

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
SANTO DOMINGO

EVALUACIÓN DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*) COMO ALTERNATIVA ALIMENTICIA EN TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp.*) Y CACHAMA (*Colossoma macropomum*) EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS.

ALEX JOSELITO ARROBO MAZA

Christian Xavier Peñafiel Valenzuela

INFORME TÉCNICO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

2008

EVALUACIÓN DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*) COMO ALTERNATIVA ALIMENTICIA EN TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp.*) Y CACHAMA (*Colossoma macropomum*) EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS.

ALEX JOSELITO ARROBO MAZA

CHRISTIAN XAVIER PEÑAFIEL VALENZUELA

INFORME DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO.

SANTO DOMINGO – ECUADOR

2008

EVALUACIÓN DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*) COMO ALTERNATIVA ALIMENTICIA EN TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp.*) Y CACHAMA (*Colossoma macropomum*) EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS.

ALEX JOSELITO ARROBO MAZA

CHRISTIAN XAVIER PEÑAFIEL VALENZUELA

REVISADO Y APROBADO

MAYO. ESP. RENÉ GONZALEZ V.

DIRECTOR DE CARRERA

CARRERA DE INGENIERÍA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

BLGO. NÉSTOR SALTOS P.

DIRECTOR

ING. JUAN ORTÍZ T.

CODIRECTOR

ING. MARCO LUNA

BIOMETRISTA

CERTIFICO QUE ESTE TRABAJO FUE PRESENTADO EN ORIGINAL (EN MEDIO MAGNÉTICO) E IMPRESO EN DOS EJEMPLARES.

UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO

EVALUACIÓN DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*) COMO ALTERNATIVA ALIMENTICIA EN TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp.*) Y CACHAMA (*Colossoma macropomum*) EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS.

ALEX JOSELITO ARROBO MAZA

APROBADO POR LOS SEÑORES MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN DEL INFORME TECNICO.

CALIFICACIÓN

FECHA

BLGO. NESTOR SALTOS P.

DIRECTOR

ING. JUAN ORTÍZ T.

CODIRECTOR

CRETIFICO QUE ESTAS CALIFICACIONES FUERON PRESENTADAS EN ESTA UNIDAD.

UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO

EVALUACIÓN DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*) COMO ALTERNATIVA ALIMENTICIA EN TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp.*) Y CACHAMA (*Colossoma macropomum*) EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS.

CHRISTIAN XAVIER PEÑAFIEL VALENZUELA

APROBADO POR LOS SEÑORES MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN DEL INFORME TECNICO.

CALIFICACIÓN

FECHA

BLGO. NESTOR SALTOS P.

DIRECTOR

ING. JUAN ORTÍZ T.

CODIRECTOR

CRETIFICO QUE ESTAS CALIFICACIONES FUERON PRESENTADAS EN ESTA UNIDAD.

UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO

AUTORÍA.

Todos los criterios omitidos en la presente investigación, son de absoluta responsabilidad de los autores.

Alex J. Arrobo M.

Christian X. Peñafiel V.

DEDICATORIA

Al terminar esta etapa de mi vida, sinceramente dedico este documento que representa el esfuerzo y el esmero de mi carrera estudiantil.

A mis amados padres; María y Ezequiel ya que con su ejemplo y sabiduría me inculcaron el anhelo de superación y por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis hermanas; Jenny, Nyla y Johana, por su apoyo mancomunado y desinteresado en cada momento de mi carrera.

A mis adorables sobrinas; Naomi y Arantxa, por brindarme cariño y ternura, además por ser partícipes de mis momentos especiales.

A mis abuelitos maternos y paternos; por brindarme su ejemplo y compartir conmigo sus experiencias de la vida.

A todos mis familiares; por ser partícipe de mis anhelos y con su apoyo incondicional cotidiano pude alcanzar parte de mis metas.

Alex Joselito Arrobo Maza

DEDICATORIA

Este documento simboliza el esfuerzo realizado durante toda mi carrera estudiantil, por tal razón esta tesis va dedicada a:

A mis padres, que sin su apoyo incondicional en todo sentido no habría podido culminar mi carrera universitaria.

A mi hermana Diana, que fue mi apoyo y mi fuerza en mi vida universitaria.

A mis Abuelos Marco y Angela que siempre me aconsejaron y han sido mi ejemplo.

A mis abuelos Segundo y Gloria que desde el cielo guían mis pasos.

A toda mi familia que siempre me ayudaron cuando los necesitaba.

A mis compañeros de la universidad con quienes compartí muy buenos momentos.

Christian Xavier Peñafiel Valenzuela

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento más profundo y con mucho cariño primeramente a Dios.

A mis padres, hermanas y amadas sobrinas por haberme enseñado que con dedicación se pueden cumplir todas las metas trazadas.

A toda mi familia paterna y materna que con su apoyo me han ayudado a levantarme en momentos difíciles de mi vida.

A mi Director Sr. Blgo. Néstor Saltos, mi Codirector Sr. Ing. Juan Ortíz y el Biometrista Sr. Ing. Marco Luna que con paciencia y entusiasmo guiaron este proyecto.

A la familia Peñafiel Valenzuela que con su aporte fueron parte fundamental de la realización del proyecto.

A mis compañeros y amigos por brindarme su amistad y por apoyarme en cada momento.

A la ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida, Carrera de Ciencias Agropecuarias Santo Domingo de los Tsáchilas por abrirme las puertas y hacerme parte de esta noble institución.

Alex Joselito Arrobo Maza

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos en primer lugar a Dios por guiar mi camino.

A mis padres y mi hermana por apoyarme siempre y confiar en mí.

A la familia Peñafiel y la familia Valenzuela por estar siempre a mi lado.

A mi director del proyecto el Sr. Biólogo Néstor Saltos y a mi codirector el Sr. Ingeniero Juan Ortiz y mi biometrista el Sr. Ingeniero Marco Luna por su ayuda desinteresada en esta investigación.

A mis amigos q siempre fueron mi fuerza para seguir adelante.

A mis amigos y compañeros de la universidad por brindarme su amistad y alegría.

A la ESPE, al departamento de Ciencias de la Vida y su Carrera de Ciencias Agropecuarias Santo Domingo de los Colorados por acogerme en sus aulas y ayudarme a realizar la presente investigación.

Christian Xavier Peñafiel Valenzuela

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1

II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE AMARANTO.....	4
3.1.1. Origen.....	4
3.1.2. Clasificación taxonómica.....	6
3.1.3. Domesticación del Amaranto.....	6
3.1.4. Descripción Botánica de la Planta.....	7
3.1.4.1. Raíz.....	8
3.1.4.2. Tallo.....	8
3.1.4.3. Hojas.....	9
3.1.4.4. Inflorescencia.....	9
3.1.4.5. Fruto.....	10
3.1.5. Adaptación del Amaranto en los Países de América Latina.....	10
3.1.6. INIAP ALEGRÍA: Variedad Mejorada de Amaranto para la Serranía Ecuatoriana.....	14
3.1.6.1. Origen.....	14
3.1.6.2. Características morfológicas.....	14

3.1.6.3. Características agronómicas.....	15
3.1.6.4. Características del grano.....	16
3.1.6.5. Nutrición y composición química.....	17
3.1.6.6. Calidad de la proteína.....	19
3.1.7. Transformación, Agroindustria y Utilización.....	21
3.1.8. Perspectivas Futuras y Consideraciones Generales.....	27
3.2. GENERALIDADES DE TILAPIA ROJA.....	29
3.2.1. Datos Generales.....	29
3.2.2. Origen y Distribución.....	30
3.2.3 Países Productores.....	30
3.2.4. Biología de la Especie.....	31
3.2.4.1 Taxonomía.....	31
3.2.4.2 Características de la especie.....	31
3.2.4.3 Diferenciación sexual y reproducción.....	32
3.2.5. Hábitos Alimenticios.....	34
3.2.6. Temperamento.....	35
3.2.7. Requerimientos Nutricionales.....	35
3.2.7.1. Proteína.....	35
3.2.7.2. Aminoácidos.....	36
3.2.7.3. Lípidos, vitaminas y minerales.....	37
3.2.7.4. Alimentación complementaria.....	39

3.2.8. Sistemas de Cultivo.....	39
3.2.9. Parámetros Físico – Químicos de Cultivo.....	40
3.2.9.1. Temperatura.....	40
3.2.9.2. pH.....	40
3.2.9.3. Oxígeno disuelto.....	41
3.2.9.4. Alcalinidad y dureza.....	41
3.2.9.5. Dióxido de carbono (CO ₂).....	42
3.2.10. Enfermedades y Parásitos.....	42
3.3. GENERALIDADES DE CACHAMA.....	44
3.3.1. Generalidades.....	44
3.3.2. Sistemática.....	45
3.3.3. Clasificación Taxonómica.....	46
3.3.4. Distribución.....	46
3.3.5. Morfología.....	47
3.3.6. Alimentación.....	48
3.3.7. Requerimientos Nutricionales.....	48
3.3.7.1. Proteínas y aminoácidos.....	49
3.3.7.2. Carbohidratos y lípidos.....	49
3.3.7.3. Vitaminas y minerales.....	50
3.3.8. Hábitos Alimenticios.....	51
3.3.9. Hábitos Alimenticios en Condición de Cultivo de Estanque.....	51

3.3.10. Reproducción.....	52
3.3.11. Crecimiento.....	52
3.3.12. Comportamiento Migratorio.....	53
3.3.13. Selección de los Reproductores en Cachama.....	53
3.3.14. Parámetros Físico-Químicos de Agua para el Cultivo de la Cachama.....	55
3.3.14.1. Temperatura.....	55
3.3.14.2. pH.....	55
3.3.14.3. Oxígeno disuelto.....	55
3.3.14.4. Alcalinidad.....	56
3.3.14.5. Dureza.....	56
3.3.14.6. Compuestos nitrogenados (nitritos, nitratos y amonio).....	56
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	57
4.1. UBICACIÓN POLÍTICA.....	57
4.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	57
4.3. CARACTERÍSTICAS AGRO CLIMÁTICAS Y DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	59
4.4. MATERIALES Y EQUIPOS.....	60
4.5. MÉTODOS.....	61
4.5.1. Factores de Estudio.....	61
4.5.1.1. Tratamientos.....	62

4.5.2. Procedimiento.....	63
4.5.2.1. Diseño experimental.....	63
4.5.2.1.1. Tipo de diseño.....	63
4.5.2.1.2. Número de repeticiones.....	63
4.5.2.2. Características de las unidades experimentales.....	63
4.5.2.3. Análisis estadístico.....	63
4.5.2.3.1. Coeficiente de variación.....	64
4.5.2.3.2. Análisis funcional.....	64
4.5.2.3.3. Variables evaluadas.....	64
4.5.2.4. Análisis Económico.....	65
4.5.2.5. Obtención de la materia prima.....	65
V. RESULTADOS	75
5.1. PARÁMETROS ABIÓTICOS.....	75
5.2. EVALUACIÓN DE LA TILAPIA.....	75
5.2.1. Parámetros Comerciales.....	75
5.2.1.1. Peso.....	75
5.2.1.2. Longitud total.....	77
5.2.1.3. Longitud parcial.....	79
5.2.1.4. Ancho total.....	80
5.2.2. Parámetros Productivos.....	82

5.2.2.1. Tasa de Crecimiento Específica (TCE).....	82
5.2.2.2. Factor de Conversión Alimenticia (FCA).....	83
5.2.2.3. Índice de Condición (IC).....	84
5.2.2.4. Alimento consumido.....	85
5.2.2.5. Ganancia de peso.....	86
5.3. EVALUACIÓN DE CACHAMA.....	88
5.3.1. Parámetros Comerciales.....	88
5.3.1.1. Peso.....	88
5.3.1.2. Longitud total.....	86
5.3.1.3. Longitud parcial.....	91
5.3.1.4. Ancho total.....	92
5.3.2. Parámetros Productivos.....	94
5.3.2.1. Tasa de Crecimiento Específica (TCE).....	94
5.3.2.2. Factor de Conversión Alimenticia (FCA).....	95
5.3.2.3. Índice de Condición (IC).....	96
5.3.2.4. Alimento consumido.....	97
5.3.2.5. Ganancia de peso.....	99
5.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	100
5.4.1. Análisis en Tilapia.....	100
5.4.1.1. Análisis de dominancia.....	100
5.4.1.2. Tasa de retorno marginal (TRM).....	101

