

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....  | <b>1</b>  |
| 1.1. <i>La producción acuícola</i> .....   | 3         |
| 1.2. <i>Las harinas de pescado y la sostenibilidad de la acuicultura</i> .....                             | 6         |
| 1.3. <i>Problemas asociados a la sustitución de harinas de pescado por ingredientes alternativos</i> ..... | 10        |
| 1.4. <i>Uso de aditivos alimentarios en piensos para peces</i> .....                                       | 10        |
| <b>Bibliografía</b> .....  | <b>20</b> |
| <b>JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS</b> .....   | <b>45</b> |
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....  | <b>51</b> |
| <b>Abstract</b> .....  | <b>55</b> |
| <b>1. Introduction</b> .....   | <b>56</b> |
| <b>2. Materials and methods</b> .....  | <b>58</b> |
| 2.1. <i>Production system</i> .....  | 58        |
| 2.2. <i>Fish and Experimental Design</i> .....   | 58        |
| 2.3. <i>Diets and feeding</i> .....  | 59        |
| 2.4. <i>Analysis of intestinal health status</i> .....   | 61        |
| 2.4.1. <i>Intestinal histology</i> .....   | 61        |
| 2.4.2. <i>Gene expression</i> .....  | 61        |
| 2.4.3. <i>Quantitative real-time RT-PCR (qPCR)</i> .....   | 62        |
| 2.5. <i>Statistical Analysis</i> .....   | 65        |
| <b>3. Results</b> .....  | <b>65</b> |
| 3.1. <i>Growth, Survival and Food Intake</i> .....   | 65        |
| 3.2. <i>Intestinal health status</i> .....   | 66        |
| 3.2.1. <i>Intestinal histology</i> .....   | 66        |
| 3.2.2. <i>Gene Expression</i> .....  | 66        |
| <b>4. Discussion</b> .....   | <b>69</b> |
| <b>5. Conclusions</b> .....  | <b>73</b> |
| <b>6. References</b> .....   | <b>76</b> |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....  | <b>89</b> |
| <b>Abstract</b> .....  | <b>93</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>1. Introduction.....</b>                                      | <b>94</b>  |
| <b>2. Materials and methods .....</b>                            | <b>96</b>  |
| 2.1. <i>Rearing system</i> .....                                 | 96         |
| 2.2. <i>Fish</i> .....   | 97         |
| 2.3. <i>Diets and feeding</i> .....                              | 97         |
| 2.4. <i>Proximate composition and amino acids analysis</i> ..... | 98         |
| 2.5. <i>Growth and nutrient efficiency indices</i> .....         | 99         |
| 2.6. <i>Biometric indices</i> .....                              | 99         |
| 2.7. <i>Digestibility</i> .....                                  | 100        |
| 2.8. <i>Histological analysis</i> .....                          | 100        |
| 2.9. <i>Digestive enzyme activity</i> .....                      | 101        |
| 2.10. <i>Statistical analysis</i> .....                          | 102        |
| <b>3. Results .....</b>  | <b>103</b> |
| 3.1. <i>Growth and nutrient efficiency indices</i> .....         | 103        |
| 3.2. <i>Biometric indices</i> .....                              | 104        |
| 3.3. <i>Digestibility</i> .....                                  | 104        |
| 3.4. <i>Histological analysis</i> .....                          | 105        |
| 3.5. <i>Digestive enzyme activity</i> .....                      | 105        |
| 3.5.1. <i>Proteases activity</i> .....                           | 105        |
| 3.5.2. <i>Alkaline phosphatase activity</i> .....                | 106        |
| 3.5.3. <i>α-Amylase activity</i> .....                           | 107        |
| <b>4. Discussion.....</b>  | <b>107</b> |
| <b>5. Conclusions.....</b>                                       | <b>112</b> |
| <b>6. References .....</b>                                       | <b>113</b> |
| <b>CAPÍTULO 3 .....</b>  | <b>125</b> |
| <b>Abstract.....</b>   | <b>129</b> |
| <b>1. Introduction.....</b>                                      | <b>130</b> |
| <b>2. Materials and methods .....</b>                            | <b>134</b> |
| 2.1. <i>Experimental diets</i> .....                             | 134        |

|   |            |
|---|------------|
| 2.2. <i>Growth trial and fish sampling</i> .....  | 136        |
| 2.3. <i>Chemical analyses</i> .....   | 137        |
| 2.4. <i>Amino acids analyses</i> .....  | 137        |
| 2.5. <i>Statistical analyses</i> .....  | 138        |
| <b>3. Results</b> .....   | <b>139</b> |
| 3.1. <i>Fish growth and feed utilization efficiency</i> .....                           | 139        |
| 3.2. <i>Biometric indexes and body composition</i> .....                                | 140        |
| 3.3. <i>Amino acids composition and retention efficiencies</i> .....                    | 140        |
| <b>4. Discussion</b> .....  | <b>143</b> |
| <b>5. Conclusions</b> .....   | <b>147</b> |
| <b>6. Acknowledgments</b> .....   | <b>147</b> |
| <b>7. References</b> .....  | <b>147</b> |
| <b>DISCUSIÓN GENERAL</b> .....  | <b>159</b> |
| <b>1. Resumen de los parámetros nutricionales</b> .....                                 | <b>161</b> |
| <b>2. Análisis económico</b> .....  | <b>164</b> |
| 2.1. <i>ICE, IBE, IBEst</i> .....   | 164        |
| 2.2. <i>Análisis de sensibilidad</i> .....  | 172        |
| <b>3. Análisis ambiental de la sustitucion de la harina de pescado en piensos</b> ..... | <b>173</b> |
| 3.1. <i>Índice FIFO</i> .....   | 173        |
| 3.2. <i>Análisis del Ciclo de Vida</i> .....  | 176        |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....   | <b>184</b> |
| <b>Bibliografía</b> .....   | <b>187</b> |