Tabla 116. Comparación estadística del pH entre los diferentes sistemas con las mismas especies de peces.

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 1 (C/M)	5	7,28	0,334664	4,59703%	6,8	7,6
Tanque 2 (C/N)	5	7,52	0,438178	5,82684%	6,8	8,0
Tanque 5 (C/FB)	5	7,52	0,334664	4,45032%	7,2	8,0
Total	15	7,44	0,364104	4,89387%	6,8	8,0

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 1 (C/M)	0,8	-0,46761	-0,27945
Tanque 2 (C/N)	1,2	-1,18056	1,33127
Tanque 5 (C/FB)	0,8	0,46761	-0,27945
Total	1,2	-0,539075	-0,260679

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de los 3 sistemas. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, realizamos una Tabla ANOVA

Tabla 117. ANOVA

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,192	2	0,096	0,69	0,5193
Intra grupos	1,664	12	0,138667		
Total (Corr.)	1,856	14			

La tabla ANOVA nos muestra que la razón-F, que en este caso es igual a 0,6923, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los 3 sistemas con un nivel del 95,0% de confianza.

Comparación de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB)

Tabla 118. Comparación de concentración de pH de Tanque 3 (A/M) vs Tanque 4 (A/N) vs Tanque 6 (A/FB).

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tanque 3 (A/M)	5	7,28	0,521536	7,16396%	6,8	8,0
Tanque 4 (A/N)	5	7,6	0,282843	3,72161%	7,2	8,0
Tanque 6 (A/FB)	5	7,6	0,282843	3,72161%	7,2	8,0
Total	15	7,49333	0,38446	5,13069%	6,8	8,0

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tanque 3 (A/M)	1,2	0,494217	-0,679125
Tanque 4 (A/N)	0,8	0	0,912871
Tanque 6 (A/FB)	0,8	0	0,912871
Total	1,2	-0,787954	-0,263993

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de los 3 sistemas con relación al pH. Para probar si existen diferencias significativas entre las medias de los sistemas realizamos una Tabla ANOVA.

Tabla 119. ANOVA.

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,341333	2	0,170667	1,19	0,3391
Intra grupos	1,728	12	0,144		
Total (Corr.)	2,06933	14			

La razón-F, que en este caso es igual a 1,1852, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los valores de los 3 sistemas con un nivel del 95,0% de confianza.