5.4.2. Análisis en Cachama.....	101
5.4.2.1. Análisis de dominancia.....	101
5.4.2.2. Tasa de retorno marginal (TRM).....	102
VI. DISCUSION.....	103
VII. CONCLUSIONES.....	109
VIII. RECOMENDACIONES.....	111
IX. RESUMEN.....	112
X. SUMMARY.....	113
XI. BIBLIOGRAFIA.....	114
XII. ANEXOS.....	123

INDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. Características morfológicas de la variedad de amaranto “INIAP - Alegría”	16

TABLA 2.	Características agronómicas de la variedad de amaranto “INIAP - Alegría”	17
TABLA 3.	Características de calidad de grano de la variedad de amaranto “INIAP - ALEGRÍA”	18
TABLA 4.	Composición de algunos alimentos en vitaminas expresados en 100 gramos.	18
TABLA 5.	Composición química de amaranto (por 100 gramos de parte comestible y en base seca).	19
TABLA 6.	Valor nutritivo del Amaranto y otros granos de uso común, datos expresados en base seca.	20
TABLA 7.	Contenido de proteína de algunos granos	21
TABLA 8.	Contenido de proteína de varias especies de amaranto expresado en gramos por 100 g de materia seca.	21
TABLA 9.	Aminoácidos encontrados en el grano de Amaranto y otros productos de uso común en la elaboración de balanceados, expresados en porcentaje %.	22
TABLA 10.	Requerimientos de aminoácidos esenciales para tilapias.	37
TABLA 11.	Pre mezcla vitamínica para el enriquecimiento de alimentos procesados para la tilapia.	38
TABLA 12.	Requerimientos nutricionales de la Tilapia	39
TABLA 13.	Enfermedades causadas por bacterias, hongos y parásitos en Tilapia	43
TABLA 14.	Aminoácidos esenciales requeridos por la cachama (%)	49
TABLA 15.	Cantidades de vitaminas y minerales recomendados en la	50

alimentación artificial de cachama

TABLA 16.	Hábitos Alimenticios de la Cachama	51
TABLA 17.	Materiales y equipos utilizados en la investigación	60
TABLA 18.	Descripción de los tratamientos utilizados en tilapia.	62
TABLA 19.	Descripción de los tratamientos utilizados en cachama	62
TABLA 20.	Esquema del análisis de varianza	63
TABLA 21.	Formulación de dietas experimentales en base de Amaranto	69
TABLA 22.	Análisis calculado de dietas experimentales en base de Amaranto	69
TABLA 23.	Evolución del peso en cada muestreo de tilapia	75
TABLA 24.	Análisis de varianza del peso promedio en el primer muestreo (día 1) en tilapia.	76
TABLA 25.	Promedios y rangos (Duncan 5%) para el peso promedio	77
TABLA 26.	Longitud total promedio en cada muestreo de tilapia (cm)	77
TABLA 27.	Análisis de varianza de longitud total en el segundo muestreo (día 15) en tilapia.	78
TABLA 28.	Promedios y rangos (Duncan 5%) para longitud total	79
TABLA 29.	Longitud parcial promedio en cada muestreo de Tilapia (cm)	79
TABLA 30.	Ancho total promedio en cada muestreo de tilapia (cm)	81
TABLA 31.	Análisis de varianza para TCE en tilapia. Luz de América,	82

	Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.	
TABLA 32.	Promedios y rangos (Duncan 5%) para TCE en tilapia.	83
TABLA 33.	Análisis de varianza para FCA en tilapia. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.	83
TABLA 34.	Promedios y rangos (Duncan 5%) para FCA en tilapia.	84
TABLA 35.	Análisis de varianza para IC en tilapia. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.	84
TABLA 36.	Promedios y rangos (Duncan 5%) para IC en tilapia.	85
TABLA 37.	Análisis de varianza para alimento consumido en tilapia. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.	85
TABLA 38.	Promedios y rangos (Duncan 5%) para A. consumido en tilapia.	86
TABLA 39.	Análisis de varianza para ganancia de peso en tilapia. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.	87
TABLA 40.	Promedios y rangos (Duncan 5%) para ganancia de peso en tilapia.	87
TABLA 41.	Evolución del peso promedio en cada muestreo de cacha (g)	88
TABLA 42.	Longitud total promedio en cada muestreo de cachama (cm)	90
TABLA 43.	Longitud parcial promedio en cada muestreo de cachama (cm)	91
TABLA 44.	Ancho total promedio en cada muestreo de cachama (cm)	92

TABLA 45.	Análisis de varianza para TCE en cachama. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.	94
TABLA 46.	Promedios y rangos (Duncan 5%) para TCE en cachama.	95
TABLA 47.	Análisis de varianza para FCA en cachama. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.	95
TABLA 48.	Promedios y rangos (Duncan 5%) para FCA en cachama.	96
TABLA 49.	Análisis de varianza para IC en cachama. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.	96
TABLA 50.	Promedios y rangos (Duncan 5%) para IC en cachama.	97
TABLA 51.	Análisis de varianza para alimento consumido en cachama. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.	98
TABLA 52.	Promedios y rangos (Duncan 5%) para A. consumido en cachama.	98
TABLA 53.	Análisis de varianza para ganancia de peso en cachama. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.	99
TABLA 54.	Promedios y rangos (Duncan 5%) para ganancia de peso en cachama.	100
TABLA 55.	Análisis de dominancia en tilapia	100
TABLA 56.	Tasa de retorno marginal (TRM) en tilapia	101

TABLA 57.	Análisis de dominancia en cachama	101
TABLA 58.	Tasa de retorno marginal (TRM) en cachama	102

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Amaranto, variedad INIAP “Alegría”	5
FIGURA 2. Diferentes formas de utilización del Amaranto.	26
FIGURA 3. Tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>)	29
FIGURA 4. Características distintivas del macho y la hembra de tilapia	32
FIGURA 5. Cachama (<i>Colossoma macropomum</i>)	44
FIGURA 6. Ubicación Geográfica de Luz de América – Santo Domingo	57
FIGURA 7. Instalaciones del módulo de Acuicultura IASA II (Santo Domingo)	58
FIGURA 8. Jaulas flotantes usadas en la investigación IASA II (Santo Domingo)	58
FIGURA 9. Mezcla del balaceado lista para el proceso de pelletización	67
FIGURA 10. Pelletización del balanceado	67
FIGURA 11. Secado del balanceado en la estufa	68
FIGURA 12. Secado con ventiladores	68
FIGURA 13. Juveniles de Tilapia	70
FIGURA 14. Infraestructura de las jaulas	71
FIGURA 15. Alimentación de los peces	72
FIGURA 16. Limpieza de jaulas	73
FIGURA 17. Medición de longitud total, longitud parcial y ancho total	73

FIGURA 18. Medición de peso	74
FIGURA 19. Evolución del peso en cada muestreo de Tilapia	76
FIGURA 20 Longitud total en cada muestreo de Tilapia	78
FIGURA 21. Longitud parcial en cada muestreo de Tilapia	79
FIGURA 22. Ancho total en cada muestreo de Tilapia	81
FIGURA 23. Evolución del peso en cada muestreo de Cachama	89
FIGURA 24. Longitud total en cada muestreo de Cachama	90
FIGURA 25. Longitud parcial en cada muestreo de Cachama	91
FIGURA 26. Ancho total en cada muestreo de Cachama	93

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura semi-intensiva e intensiva de peces y crustáceos marinos es una industria exigente de proteína de alta calidad tanto de origen vegetal como animal, que recicla muy poco para otros sistemas de producción y en consecuencia se presenta la dificultad de ser sostenible. Por este motivo la búsqueda de fuentes informativas en la alimentación para la industria acuícola es una necesidad a corto plazo. (Ortiz *et al.*, 2005).

La producción y exportación de tilapia, sea como un mecanismo de salida al problema del camarón por la mancha blanca, o como alternativa de inversión permanente, se ha convertido en fuente de negocio y divisas para muchos empresarios ecuatorianos. Llegando al punto en que Ecuador, hasta mediados del año 2000, se convirtió en el principal proveedor de filetes frescos del mercado norteamericano. (Kabuage, 2000).

La Cachama tiene gran potencial para piscicultura debido a su rusticidad, amplios hábitos alimenticios, rápido crecimiento, convivencia con otras especies y porque no se reproduce en los estanques evitando problemas en cuanto a manejo se refiere. Acepta bien el concentrado comercial, aunque también puede dársele en cultivo: semillas de palma, bore, papaya, guayaba, banano, maíz, hojas de yuca, como dieta suplementaria. Su carne es de buena calidad y gran aceptación en el mercado. (Aliaga, 2004).

Estudios realizados con fuentes proteicas alternativas de origen vegetal, se evaluaron en términos de crecimiento, pero para obtener resultados aceptables a nivel industrial se necesita que una dieta no solo supla los requerimientos cualitativos y cuantitativos de nutrientes, también debe ser ingerida, digerida y absorbida en cantidades adecuadas. (Ortiz *et al.*, 2005).

Kabuage, 2000, menciona que el desarrollo de la industria piscícola en los últimos años se ha expandido por todo el mundo, y con ella una mayor demanda de harina de pescado como fuente proteínica de alta calidad para la alimentación de peces. Sus características nutricionales importantes como el contenido de proteína y su fácil digestión, hacen que este insumo sea importante en la alimentación piscícola; convirtiéndolo en un recurso finito y de gran valor.

Por estas razones es necesario buscar fuentes de proteína alternativas con un buen perfil nutritivo que pueda reemplazar la harina de pescado. En esta investigación se busca disminuir la dosis de harina de pescado en la elaboración de los balanceados utilizando un producto de alto valor nutritivo como el amaranto (*Amaranthus caudatus*), utilizado ya en otras investigaciones como en trucha arco iris con resultados viables. (Ortiz *et al.*, 2005).

El presente trabajo se realizó bajo el auspicio del Vicerrectorado de Investigaciones de la ESPE, en las instalaciones del Departamento de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias Santo Domingo.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar el Amaranto (*Amaranthus caudatus L.*) como ingrediente alternativo en dietas para alimentación de especies acuícolas de un alto potencial productivo como Tilapia (*Oreochromis sp.*) y Cachama (*Colossoma macropomum*).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar el nivel óptimo de inclusión de harina de amaranto en reemplazo de la harina de pescado.
- Evaluar el efecto de los niveles de sustitución de la harina de pescado por harina de amaranto sobre los parámetros comerciales y productivos de Tilapia (*Oreochromis sp.*) y Cachama (*Colossoma macropomum*).
- Determinar el, o los tratamientos más económicos en Tilapia (*Oreochromis sp.*) y Cachama (*Colossoma macropomum*).

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE AMARANTO

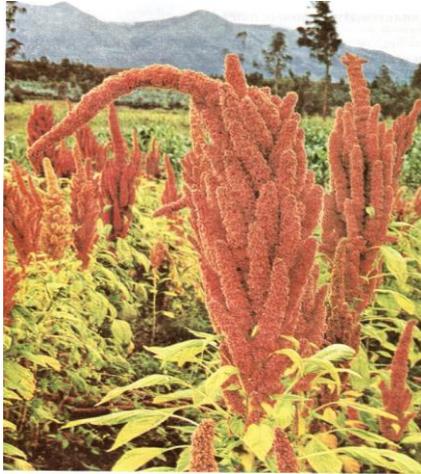


Figura 1. Amaranto, variedad INIAP “Alegría”.

Fuente: Monteros, C. *et al.* 1994

3.1.1 Origen

El Amaranto o Kiwicha es un grano originario de América del Sur, donde fue domesticado. Desde la época colonial ha sido notable la disminución de la superficie cultivada de Amaranto, aunque su cultivo sin embargo se mantiene en Ecuador, Perú, Bolivia y Argentina debido a la perseverancia de los agricultores andinos. (Rodríguez, 2004)

El Amaranto también encuentra lugar por su grano en países como India, Pakistán y Nepal. En África es muy apreciado por sus hojas. (Sumar, 1982).

Sauer, (1976), menciona que las especies cultivadas y sus posibles lugares de origen son:

- a. ***A. hypochondriacus*** (*A. fruemntaceus*, *A. leucocarpus*; etc.) en el noreste y centro de México.
- b. ***A. cruentus*** (*A. paniculatus*, etc) en el sureste de México y Centroamérica.
- c. ***A. caudatus*** de los Andes. En los Andes Argentinos, y de forma típica crece junto a un mutante conspicuo que produce inflorescencia en forma de racimo con crecimiento determinado, una característica desconocida del Amaranto silvestre.

Así mismo, las especies silvestres más estrechamente relacionadas con las especies mencionadas son respectivamente:

- a. *powellii*
- b. *hybridus*
- c. *quitoensis*

Es así como se corrobora lo afirmado por Sumar (1982), Sauer (1976), y Popenoe *et al.*, (1989), quienes sugieren que por sus características, formas, tradiciones y nombres, *Amaranthus caudatus* tiene su centro de origen en la Zona Andina.

3.1.2 Clasificación Taxonómica

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Fanerogama

TIPO: Embryophyta sinphonogama

SUBTIPO: Angiosperma

CLASE: Dicotiledoneae

SUBCLASE: Archyclamidae

ORDEN: Centrospermales

FAMILIA: Amaranthaceae

GÉNERO: *Amaranthus*

ESPECIE: *caudatus, cruentus, hypochondriacus, hybridus*

NOMBRES COMUNES: Amaranto (español); Amaranth (inglés); Kiwicha (Cusco, Perú); Achita (Ayacucho, Perú); Coyo (Cajamarca, Perú); Achis (Huaraz, Perú); Coima, Millmi Inca pachaqui o grano Inca (Bolivia); Ataco, Sangorache, Quinoa de Castilla (Ecuador); Alegria y Huanthi (México); Regirá, Ramdana, Earai (India). (Mujica *et al.*, 1997).

3.1.3 Domesticación del Amaranto

Nieto, (1990), menciona que las diferentes especies de Amaranto poseen características muy importantes y favorables en el proceso de domesticación como son:

- Altos rendimientos
- Adaptabilidad climática
- Riqueza en Germoplasma que les permite gran plasticidad y una distribución cosmopolita.
- Habilidad para hibridación intergenérica como plasticidad morfológica.
- Susceptibilidad de poliploidía.

En los inicios de la domesticación del Amaranto de grano tuvieron que ocurrir modificaciones como el cambio de color de las semillas de negro a pálido, correlacionando los cambios en la calidad y sabor, seguido por los cambios subsecuentes como son:

1. Incremento del tamaño total de la planta
2. Incremento del tamaño de la inflorescencia
3. Incremento de la producción de semilla por gen
4. Incremento en la cantidad de flores femeninas en la inflorescencia
5. Pigmentación por antocianinas en hojas, tallos e inflorescencia
6. Pérdida de glumas duras

3.1.4 Descripción Botánica de la Planta

Es una especie que alcanza gran desarrollo en suelos fértiles; en algunos casos supera los 2 metros de altura. Generalmente tiene un solo eje central, aunque también se presentan ramificaciones desde la base y a lo largo del tallo. (Rodríguez, 2004).

3.1.4.1 Raíz

La raíz es pivotante, con un buen número de ramificaciones y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente al momento en que el tallo empieza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes. La raíz principal sirve de sostén a la planta, permitiendo mantener el balance de la panoja. Las raíces primarias llegan a tomar consistencia leñosa que anclan a la planta y que, en muchos casos sobre todo cuando crece algo separada de otra alcanza dimensiones considerables. En caso de ataque severo de nemátodos se observa modulaciones prominentes en las raicillas. (Mujica *et al.*, 1997).

3.1.4.2 Tallo

El tallo es cilíndrico y anguloso, con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, alcanza de 0.4 a 3 m de longitud, cuyo grosor disminuye de la base al ápice. Presenta distintas coloraciones que generalmente coinciden con el color de las hojas, aunque a veces se observa estrías de diferentes colores; presenta ramificaciones que en muchos casos comienza desde la base o a media altura y que se originan en las axilas de las hojas. El número de ramificaciones depende de la variedad, va desde un color blanco

amarillento hasta verde claro, inclusive rojo vinoso; su forma regular es cilíndrica, con sus surcos longitudinales superficiales, observándose protuberancias en los lugares donde nacen las flores y las yemas. (Sumar, 1982).

3.1.4.3 Hojas

Las hojas son pecioladas, sin estípulas de forma oval, elíptica, alternas u opuestas, con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura cuyo tamaño disminuye de la base al ápice, presentando bordes enteros de tamaño variable de 6.5 – 15 cm, las hojas tiernas hasta la fase de ramificación que se consume como hortaliza de hoja (Sumar, 1982; Tapia, 1997).

Las hojas también varían en su *forma*; pueden ser romboides, lisas y de escasa o nula pubescencia, las nervaduras son prominentes y la lámina presenta diversos colores, desde verde amarillento hasta rojo encamado. (Sumar, 1982).

3.1.4.4 Inflorescencia

El amaranto posee grandes inflorescencias que llegan a medir hasta 90 centímetros de largo y pueden ser decumbentes, semirrectas y erectas, adoptando formas glomerulares o amarantiformes típicas, densas, laxas o compactas. El eje central de inflorescencia (la continuación del tallo) lleva grupos de flores masculinas y femeninas dispuestas en la inflorescencia en forma sésil o ligeramente pedunculada; las flores estaminadas una vez

producido el polen se cierran y se caen; las flores estaminadas o pistiladas, están compuestas de una bráctea externa y cinco sépalos verduzcos, dos externos y tres internos, los primeros ligeramente más grandes. En las flores estaminadas hay cinco estambres de filamentos delgados y largos, terminados en anteras que se abren en dos sacos, las flores pistiladas tienen un ovario semiesférico que contiene solo un óvulo, con tres ramas estigmadas (Sumar, 1982).

3.1.4.5 Fruto

El fruto botánicamente es un “pixidio unilocular”, es decir, una cápsula, que cuando madura presenta dehiscencia transversal, dejando caer la parte superior llamada opérculo, para dejar al descubierto la parte inferior llamada urna, donde se encuentra contenida la semilla. Al ser dehiscente se facilita la caída de la semilla (Nieto, 1990 y Sánchez, 1980).

En el grano se puede diferenciar tres partes: la cubierta, que es una capa de células muy fina y es conocida como epispermo, una segunda capa que está formada por los cotiledones y es la parte más rica en proteína, una capa interna, rica en almidones conocida como perisperma (Nieto, 1990).

3.1.5 Adaptación del Amaranto en los Países de América Latina

En general, el cultivo de amaranto en la zona andina, está replegada a áreas muy específicas y lugares con condiciones climáticas más favorables, habiendo sido reemplazado su cultivo por los cereales introducidos de Europa. Sin embargo, durante estos últimos años y en

vista del interés de parte de los consumidores de productos naturales de alto valor nutritivo, (consumidores vegetarianos), interés de los agroindustriales por requerimientos del mercado internacional Europeo, Asiático y de Norteamérica, está retomando importancia tanto en el aspecto de la producción como de investigación y transformación agroindustrial del amaranto (Mujica *et al.*, 1997).

Los mismos autores afirman que la situación actual del cultivo en la zona andina, como en otros países con posibilidades de producción está siendo cambiada positivamente; así mismo la difusión de sus valores nutricionales y formas de uso en la población de los propios países andinos, está aumentando el consumo y uso de éste grano.

La Oficina Regional de la FAO en coordinación con el INIA de Perú y entidades dedicadas a la investigación en América Latina y el Caribe, condujeron una “Prueba Regional Americana de Cultivares de Amaranto”, utilizando diferentes cultivares procedentes de todos los países cooperantes y participantes de la prueba, habiendo obtenido resultados sumamente interesantes en la producción de este cultivo de alto valor nutritivo para la alimentación humana.

Los resultados de la “Prueba Regional Americana de Cultivares de Amaranto” muestra que este cultivo tiene un enorme potencial de producción en las áreas agrícolas de América, obteniéndose en forma experimental hasta 7900 kg/ha; teniendo amplia adaptabilidad tanto a condiciones de altitud que van desde el nivel del mar (Puerto Príncipe, Haití) hasta los 3700 m.s.n.m, (Oruro, Bolivia). Se obtuvieron producciones con precipitaciones pluviales sobre 176

mm (Purmamarca, Argentina) a 1378 m.s.n.m. (Santa Catalina, Ecuador), sin embargo la distribución de la precipitación durante el año puede ser determinante para que este cultivo produzca sin necesidad de riego (Mujica *et al.*, 1997).

El mismo autor señala que el amaranto se adapta fácilmente a una latitud de 0 ° en el Ecuador hasta 38 ° (Temuco, Chile) en el Sur y 23 ° (Durango, México) en el Norte.

En lo referente a suelos, el amaranto se adapta perfectamente a varias texturas de suelo: arenoso (Arequipa, Perú), arcillo - arenoso (Oruro, Bolivia), franco (Temuco, Chile), limo - arenoso (Puerto Príncipe, Haití) y franco - arcilloso (Chapingo, México).

En Ecuador, el amaranto estuvo considerado como una especie casi desconocida; en los últimos años está siendo investigado por el INIAP y Universidades, así como por la actividad privada (Monteros *et al.*, 1994).

Cabe mencionar que durante el año de 1982, se llevó a cabo el primer recorrido para recolectar la mayor cantidad de muestras de amaranto, además de información sobre esta planta. Gracias al apoyo de Proyecto INIAP/CIRF y con la colaboración de técnicos del Ecuador y Perú, se recolectaron cerca de cien accesiones que ahora forma parte del Banco de Germoplasma de Amaranto, tratando así de recopilar la mayor variabilidad posible para poder emprender nuevas investigaciones (Peralta, 1985).

Un ejemplo claro del trabajo que se realiza con el amaranto, es la obtención de la variedad "INIAP-Alegría", después de un período de selección con una variedad proveniente del Perú.

En el aspecto productivo, se tiene grandes posibilidades, sobre todo en los valles de la sierra, cuyas altitudes no superan los 2800 m.s.n.m. y que presentan alta luminosidad y poca pluviosidad. Las mejores posibilidades estarían en las provincias de Loja, Azuay, Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y en las zonas secas y con riego de la costa (Nieto, 1990). Actualmente se encuentra con algunas líneas promisorias de alta producción y tecnología del cultivo y transformación adecuada, que puede permitir un desarrollo sobresaliente del cultivo en el país. Los rendimientos comerciales obtenidos varían desde 640 a 3750 kg/ha.

En los ensayos llevados a cabo en Quito en el período 1992 - 1993, los rendimientos fluctuaron en 800 y 2492 kg/ha. Esta es otra de las razones del por qué se debe considerar al amaranto como una alternativa de producción.

En cuanto a suelos, se deben preferir los de textura franca, con un buen contenido de materia orgánica y es importante un pH entre 5,5 a 7. esta variedad presenta un mejor comportamiento en suelos con buen drenaje y por lo general es afectado por suelos arcillosos y anegados. (Monteros *et al.*, 1994).

3.1.6 INIAP ALEGRÍA: Variedad Mejorada de Amaranto para la Serranía Ecuatoriana

Después de muchos años de investigación en las áreas de agronomía y fitomejoramiento se logró finalmente, en 1990, entregar a los agricultores de la sierra la primera variedad de amaranto la cual fue denominada “INIAP - Alegría” (Monteros *et al.*, 1994).

3.1.6.1 Origen.

La variedad “INIAP - Alegría” fue obtenida por selección de la variedad “Alan García” de origen peruano durante el año agrícola 1987 - 1988 en la Estación Experimental “Santa Catalina”. Actualmente la nueva identificación en el Banco de Germoplasma de dicho material es la ECU - 2210.

Por sus características morfológicas, la variedad “INIAP - Alegría” pertenece a la especie *Amaranthus caudatus* L. El nombre de “Alegría” proviene del calificativo que tiene el amaranto en México y que es muy popular.

3.1.6.2 Características morfológicas.

En la siguiente tabla, se pone a disposición las características morfológicas de esta variedad. Típicamente posee hojas de color verde claro y de forma ovalada o alargada. El color y el tipo de panoja son muy característicos ya que presenta panojas rosadas semirectas cuya parte apical se encorva ligeramente hacia abajo. (Rodríguez, 2004).

Cabe mencionar que las plantas de amaranto pueden ramificarse en función de la densidad de siembra y del espacio entre planta y planta.

Tabla 1. Características morfológicas de la variedad de amaranto “INIAP - Alegría”

Ramificación *	Sencillo a ramificado
Tipo de raíz	Axonomorfa
Color de planta	Verde claro
Forma del tallo	Redondo con aristas
Color del tallo a la floración	Verde amarillento
Color del tallo a la madurez	Rosado
Estrías en el tallo	Amarillo claro
Forma de hojas	Onduladas - alargadas
Color de hojas	Verde claro
Superficie de una hoja (promedio)	39.6 cm ²
Borde de hoja	Entero
Color de la panoja juvenil	Verde amarillento
Color de la panoja madura	Rosada
Tipo de panoja	Semirecta
Flores	Unisexuales

Fuente: Monteros *et al.*, 1994

* Las plantas ramifican cuando disponen de espacio suficiente entre ellas

3.1.6.3 Características agronómicas

Las características agronómicas de la variedad INIAP - Alegría se explican en las tablas anteriores, siendo lo más relevante su baja altura y precocidad, permitiendo así la mecanización de la cosecha. El promedio de rendimiento para la variedad, a nivel experimental, es de 2000 kg/ha, llegando a un rendimiento máximo superior de 3500 kg/ha; estos rendimientos pueden variar, debido a las condiciones de la superficie cultivada. (Rodríguez, 2004).

Tabla 2. Características agronómicas de la variedad de amaranto “INIAP - Alegría”

Días a la emergencia	3 - 6
Días al panojamiento	50 - 55
Días a la floración	70 - 89
Días a la cosecha	125 - 180
Altura de planta (cm)	70 - 160
Largo de panoja (cm)	24 - 57
Rendimiento de grano (kg/ha)	640 - 3750
Tolerancia a plagas *	Tolerante
Tolerancia a enfermedades **	Tolerante
Tolerancia a volcamiento	Tolerante
Tolerancia a heladas	Susceptible

Fuente: Monteros *et al.*, 1994

* A gusanos cortadores de tallo (larvas de *Agrotis* spp, *Feltia* spp y *Copisitaria*),

** A pudriciones marrón del tallo (*Sclerotinia sclerotiorum*,) y mancha foliar (*Alternaria* spp).

3.1.6.4 Características del grano

La evaluación de la calidad del grano es muy importante para conocer los posibles usos, ventajas y desventajas que se pueden tener para su industrialización. Así, las

características más importantes del grano de amaranto de la variedad “INIAP - Alegría” se expresan en la siguiente tabla. (Rodríguez, 2004).

Tabla 3. Características de calidad de grano de la variedad de amaranto “INIAP - ALEGRÍA”

Color del grano	Blanco
Forma del grano	Redondo
Tamaño del grano (mm)	0.8 – 1.4
Peso hectolítrico (kg/Hl)	81 – 83
Grano de primera (%) *	83 – 92

Fuente: Programa de Cultivos Andinos, EESC.

* Selección con tamiz redondo de 1.1 mm de diámetro

3.1.6.5 Nutrición y composición química

Aunque los valores pueden variar dependiendo de muchos factores, fundamentalmente los de carácter climático, las cantidades expresadas en la siguiente tabla de

composición, permiten tener valores relativos que sirven como una base para realizar comparaciones entre los diferentes alimentos. (Cole, 1979).

Tabla 4. Composición de algunos alimentos en vitaminas expresados en 100 gramos.

Granos	Vitamina A (UI)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)	Ác. Ascórbico Vitamina C (mg)
Amaranto	0	0.14	0.32	1.0	3
Maíz	70	0.43	0.10	1.9	Trazas
Arroz	0	0.34	0.05	4.7	0
Soya	80	1.1	0.31	2.2	
Trigo	0	0.57	0.12	4.3	0

Fuente: Monteros *et al.*, 1994

Según lo que se puede apreciar del cuadro anterior, el grano de amaranto supera al del maíz, arroz, soya y trigo en su contenido de riboflavina y de vitamina C. Los valores de la tiamina y la niacina se encuentran bajos, pero si son representativos. Más adelante, en cambio se expresa la composición química de los granos de amaranto, trabajo realizado por Sumar Kalinowski. (1982).

Lo más relevante del grano de amaranto es su contenido de proteína que puede variar de 13 a 18.98 %, aunque es posible que dichos valores varíen por las condiciones en las que se realiza el cultivo. Nieto (1990), considera que el mismo análisis químico del grano de amaranto y los valores obtenidos son similares a los que se detallan en el cuadro anterior pero añadiendo el contenido de energía y de potasio con valores de 391 Kcal y 800 mg respectivamente.

Tabla 5. Composición química de amaranto (por 100 gramos de parte comestible y en base seca).

Sustancia	Amaranto (%)
Proteína	13 – 18.9
Grasa	7.20 – 9.10
Carbohidratos	63.00 – 84.00
Fibra	3.10 – 5.70
Ceniza	2.50 – 3.10
Calcio	220 – 308 mg
Fósforo	496 – 520 mg
Hierro	16 – 44 mg
Caroteno	0.001 mg
Tiamina	0.14 mg
Riboflavina	0.32 mg
Niacina	0.95 mg
Ácido ascórbico reducido	3.10 mg

Fuente: Luis Sumar Kalinowski, 1982.

En la siguiente tabla se relaciona el valor nutricional del amaranto con otros granos de uso común. (Monteros *et al.*, 1994).

Tabla 6. Valor nutritivo del Amaranto y otros granos de uso común, datos expresados en base seca.

Características	Amaranto	Maíz	Trigo	Harina de Soya *	Harina de Algodón *	Harina de Pescado *
Proteína (%)	15.54	7.68	13	46.9	38.7	72
Fibra cruda (%)	5.21	2.46	2.9	4.6	16.5	0.7
Cenizas (%)	3.61	1.65	1.5	6	6	12
Grasa (%)	7.31	5	1.7	65	66	80
Calcio (%)	0.14	0.01	0.02	0.29	0.2	2.35
Fósforo (%)	0.54	0.27	0.41	0.64	0.95	1.90
Magnesio (%)	0.22	0.13	0.1	0.28	0.5	0.20
Potasio (%)	0.57	0.48	0.4	2.05	1.30	1.18
Sodio (%)	0.02	0.01	0.01	0.02	0.05	0.84
Cobre	6.00 ppm	4	4.02	19 mg/kg	18 mg/kg	8 mg/kg

Fuente: Monteros *et al.*, 1994; * FEDNA, 2003

3.1.6.6 Calidad de la proteína

La calidad de la proteína depende exclusivamente de su contenido de aminoácidos esenciales. Se ha determinado que la proteína contenida en un solo huevo es la cantidad de proteína básica para la utilización de algún alimento para alimentación de los animales,

entonces es así que la calidad de la proteína de otros productos se puede comparar con la proteína del huevo. (Cole, 1979).

En la tabla citada a continuación, se puede observar que el grano de amaranto es el que contiene la mayor cantidad de proteína, seguido por el grano de trigo. Esto hace suponer, por lo afirmado por Cole (1979), que el amaranto tiene mejor balance de aminoácido esenciales

Tabla 7. Contenido de proteína de algunos granos

Variedad de grano	% Proteína
Amaranto	13.6 – 18
Trébol	9.5 – 17
Maíz	9.4 – 14.2
Arroz	7.5
Ray grass	9.4 – 14
Trigo	14.0 – 17.0

Fuente: Monteros *et al.*, 1994

Existen diferencias para el contenido de proteínas entre las distintas especies de amaranto, siendo los promedios muy similares entre las *A. hypocondriacus*, *A. caudatus*, *A. cruentus* (Bressani, 1989). Dichos promedios se observan en la siguiente tabla.

Tabla 8. Contenido de proteína de varias especies de amaranto expresado en gramos por 100 g de materia seca.

Especie	Número de Genotipo	Rango de Proteína (%)	Promedio de Proteína (%)
<i>Amaranthus caudatus</i>	36	11.1 a 19.4	15.5
<i>Amaranthus hypocondriacus</i>	26	12.7 a 17.9	15.5
<i>Amaranthus cruentus</i>	21	13.0 a 2.6	15.7
<i>Amaranthus hybridus</i>	2	13.1 a 14.3	13.7

Fuente: Bressani, 1989.

Los aminoácidos más importantes que se encuentran en el amaranto y en otros subproductos que sirven para la elaboración de balanceados, cuyas cantidades se encuentran expresadas en porcentaje en la tabla que se detalla a continuación, fueron obtenidas por Sumar Kalinowski, (1982).

Tabla 9. Aminoácidos encontrados en el grano de Amaranto y otros productos de uso común en la elaboración de balanceados, expresados en porcentaje (%).

Aminoácidos	Amaranto (%)	Maíz (%)	Trigo (%)	Harina de Soya ** (%)	Harina de Algodón * (%)	Harina de Pescado * (%)
Lisina	6.20	2.90	2.20	6.20	4.00	7.80
Histidina	2.80	2.60	2.20	2.60		
Arginina	10.60	4.20	3.80	8.25		5.02
Treonina	3.70	3.80	2.90	4.00	3.33	4.30
Valina	4.40	4.60	4.50	5.00	4.50	5.10
Metionina	2.30	1.40	1.60	1.50	1.50	2.90
Isoleucina	3.90	4.00	3.90	4.60	3.20	4.20
Leucina	5.90	12.5	7.70	8.36		
Triptofano	1.50	0.70	1.20	1.30	1.21	1.10
Fenilalanina	4.30	4.70	5.30	3.95		

Fuente: Sumar Kalinowski, 1982; * FEDNA, 2003; ** Vázquez, 2001.

3.1.7 Transformación, Agroindustria y Utilización

El amaranto es un grano muy versátil para la industrialización y la comercialización que puede ser transformado y empleado como cualquier cereal. Sus ventajas nutricionales son claras, pero por su escasez de gluten es necesario mezclarlo con otras harinas para el proceso de panificación, tal es el caso de su inclusión de hasta 20 % como reemplazante del trigo en la panificación, obteniendo un pan de elevado valor nutritivo, mayor cantidad de grasas, fibra y minerales. (Colección FAO, 1992).

El principal producto del grano de amaranto, como ya se ha mencionado en varias ocasiones, es el grano reventado del cual se obtiene la “alegría” (México), turrón (Perú, Bolivia, Ecuador), nigua (Guatemala) y que consisten en la mezcla de dicho grano reventado con miel o chocolate, dándole formas llamativas que son del agrado de sus consumidores. (Mujica *et al.*, 1997).

El proceso térmico permite mejorar la digestibilidad y las características organolépticas del producto. Dicho tratamiento altera la configuración de las proteínas haciendo al grano más digerible, pero al mismo tiempo con cierta pérdida de algunos aminoácidos.

Experimentalmente se ha demostrado que para el reventado del grano de amaranto se debe utilizar porciones de 5 gramos a una temperatura de 100 a 160 °C por un periodo de 7 a 18 segundos, debiendo previamente remojar el grano en agua y permitir que se seque naturalmente. (Mujica *et al.*, 1997).

La siguiente etapa de transformación es la obtención de harina, tanto del grano crudo como del grano cocido, las cuales bien envasadas se utilizan para elaborar mazamorra (Perú, Bolivia y Ecuador), atole, pinol (México, Guatemala), budines, sopas, papillas, y una infinidad de potajes. Con la harina también se elaboran pasteles, panes, humitas, tortillas, bebidas refrescantes y alcohólicas (chicha); los restos de la inflorescencia después de la trilla también se utilizan como colorantes de comidas, especialmente aquellas que poseen coloraciones púrpura y rojas, llamando a dicho color “Kewa”. Las hojas frescas o secadas a la sombra se consumen como verdura. (Lehman, 1990).

El almidón del amaranto tiene propiedades únicas que lo presentan como una buena alternativa para la industrialización alimenticia, ya que en productos enlatados podría actuar como coloide protector que reduce o evita la rápida desnaturalización de las proteínas; los almidones nativos presentan menor temperatura de “pasting” y menor pico de viscosidad que lo hace un ingrediente ideal para la mezcla de sopas instantáneas. Además podría utilizarse en la fabricación de plásticos biodegradables y papeles especiales. (Mujica *et al.*, 1997).

En México, la harina de amaranto se utiliza para efectuar mezclas con la de trigo para la elaboración de tortillas, en una proporción de 90:10. El amaranto no altera el sabor ni

consistencia de las tortillas. Del grano del amaranto se obtienen hojuelas, laminando el grano mediante rodillos, también granola, aglomerando las partículas y luego encapsulándolas.

También se puede hacer concentrados proteicos, utilizando la planta entera, que pueden ser destinados tanto para el uso humano como para el uso animal. (Casillas, 1986; Sánchez, 1980).

Como otros productos alternativos de amaranto, también se pueden obtener alimentos crudos altamente nutritivos, tanto cocidos como precocidos, así se puede incluir en este grupo a los concentrados proteicos, productos instantáneos, snack, alimentos para recién nacidos, obtenidos a partir de hojas, inflorescencia, tallos o de la planta entera.

Para optimizar el procesamiento y transformación del amaranto para la obtención de cualquiera de los productos antes mencionados, es necesario considerar algunos factores esenciales como: tecnología de poscosecha (calidad del grano, estabilidad al ser almacenado, características físicas y químicas del grano, propiedades funcionales, comportamiento de procesamiento y desarrollo de productos), calidad nutritiva (calidad proteica, disponibilidad de energía, efecto complementario y suplementario) e incluso producción y rendimiento del cultivo que permita obtener ingresos adecuados al productor. (Mujica *et al.*, 1997).

A continuación se muestra una tabla en la que constan las diferentes formas de utilización del grano de Amaranto. (Monteros *et al.*, 1994).

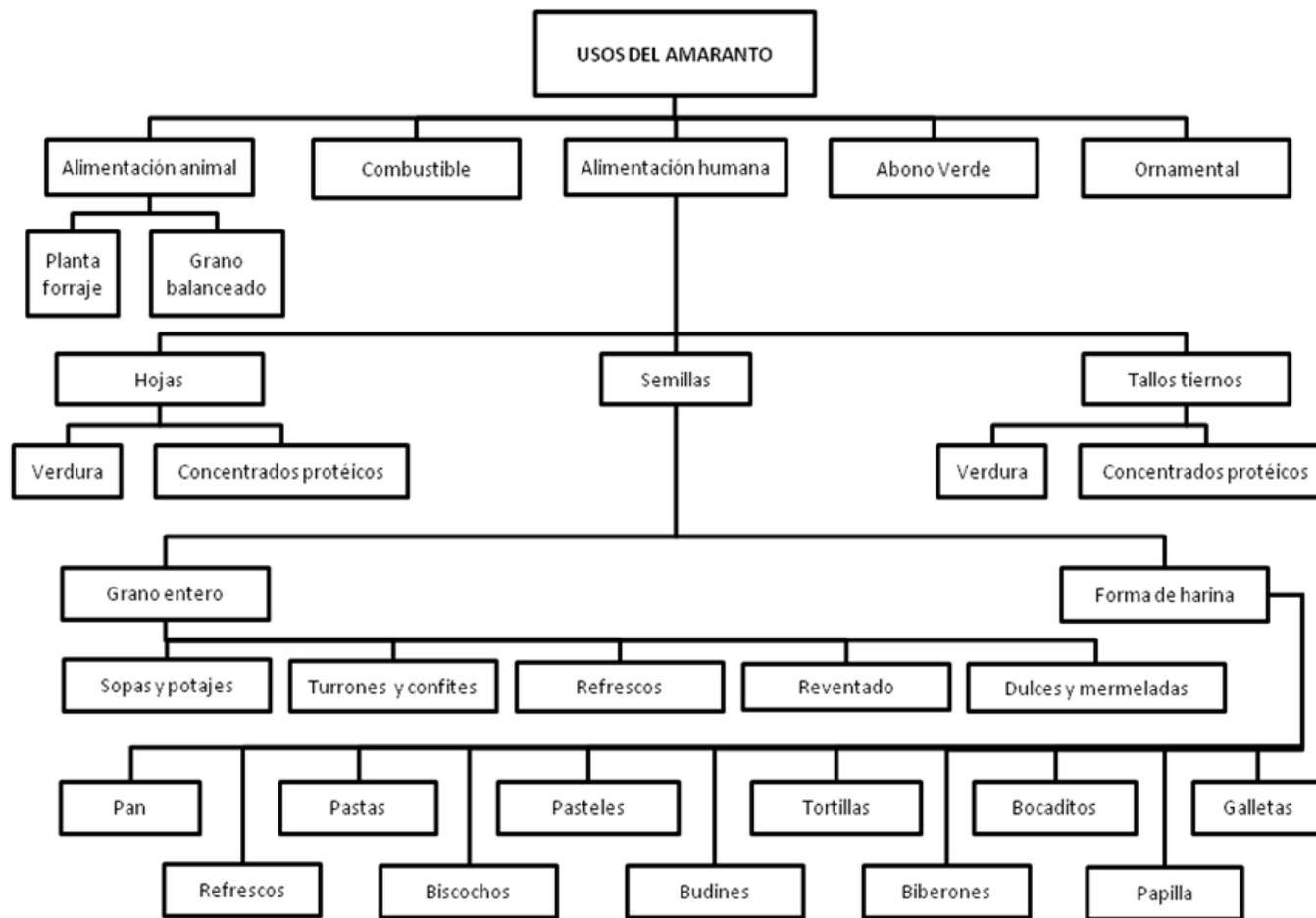


Figura 2. Diferentes formas de utilización del Amaranto.

Fuente: Monteros *et al.*, 1994

3.1.8 Perspectivas Futuras y Consideraciones Generales

El potencial del amaranto obliga a crear una infraestructura agrícola - comercial y una agroindustria para aumentar el valor agregado a fin de hacer económicamente factible al cultivo, para lo cual es necesario contar con un producto atractivo para el consumidos con márgenes de utilidad adecuados para el productor.

Para ello, los tecnólogos de alimentos, agroindustriales cuentan con materia prima versátil, con muchas aplicaciones y que participa en muchos productos elaborados, tanto como ingredientes principales como también aportando con su valor nutricional. (Casillas, 1986).

En Estados Unidos, la producción agronómica exitosa y el desarrollo del cultivo son los factores más importantes para el mantenimiento y la expansión de la industria del amaranto. A partir de estas consideraciones y con ideas innovadoras se pueden desarrollar procesos de marketing e industria mucho más viables con su respectivo rédito económico. (Stallkencht y Schulz - Shaeffer, 1993).

El amaranto, al igual que para países como Perú y México, ha despertado muchas expectativas en los agricultores de los Estados Unidos, especialmente en las áreas secas del oeste norteamericano. Sus cualidades nutricionales le permiten ser considerado como un cultivo con elevado potencial agronómico. (Early, 1990).

Es así que el amaranto sigue generando interés en la gente que lo va conociendo, por ello es fundamental la ilustración de los trabajos realizados en este campo con el fin de redescubrirlo y desarrollar nuevas técnicas para su aprovechamiento.

3.2 GENERALIDADES DE TILAPIA ROJA



Figura 3. Tilapia roja (*Oreochromis sp.*)

3.2.1 Datos Generales

Las tilapias son peces exóticos de mayor éxito en la piscicultura mundial, apoyados en el avance significativo en las técnicas de cultivo intensivo y súper intensivo conjugadas con la aparición de un sinnúmero de híbridos comerciales de gran aceptación no solo por parte de los piscicultores, sino también por parte de los consumidores en los mercados nacional e internacional.

Estos peces son excelentes para el consumo humano, con carnes de muy suave textura y gran reducción ósea, crecen en un amplio rango de alimentación natural y artificial, pueden sobrevivir en aguas con salinidad de 0 a 27 ppm, es decir desde aguas continentales hasta aguas oceánicas (López, 2002).

3.2.2 Origen y Distribución

La tilapia roja (*Oreochromis sp*), perteneciente a la familia de los Ciclidos, es originaria del África y Cercano Oriente, habitan en la mayor parte de las regiones tropicales del mundo. En América dentro de los Trópicos de Cáncer en México, El Caribe hasta el Trópico de Capricornio en el río de la Plata en Argentina (López, 2002).

3.2.3 Países Productores

Según Holguín, (2002), menciona que los principales países exportadores de tilapia en el año 2001 son: China 100.000 Ton, Taiwán 42.800 Ton, Brasil 31.500 Ton, Malasia 21.300 Ton. El Ecuador se encuentra en séptimo lugar con 13.500 Ton. Según la FAO, (2007), para este año el Ecuador es el principal proveedor de tilapia en Estados Unidos, abarcando el 47% del total de mercado.

3.2.4 Biología de la Especie

3.2.4.1 Taxonomía

REINO: Animal

PHYLUM: Chordata

SUBPHYLUM: Vertebrata

SUPERCLASE: Gnatostomata

CLASE: Actinopterygii

ORDEN: Perciformes

SUBORDEN: Percoidei

FAMILIA: Cichlidae

GÉNERO: *Oreochromis*

ESPECIE: *Oreochromis sp.*

NOMBRE COMÚN: Tilapia

3.2.4.2 Características de la especie

López, (2002), menciona que las tilapias en estado adulto pueden llegar a obtener un peso entre 1000 a 3000 gr. La edad de madurez sexual en los peces difiere según el sexo del animal, en machos es de 4 a 6 meses, mientras que en las hembras es de 3 a 5 meses. Para la determinación del sexo en forma visual sencillamente se observa que en el macho aparecen dos orificios característicos que son la papila genital (no evidente en algunos ejemplares) y el ano, mientras que en las hembras se observan tres

orificios que son el urinario, papila genital y ano; para mejor comprensión se cita a continuación la figura 4.

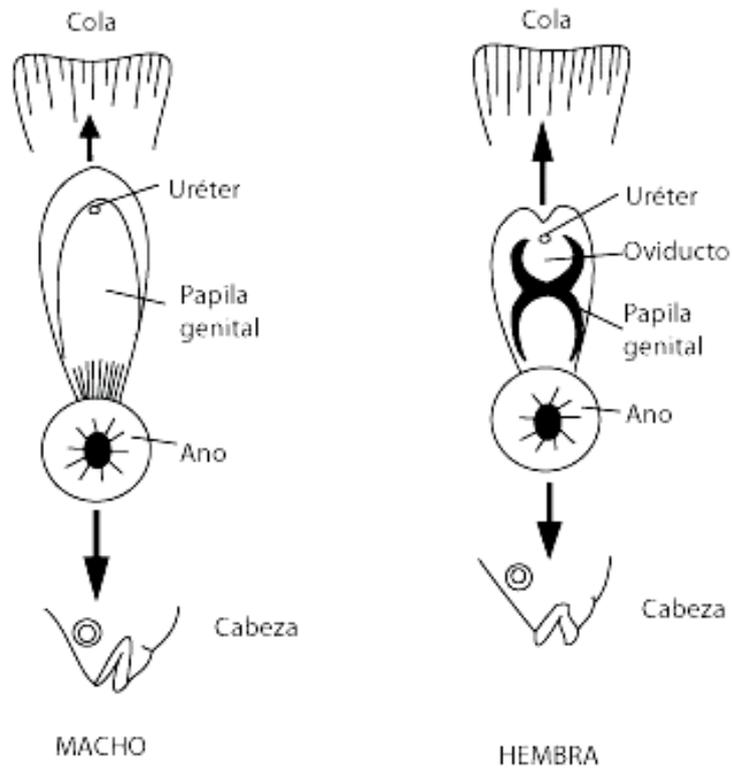


Figura 4. Características distintivas del macho y la hembra de Tilapia.

Fuente: Bardach *et al.*, (1990).

3.2.4.3 Diferenciación sexual y reproducción

En tilapias se puede diferenciar gónadas, en el caso de los machos es entre los 16 a 20 días de edad, su madurez depende de muchos factores: temperatura, calidad de agua, calidad de línea. Las gónadas de las hembras se desarrollan de 7 a 10 días, lo que significa que es antes que la de los machos. (López, 2002).

Cabe mencionar que el tipo de desove es periódico y se lo puede realizar de 5 a 8 veces por año. La nidificación en tilapias generalmente la realiza en el fondo de los estanques, opcionalmente puede o no construir un nido en forma de batea; en estanques de cemento limpia el área del nido. La temperatura de desove en condiciones naturales es mínima 24 °C y máxima 31 °C. Para este proceso de desove el agua debe cumplir ciertas condiciones, pues estos se reproducen en todo tipo de aguas, tanto continentales como salobres; pero su capacidad reproductora disminuye con el aumento de la salinidad. En promedio el número de huevos por desove es de 200 a 2.500 huevos, se alcanza un desove mayor a partir de los 2 años de edad de la hembra. (López, 2002).

Los reproductores tienen una vida útil de 2 a 3 años. El tipo de huevo de las tilapias es bentónico, asociado inicialmente al fondo, presenta una coloración amarillenta si están fertilizados o blanquecina si no son viables. El tiempo de incubación de los huevos la hembra incuba los huevos en la cavidad bucal hasta su eclosión esto puede durar de 3 a 5 días (24 °C a 31 °C). El tiempo de eclosión hasta la reabsorción del saco vitelino es de 3 a 5 días más. (López, 2002).

En tilapias la densidad de siembra de reproductores es de 3 hembras por 1 macho sembrando 2 animales por metro cuadrado. El ciclo de cultivo en condiciones óptimas de temperatura, densidad de siembra, calidad de agua y técnicas de manejo se alcanza 350 gr. de peso promedio en un ciclo de 7 a 8 meses. Depende la zona de desarrollo del cultivo. (López, 2002).

3.2.5 Hábitos Alimenticios

Según Alamilla (2002), todas las Tilapias tienen una tendencia hacia hábitos alimenticios herbívoros, a diferencia de otros peces que se alimentan o bien de pequeños invertebrados o son piscívoros. Las adaptaciones estructurales de las Tilapias a esta dieta son principalmente un largo intestino muy plegado, dientes bicúspides o tricúspides sobre las mandíbulas y la presencia de dientes faríngeos.

El mismo autor menciona que: a pesar de la heterogeneidad en relación a sus hábitos alimenticios y a los alimentos que consumen, las Tilapias se pueden clasificar en tres grupos principales:

a. Especies Omnívoras:

O. mossambicus es la especie que presenta mayor diversidad en los alimentos que ingiere. *O. niloticus*, *O. spilurus* y *O. aureus* presentan tendencia hacia el consumo de zooplancton. (Alamilla, 2002).

b. Especies Fitoplanctófagas:

S. galilaeus y *O. macrochir* son especies que se alimentan principalmente de fitoplancton (algas microscópicas). *S. melanotheron* consume células muertas de fitoplancton, *O. alcalicus* consume algas que crecen sobre la superficie de las piedras y rocas. (Alamilla, 2002).

c. Especies Herbívoras:

T. rendalli, *T. sparmanni* y *T. zillii* consumen vegetación macroscópica. Para poder cortar y rasgar plantas y hojas fibrosas poseen dientes faríngeos especializados, así como un estómago que secreta ácidos fuertes.

Los requerimientos nutricionales al igual que los hábitos alimenticios de los juveniles difieren considerablemente de los adultos. Los juveniles casi siempre son zooplanctófagos (mayor requerimiento de proteína) y posteriormente su alimentación se vuelve fitoplanctófaga o detritívora. (Alamilla, 2002).

3.2.6 Temperamento

Muchas especies son de hábitos territoriales, particularmente durante la temporada de reproducción. Su territorio se observa claramente definido y defendido de los depredadores e intrusos que atacan a sus crías y puede ser fijo o desplazarse a medida que las crías nadan en busca de alimento. (Alamilla, 2002).

3.2.7 Requerimientos Nutricionales

3.2.7.1 Proteína

Popma (1994), afirma que la calidad de la proteína en las raciones de tilapia, se alcanza a niveles de proteína cruda en las dietas de 35-50%, pero económicamente los niveles óptimos en las dietas comerciales para juveniles y adultos son usualmente de entre 25 y 35%. El bajo final del rango de proteína es más apropiado que los niveles subóptimos de DE (dietas con pocos lípidos y/o altos porcentajes de carbohidratos más complejos).

Cabrera *et al.*, (2001), menciona que la tilapia requiere del suministro de un alimento mínimo con 30% de proteínas, se ha determinado que tenores de proteína entre 25 a 45% no afecta la reproducción de la tilapia, el alimento vivo es importante como iniciador del cultivo (pre cría), el óptimo de digestibilidad es a 25°C, Se pueden alimentar las tilapias con dietas sin

harina de pescado siempre y cuando se satisfaga el requerimiento de amino ácidos; en este caso, recomienda entre 28 a 29% de proteínas.

3.2.7.2 Aminoácidos

Rodríguez, (2004), menciona que los aminoácidos actúan como fuente de energía metabólica, desempeñando un papel importante en el metabolismo celular, en el proceso de degradación y glucólisis por el ciclo de krebs lipídico y de carbohidratos. La carencia de algún aminoácido esencial en una dieta suele ser el motivo de un retraso en el crecimiento del pez. Los diez aminoácidos que no son sintetizados por los peces, son conocidos como aminoácidos esenciales y deben ser suministrados en la dieta en cantidades adecuadas como lo muestra la tabla 10:

Tabla 10. Requerimientos de aminoácidos esenciales para tilapias.

Aminoácido	Requerimiento (% P. bruta)
-------------------	--

Arginina	4.2
Histidina	1.7
Isoleucina	3.1
Leucina	3.4
Lisina	5.1
Metionina	2.7
Fenilalanina	3.8
Treonina	3.8
Triptofano	1.0
Valina	2.8

Fuente: Romero (2001), adaptado de Jauncey (1998) En revista Acuicultura # 42

3.2.7.3 Lípidos, vitaminas y minerales:

Popma, (1994), afirma que los lípidos, vitaminas y minerales: en general son las generadoras de fuentes de energía y cumplen también otra serie de funciones nutricionales.

El mismo autor menciona que los requerimientos en minerales no están totalmente estudiados para la especie. El calcio por ejemplo, es obtenido desde el agua a través de las branquias, pero en general se agrega algo de este elemento.

Otras trazas de minerales son derivadas también del agua para satisfacer los requerimientos de estos peces. Sin embargo, debido al relativamente bajo costo de los suplementos minerales en el mercado y como prevención, se agrega un 1% de los existentes en el comercio; especialmente si se objetivan altas producciones. (Popma, 1994).

En cuanto a las vitaminas, ellas incluyen las E, Riboflavina, Acido Pantoténico, Vitamina B12 y vitamina C. Las tilapias no sintetizan las proteínas y deben consumirlas de la dieta, aunque también pueden conseguirlas del alimento natural existente en la columna de agua debido a su habilidad de filtración. Sin embargo, los peces cultivados en sistemas intensivos necesariamente deben ser alimentados con un balanceado nutricionalmente completo y con suplementos vitamínicos. (Popma, 1994).

A continuación se cita la tabla 11, para identificar el complejo vitamínico que requieren estos peces:

Tabla 11. Pre mezcla vitamínica para el enriquecimiento de alimentos procesados para la tilapia.

Vitamina	Cantidad / tonelada de alimento
Vitamina A	5.5 millones UI (activo)
Vitamina D3	2.0 millones UI (activo)
Vitamina E	50000 UI
Vitamina K	10 g
Tiamina (vit. B1)	20 g

Riboflavina (vit B2)	20 g
Piridoxina (vit B6)	10 g

ESTADIO	PROTEINA (%)	LIPIDOS (%)	CARBOHIDRATOS (%)
Alevines	35-50	10	< 25
0,02-2.0 g	25-40	10	25-30
2.0-35.0 g	25-35	6-8	25-30

Niacina (ác. Nicotínico)	100 g
Ácido pantoténico	50 g
Cloreto de colina (70%)	550 g
Ácido fólico	5 g
Vitamina B12	1 g
Biotina	1 g
Inositol	100 g

Fuente: Soluap (1998), Romero (2001).

A continuación se dan los requerimientos nutricionales por estadio de esta especie:

Tabla 12. Requerimientos nutricionales de la Tilapia

De 35 g hasta la cosecha	30-32	6-8	25-30
--------------------------	-------	-----	-------

Fuente: Cabrera, *et al*, (2001)

3.2.7.4 Alimentación complementaria

La alimentación complementaria en el cultivo de tilapia es muy importante para obtener éxito en la explotación a gran escala, pero en algunos lugares no se lleva de una forma sistemática. El mismo hecho de que la tilapia es un animal omnívoro ha provocado que la mayoría de piscicultores utilicen todo tipo de alimentos e inclusive en algunos casos hasta desperdicios de molineras, todos estos subproductos han dado resultados positivos ya que se ha tenido aumento de la producción por encima de los estándares de cada región. (Bardach 1990).

3.2.8 Sistemas de Cultivo

Según Pillay (2002) existen tres principales sistemas de cultivo que son: en estanques, en jaulas flotantes sobre agua salobre o dulce y en tanques y canales, siendo el más importante el cultivo en estanques.

El mismo autor menciona que el cultivo de tilapia en jaulas ha recibido considerable atención, no solo para la producción intensiva sino también como una forma de controlar el

desove natural y la sobrepoblación. Si bien en muchas regiones este sistema aún se encuentra apenas en una fase de experimental, existen explotaciones exitosas en Costa Rica y Filipinas.

3.2.9 Parámetros Físico – Químicos de Cultivo

La tilapia necesita de los siguientes parámetros físico – químicos para su desarrollo:

3.2.9.1 Temperatura:

Según Dueñas (2000), la tilapia necesita temperaturas superiores a 21°C pero lo ideal está entre 25 a 35 °C, fuera de la cual decae la actividad metabólica de los peces. Alamilla (2002), menciona que, prefieren temperaturas elevadas. Por ello su distribución se restringe a áreas cuyas isothermas de invierno sean superiores a los 20°C. El rango natural oscila entre 20° y 30°C, pudiendo soportar temperaturas menores.

3.2.9.2 pH:

Dueñas (2000); Alamilla (2002), concuerdan en que el pH conveniente se encuentra entre 5 - 9, siendo ideal 7.5. Valores fuera de este rango ocasionan aletargamiento, disminución en la reproducción y el crecimiento. Para mantener el pH en este rango, es necesario encalar cuando esté ácido o hacer recambios fuertes de agua y fertilizar cuando este se toma alcalino.

3.2.9.3 Oxígeno disuelto:

Según Dueñas (2000), el oxígeno disuelto en el agua debe ser mayor a 4 ppm. Existe una estrecha relación entre la concentración de oxígeno y la temperatura. En las noches los niveles de oxígeno pueden descender a menos de 2 ppm razón por la cual los peces reducen el metabolismo.

Este parámetro debe ser observado para determinar la densidad de siembra previendo así el recambio de agua necesario o la aireación suplementaria.

3.2.9.4 Alcalinidad y dureza:

Alamilla (2002) afirma que Los efectos de la alcalinidad y de la dureza del agua no son directos sobre los peces, sino más bien sobre la productividad del estanque. Una alcalinidad superior a 175 mg CaCO₃/l (carbonato de calcio por litro) resulta perjudicial, debido a las formaciones calcáreas que se producen y que afectan tanto a la productividad del estanque como a los peces al dañar sus branquias. Una alcalinidad de aproximadamente 75 mg CaCO₃/l se considera adecuada y propicia para enriquecer la productividad del estanque.

Si la dureza con la que cuentan las aguas es de 200 mg/l, esta dureza es muy alta, pero siendo la tilapia un organismo que resiste condiciones extremas es posible que pueda estar sin ningún problema.

Debido a que la dureza depende de los carbonatos presentes en el agua, el único método para poder eliminarla, sería calentando el agua, pero esto es económicamente imposible.

Debemos saber si donde brota el agua se alcanza esa dureza, ya que si no es así, se podrían colocar membranas o algún plástico, que pudiera evitar el contacto del agua con el suelo, ya que podría ser que la dureza se deba a que está en contacto directo con el suelo.

3.2.9.5 Dióxido de carbono (CO₂):

Dueñas (2000), afirma que la concentración de CO₂ en el agua debe ser menor a 20 ppm.

3.2.10 Enfermedades y Parásitos

Bardach, (1990); Pillay, (2002), mencionan que las enfermedades y parásitos son un problema que afecta menos a la tilapia que a muchos peces cultivados. A continuación se cita la tabla 13, indicando las principales enfermedades de la Tilapia.

Tabla 13. Enfermedades causadas por bacterias, hongos y parásitos en Tilapia.

Enfermedades Bacterianas		
Enfermedad	Causa	Síntoma
Septicemia hemorrágica bacteriana (SHB)	Bacterias Gram negativas como: <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Edwardsiella tarda</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Vibrio spp.</i>	Signos de oscurecimiento, exoftalmia, anorexia, y con áreas hemorrágicas en las bases de las aletas pectorales y ventrales, y en la región ocular. A nivel interno, se observa palidez hepática y la presencia de focos hemorrágicos. Necrosis del hígado, corazón, bazo y musculatura esquelética, así como necrosis en el tejido hematopoyético renal.
Estreptococosis	<i>Streptococcus iniae</i>	Signos clínicos semejantes a la SHB.
Tuberculosis micobacteriosis	<i>Mycobacterium chelonae</i> , <i>M. fortuitum</i> y <i>M. marinum</i>	Los peces afectados muestran pequeños granulomas focales en el hígado, bazo y riñón

XLVIII

Columnaris	<i>Flexibacter columnaris</i>	Podredumbre de las aletas, cabeza y/o cuerpo. Las branquias también son afectadas y muestran signos de palidez y necrosis.
Enfermedades Micóticas		
Dermatomicosis	<i>Saprolegnia spp.</i>	Presencia de lesiones de las aletas, boca y piel que son cubiertas por una masa de aspecto algodonoso y de un color blanquecino, blanquecino-grisáceo, o amarillento, que corresponde al micelio del hongo.
Enfermedades Parasitarias		
Ciliados "ich" o "punto blanco",	<i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	Lesiones a nivel de la piel, branquias, faringe y narinas
Flagelados	<i>Ichthyobodo necator</i>	Señales de debilitamiento, las aletas están plegadas, hay opacidad en la piel, las branquias se presentan hiperplásicas con abundante producción de moco.
Crustáceos	<i>Copépodo Caligus spp.</i>	Erosión y hemorragias en la superficie del cuerpo.

Fuente: Conroy, (2000).

3.3 GENERALIDADES DE CACHAMA



Figura 5. Cachama (*Colossoma macropomum*)

3.3.1 Generalidades:

La Cachama es un pez de porte relativamente grande, ampliamente distribuido desde el Orinoco en toda la cuenca amazónica. Ha representado durante muchos años un excelente, abundante y apetecido producto de la [pesca](#) fluvial. La cachama es ampliamente conocida en los países afluentes de la cuenca amazónica, principalmente [Colombia](#), [Brasil](#), [Venezuela](#), así como también en el Ecuador y Perú; ha sido introducida a otros países como [Panamá](#), [Guatemala](#), [Costa Rica](#), Honduras y hasta en algunos países asiáticos como es el caso de [China](#) y Mongolia.

Entre las especies de cachama más importantes económicamente, tenemos: Cachama negra o cherna (*Colossoma macropomum*) y Cachama blanca o morocoto, (*Piaractus brachypomum*). En la pesca natural, se han capturado ejemplares de hasta 45 Kg. (Gonzales, 2004).

3.3.2 Sistemática

Colossoma macropomum pertenece a la subfamilia *Serrasalminae*, incluida dentro de la familia *Serrasalminidae* (Araujo-Lima, 1997 citado por Aliaga 2004). Sin embargo, muchos autores sugieren que estas especies pertenecen a la familia *Characidae* (Ortíz, 1997). La familia *Characidae* es la familia de mayor diversidad de especies de peces de agua dulce en Sudamérica.

En Bolivia y Ecuador, *Colossoma macropomum* es llamado comúnmente “Pacú”. En Brasil y Perú se utiliza la palabra “tambaquí” y muchos de los peces relacionados pero más pequeños que *C. macropomum* son llamados Pacú. En Colombia y Venezuela, *C. macropomum* es llamado “Cachama”, adicionando además un adjetivo: Cachama negra a *C. macropomum*. (Aliaga, 2004).

Colossoma macropomum fue por primera vez descrito a principios del siglo XIX por Cuvier en el año de 1818. El nombre específico *macropomus* usado por Cuvier, está relacionado con el opérculo. *Macropomus* significa opérculo grande en latín. El nombre genérico *Colossoma* significa “Cuerpo sin astas”, en alusión a que *Colossoma macropomum* no tiene la espina predorsal. (Aliaga 2004).

3.3.3 Clasificación Taxonómica

La siguiente clasificación corresponde a Lauzanne & Loubens en el año de 1985:

REINO: Animal

PHYLUM: Chordata

SUBPHYLUM: Vertebrata

SUPERCLASE: Gnathostomata

CLASE: Actinopterygii

ORDEN: Characiformes

FAMILIA: Characidae

SUBFAMILIA: Serrasalminae

GÉNERO: *Colossoma*

ESPECIE: *Colossoma macropomum*

NOMBRE COMÚN: Cachama

3.3.4 Distribución

La Cachama está ampliamente distribuida en los ríos Amazónicos de América del Sur.

Colossoma macropomum se encuentra distribuido en las cuencas del Amazonas y Orinoco. Principalmente en los sistemas de ríos de la Amazonía Central. Sin embargo presenta una mayor distribución en el Río Madera que en otro río tributario de la Cuenca Amazónica. (Aliaga, 2004).

3.3.5 Morfología

Posee una aleta adiposa radiada y puede alcanzar 90 cm de longitud y pesar más de 35 kg. El hueso opérculo y la cabeza son más anchos que los de la Cachama blanca. Tienen entre 84 y 107 branquiespinas en el primer arco branquial que le permite tener una mayor capacidad de filtración de los microorganismos. Ésta puede actuar como filtradora de zooplancton por su gran número de branquiespinas, ocasionalmente puede alimentarse de peces pequeños, insectos, crustáceos, algas filamentosas y plantas acuáticas. No posee dientes maxilares, pero en la mandíbula inferior tiene dientes molariformes, con músculos fuertes con los que quiebra las semillas y las frutas. Es negra en todo el cuerpo, menos en el dorso y a los

lados que es blanquecino, y cambia de color cuando se aproxima la fresa. Externamente, *C. macropomum* se caracteriza por un patrón de coloración verde amarillento negro en todo el cuerpo, excepto en la parte ventral del abdomen que tiende a blanquecino. (Martinez, 1984).

3.3.6 Alimentación

Tanto pacú como tambaquí, poseen fuertes dientes molariformes con los cuales se pueden alimentar de hojas grandes, semillas o frutas que caen de los árboles. (Loubens & Panfili, 2001).

El ciclo de la condición para *Colossoma macropomum* resulta muy claro: rápido engorde durante la presencia de caudales elevados, en donde existe un periodo de alimentación intensiva con frutos y semillas que caen de los árboles, sin embargo el pacú en estado juvenil es omnívoro alimentándose principalmente de frutas, semillas y zooplancton, posteriormente se presenta un adelgazamiento empezando con la decrecida y prolongándose hasta la mitad de la crecida siguiente, en el cual existe un largo ayuno sea total para los adultos sea parcial para los juveniles (Loubens & Panfili, 2001).

3.3.7 Requerimientos Nutricionales

Los peces requieren consumir cierta cantidad de proteínas. Carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales. La deficiencia de uno o más nutrimentos esenciales reduce la tasa de crecimiento, predispone a las enfermedades y ocasiona la muerte del animal.

3.3.7.1 Proteínas y aminoácidos

Son los principales constituyentes del pez (50% de su peso seco), por lo cual debe ser suministrado en altas cantidades durante su crecimiento (22-30%). Los niveles de proteína en la dieta depende de la talla (mucho más proteína en alevines q adultos), si la fuente de proteína carece de algunos aminoácidos esenciales, el crecimiento será lento. (Gonzalez *et al.*, 2006).

A continuación se muestran los requerimientos en aminoácidos esenciales de la cachama

Tabla 14. Aminoácidos esenciales requeridos por la cachama (%)

Aminoácidos esenciales	(%)
Arginina	4,3
Histidina	1,6
Isoleucina	2,2
Leucina	3,2
Lisina	2,3
Metionina	2,3
Fenilalanina	4,1
Treonina	2,2
Triptófano	0,5
Valina	2,8

Fuente: Gonzalez *et al.*, (2006.)

3.3.7.2 Carbohidratos y lípidos

El alimento artificial debe contener una relación aproximada 30 – 30 – 30 de proteínas, lípidos y carbohidratos, la cual será suficiente para obtener una dieta balanceada para la cachama (Gonzalez *et al.*, 2006).

La energía es otra necesidad de los peces para su crecimiento, mantenimiento y funciones reproductivas. Es requerida para realizar cualquier tipo de trabajo, sea mecánico (actividad muscular), químico (construcción y reparación de tejidos) y para mantener el

balance osmótico. La fuente de energía más inmediata son los carbohidratos y las grasas las cuales tienen una eficiencia en el aporte energético de 70 y 90%, respectivamente. (Gonzalez *et al.*, 2006).

3.3.7.3 Vitaminas y minerales

Las vitaminas y minerales, aunque se requieren en pocas cantidades, son muy importantes para el crecimiento de los peces. La tabla 15, muestra los requerimientos de la cachama en cuanto a estos compuestos.

Tabla 15. Cantidades de vitaminas y minerales recomendados en la alimentación artificial de cachama

Vitaminas	Cantidad	Minerales	Cantidad
Vitamina A	500000 UI	Hierro	5,0 mg
Colecalcifenol (vit. D ₃)	100000UI	Cobre	0,3 mg
Alfa tocoferol (vit. E)	5000 UI	Manganeso	2,0 g
Menadiona (vit. K ₃)	1,2 g	Zinc	3,0 g
Acido ascórbico	50 g	Yodo	10,0 g
Tiamina (vit. B ₁)	2,4 g	Cobalto	1,0 mg
Riboflavina (vit. B ₂)	2,5 g	Selenio	10,0 mg
Acido pantoténico	7,0 g		
Niacina	12,0 g		

Piridoxina (vit. B ₆)	2,4 g		
Biotina (vit. H)	24,0 mg		
Acido fólico	400,0 mg		
Cloruro de colina	54,0 mg		
Vitamina B ₁₂	2,4 mg		
Inositol	100 mg		
Antioxidante (BTH)	4,0 mg		

Fuente: Gonzalez *et al.*, (2006.)

3.3.8 Hábitos Alimenticios

La cachama negra puede considerarse como una especie omnívora, puesto que consume zooplancton, insectos, crustáceos y vegetales acuáticos en su [estado](#) natural. (Gonzales, 2004).

Tabla 16. Hábitos Alimenticios de la Cachama

Necesidades nutritivas de la Cachama	Alevín	Juvenil	Adulto
Zooplancton	X	X	
Fitoplancton	X	X	
Crustáceos			X
Insectos		X	X
Vegetales			X

Fuente: Gonzales, (2004)

3.3.9 Hábitos Alimenticios en Condición de Cultivo de Estanque

Cuando la población no es muy elevada, el alimento natural o el producido por medio de fertilización es suficiente; pero conforme los peces crecen se vuelve insuficiente, por lo que hay que alimentarlos en forma directa.

Las Cachamas aceptan una gran variedad de alimento, desde los balanceados comerciales, hasta los naturales como:

- a. Subproductos agrícolas**, harinas, pastas de cereales, oleaginosas, leguminosas, levaduras.
- b. Productos animales**, harinas de carne, hueso, [sangre](#), vísceras, lombrices, gusanos.
- c. Desperdicios agroindustriales**, residuos de ingenios azucareros y de la [industria](#) alimenticia en general. (Gonzales, 2004).

3.3.10 Reproducción

La masa de huevos es de aproximadamente 2 a 8% del peso del cuerpo de la hembra; la edad media de los individuos sexualmente maduros es de 3,5 a 4 años, cuando alcanza cerca de 6,3 Kg; el período de vida es de por lo menos 13 años, habiéndose calculado una expectativa de vida de aproximadamente 17 años. La fecundidad es bastante alta,

aumentando con el tamaño y el peso de la hembra. Individuos con tamaño medio de 80 cm producen cerca de 1,2 millones de ovúlos. El desove se lleva a cabo en las aguas blancas en la época de ascenso del nivel del río; las larvas son desplazadas por la corriente durante 4 a 15 días, recorriendo de 400 a 1300 km; depuse nadan en dirección a los lagos de várzea donde pasan las fases juvenil y pre-adulto. (Salinas & Agudelo, 2000).

3.3.11 Crecimiento

Según Loubens & Panfili, (2001), como consecuencia del ciclo de alimentación de *Colossoma macropomum*, secciones de otolitos permiten estimar con una buena precisión la edad de la mayoría de los individuos y estudiar el crecimiento, el que resulta rápido e igual para ambos sexos hasta la madurez sexual que se alcanza entre los 7 y los 10 años, sin embargo, el crecimiento de los machos es ligeramente más débil. *Colossoma macropomum* puede vivir muchos años, cuarenta años por lo menos.

3.3.12 Comportamiento Migratorio

Según Loubens & Panfili, (2001), las épocas de maduración y reproducción para *Colossoma macropomum* es el siguiente: maduración durante la estación de aguas bajas, durante este período se agrupan en los lagos; mientras que el desove se realiza durante la crecida de los ríos, generalmente en esta época se encuentran esparcidos en la zona de inundación.

Los alevines y los juveniles pasan por lo menos los primeros meses de vida en las zonas de inundación; y finalmente hay un descanso sexual durante la bajada. *Colossoma macropomum* realiza migraciones anádromas de reproducción a fines de Octubre y Noviembre, cuando tienen las gónadas muy desarrolladas.

3.3.13 Selección de los Reproductores en Cachama

El éxito de las labores de cultivo de peces depende en gran parte de una adecuada selección de reproductores. Para poder hacer una primera selección y separarlos por sexo, hembras y machos, es necesario saber distinguirlos. Esta especie alcanza su madurez sexual entre los dos y tres años de vida, hacen su desove cuando hay lluvias, en épocas de agua altas y en ríos torrentosos. (Isaza, 2000).

La Cachama tiene dimorfismo sexual secundario, o sea que es muy fácil distinguirlas porque son diferentes, pero hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

El macho. Se reconocen los machos que ya están maduros cuando al presionar manualmente en el abdomen expulsan líquido espermático. Son fértiles a partir de los tres años de edad, pero se recomienda esperar que el pez llegue a pesar de 4 a 8 kg porque es más fácil el manejo.

Las hembras. Tienen abdomen prominente y papila urogenital rojiza y dilatada, al presionar no les sale materia sexual. La Cachama ha tenido dificultad para reproducirse en cautiverio, por esa razón debe hacerse artificialmente. (Isaza, 2000).

Isaza, (2000), menciona que las características principales que deben presentar los reproductores, para efectuar una reproducción con éxito, son:

- Edad de tres a cuatro años.
- Peso mínimo de 3 kg en los machos.
- En las hembras, un peso máximo de 6 kg.
- Que no manifiesten ninguna enfermedad o malformación.
- Que sean resistentes a las enfermedades.

3.3.14 Parámetros Físico-Químicos de Agua para el Cultivo de la Cachama:

3.3.14.1 Temperatura:

Oscila entre 24-29 °C. Puede tolerar temporalmente temperaturas menores a 22 °C o mayores a 34°C. Sin embargo si permanecen mucho tiempo en bajo estas condiciones los peces se estresan, reducen el consumo de alimento, se tornan susceptibles a enfermedades y mueren en poco tiempo. (Aliaga, 2004).

3.3.14.2 pH:

El rango se encuentra entre 6.5 — 8.5. Optimo pH es de 7.0 para que haya buena producción de plancton. (Aliaga, 2004).

3.3.14.3 Oxígeno disuelto:

Al encontrarse mayor de 4 ppm en el agua para el normal desarrollo del cultivo. Resisten concentraciones menores a 2 ppm pero se afectan mucho los peces, disminuyen el consumo de alimento haciéndolos más susceptibles a enfermedades. (Aliaga, 2004).

3.3.14.4 Alcalinidad:

Debe encontrarse en un nivel mayor de 20, ideal 60 mg/litro equivalentes a Carbonato de Calcio, importantes en la regulación del pH, producción de fitoplancton, producción de oxígeno y turbidez adecuada para el cultivo. (Aliaga, 2004).

3.3.14.5 Dureza:

Lo ideal es que se encuentre en un nivel mayor de 20 mg/litro. (Aliaga 2004).

3.3.14.6 Compuestos nitrogenados (nitritos, nitratos y amonio).

Son productos de la excreción metabólica y tóxica para los peces. Valores de 0.1 mg/lit para nitritos y 0.01 mg/lit de amonio indican perturbación del ciclo normal. Los nitratos son poco tóxicos pero en condiciones anaerobias pueden transformarse en nitritos. (Aliaga, 2004).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS.

4.1. UBICACIÓN POLÍTICA

Provincia : Santo Domingo de los Tsáchilas

Cantón : Santo Domingo

Parroquia : Luz de América

Zona : Luz de América

4.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Esta investigación se llevó a cabo en la Hacienda “Zoila Luz”, de la Parroquia Luz de América, en el Km. 23 de la vía Santo Domingo – Quevedo, en la ciudad de Santo Domingo, Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.



Figura 6. Ubicación Geográfica de Luz de América (Santo Domingo)

Fuente: ECUAIDEAS, (2004).



**Figura 7. Instalaciones del Módulo de
Acuicultura. IASA II (Santo Domingo)**



**Figura 8. Jaulas flotantes usadas en la
investigación. IASA II (Santo Domingo)**

4.3. CARACTERÍSTICAS AGRO CLIMÁTICAS Y DEL CAMPO EXPERIMENTAL:

Temperatura ambiente media	: 26 °C
Altitud	: 270 m.s.n.m.
Precipitación anual	: 2000 - 3000 mm
Humedad relativa	: 90 %
Velocidad del viento	: NNW 4 km/hora
Temperatura del agua media	: 23 a 24 °C
Oxígeno disuelto en el agua	: 4 ppm
pH del agua	: 6,5
Alcalinidad total	: 24 ppm
Amonio	: 2 ppm

4.4. MATERIALES Y EQUIPOS**Tabla 17. Materiales y equipos utilizados en la investigación**

MATERIALES	EQUIPOS
Amaranto	Molino de carne
Arroz	Aspersor de aceite
Polvillo de arroz	Balanza
Harina de pescado	Ictiómetro
Pasta de soya	Cámara fotográfica
Gluten de maíz	Libro de campo

LXVIII

Arrocillo	Kit de medición de parámetros
Trigo	Bomba de agua
Colina	Ventiladores
Aceite de pescado	
Aceite vegetal	
Vitaminas	
Minerales	
Antioxidantes	
Antimicóticos	
Pigmento	
Aminoácidos de síntesis	
Tilapias juveniles	
Cachamas juveniles	
Sacos	
Jaulas de madera (75 m2)	
Baldes	
Desinfectantes	
Mangueras	
Malla alevinera	
Escoba	

4.5. MÉTODOS

4.5.1. Factores de Estudio

En esta investigación, se trabajó con dos especies acuícolas que son: Tilapia y Cachama; se realizaron 5 dietas experimentales con diferentes porcentajes de sustitución de harina de pescado por harina de amaranto, las cuales fueron suministradas a cada especie.

Se evaluaron los siguientes factores:

Especies: T: Tilapia

C: Cachama

Insumos: A: Amaranto

H: Harina de pescado (H.P)

Los niveles de sustitución de A: A1 al 0 %

A2 al 25 %

A3 al 50 %

A4 al 75 %

A5 al 100 %

Los niveles de sustitución de H: H1 al 0 %

H2 al 25 %

H3 al 50 %

H4 al 75 %

H5 al 100 %

4.5.1.1. Tratamientos

Al combinar los factores en estudio: especie (amaranto + harina de pescado) y los cinco niveles de sustitución, se obtiene un total de cinco tratamientos para cada especie.

Tabla 18. Descripción de los tratamientos utilizados en tilapia.

Tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>)	
Tratamientos	Descripción
T1	Control
T2	25% amaranto + 75% H.P
T3	50% amaranto + 50% H.P
T4	75% amaranto + 25% H.P
T5	100% amaranto

Tabla 19. Descripción de los tratamientos utilizados en cachama

Cachama (<i>Colossoma macropomum</i>)	
Tratamientos	Descripción
C1	Testigo
C2	25% amaranto + 75% H.P
C3	50% amaranto + 50% H.P
C4	75% amaranto + 25% H.P
C5	100% amaranto

4.5.2. Procedimiento

4.5.2.1. Diseño experimental**4.5.2.1.1. Tipo de diseño**

En esta investigación se utilizó un diseño completamente al azar (DCA).

4.5.2.1.2. Número de repeticiones

Se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento, dando un total de cinco tratamientos tanto para Tilapia como para Cachama.

4.5.2.2. Características de las unidades experimentales

Número de jaulas : 28

Animales por unidad experimental : 10 en tilapias y 7 en cachamas

Volumen por unidad experimental : 1 m³

4.5.2.3. Análisis estadístico

Tabla 20. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	14
Repeticiones	2
Tratamientos	4
Error	8

4.5.2.3.1. Coeficiente de variación

$$CV\% = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \times 100$$

Donde: CME = Cuadrado Medio del Error.

\bar{X} = Media General del Experimento.

CV = Coeficiente de Variación en %.

4.5.2.3.2. Análisis funcional

Para el análisis de varianza 1:

Prueba de Scheffe para tratamientos y para las comparaciones entre tratamientos.

4.5.2.3.3. Variables evaluadas

Las variables evaluadas durante el experimento fueron: factor de conversión alimenticia, tasa de crecimiento específico, índice de condición, ganancia de peso, y alimento consumido.

A los datos obtenidos del experimento se les aplicaran formulas para calcular el Factor de Conversión Alimenticia, la Tasa de Crecimiento Especifica y el Indice de Condición.

- **TCE (% / día)** = $[\text{Ln } W_{xf} - \text{Ln } W_{xi}/t \text{ (días)}] \times 100$;

donde:

W_{xf} = peso final (g)

W_{xi} = peso inicial (g)

t = días de crianza

- **FCA** = Total de alimento Ingerido / Biomasa ganada+ $[(W_{xf} + W_{xi} / 2) \times \text{animales muertos}]$
- **IC** = $(p / L^3) \times 100$

donde:

p = peso de los peces con vísceras (g)

L = longitud total (cm)

4.5.2.4. Análisis Económico

El tipo de análisis económico a utilizarse es el presupuesto parcial según el método de Perrin *et al.*, para lo cuál se tomará todos los costos variables de cada uno de los tratamientos.

4.5.2.5. Obtención de la materia prima

El amaranto que se utilizó fue el “INIAP – Alegría”, que fue adquirido en INIAP (Santa Catalina).

a. Formulación del balanceado

Se realizó un perfil aminoacídico y de tipología de grasa del amaranto, con estos datos, formulamos cuatro balanceados a base de amaranto, sustituyendo la proteína animal por la vegetal y equilibrando el perfil aminoacídico con la adición de aminoácidos (lisina y metionina).

Se realizó cuatro niveles de sustitución de amaranto, con la finalidad de saber que nivel de sustitución y a que niveles de sustitución es mejor tanto en tilapia como en Cachama.

Todos los balanceados que se utilizaron en esta investigación para la alimentación de tilapia y cachama se manejaron a un porcentaje del 28 % de proteína.

La elaboración del balanceado se realizó en la ciudad de Riobamba en la fábrica de balanceados Potenza, para el cuál se realizaron el siguiente procedimiento:

Se trituró cada uno de los elementos que forman parte del balanceado en el molino, ya que se encontraban en grano entero y la trituración facilita la mezcla de los ingredientes. Previo a la mezcla de las materias primas los elementos fueron pesados de acuerdo a la formulación, entonces se añadió una a una hacia la mezcladora para obtener una mezcla uniforme.

Una vez realizada la mezcla, esta fue ingresada al tambor de asperción, el cuál gira y en su interior tiene una flauta con microaspersión por donde el aceite es pulverizado tratando que se disperse en toda la mezcla, el aceite es previamente calentado a 35 – 40 °C (máximo).

Una vez realizado este proceso el balanceado queda en forma de polvo y el siguiente procedimiento es la peletización, la cuál lo realizamos en forma artesanal con la utilización del molino de carne; colocando la mezcla en el molino y sale por el otro extremo en forma de pellets alargados.



Figura 9. Mezcla del balanceado

listo para el proceso de pelletización



Figura 10. Pelletización del balanceado

El siguiente procedimiento es el secado, se realizó con la utilización de la estufa y de ventiladores expuestos al medio ambiente. Una vez realizados todos estos procesos el balanceado es ensacado y está listo para ser utilizado.



Figura 11. Secado del balanceado en la estufa



Figura 12. Secado con ventiladores

Tabla 21. Formulación de dietas experimentales en base de Amaranto.

Ingrediente	Control	A 25%	A 50%	A 75%	A 100%
Pescado 60%	240,00	180,00	120,00	60,00	-
Amaranto	-	60,00	120,00	180,00	240,00
Trigo 12%	250,00	194,74	134,25	118,10	50,54
Polvillo arroz	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Arroz	225,89	195,38	169,99	38,02	29,61
Soya 48%	155,91	233,87	312,07	396,39	473,61
Aceite de pescado	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00
Aceite palma	15,00	17,81	20,49	40,00	40,00
Antimicótico	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Aintioxidante	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Vit-inic-truchas	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Fosfato 18/20	-	-	-	8,17	17,88
Calcio 38%	-	-	-	31,12	15,15
USA TM ⁻¹	379,50	386,27	393,29	400,54	412,60

Tabla 22. Análisis calculado¹ de dietas experimentales en base de Amaranto. MCKG-%.

Nutrientes	Control	A 25%	A 50%	A 75%	A 100%
E. Peces	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900

Proteína total	28,090	28,100	28,100	28,100	28,100
Fibra	2,084	2,374	2,654	2,979	3,252
Grasa	6,832	7,420	7,991	10,216	10,523
Cenizas	6,855	6,133	5,401	8,575	7,074
Fósforo total	1,164	1,027	0,889	0,893	0,930
Fósforo asim	0,875	0,701	0,527	0,500	0,500
Calcio	1,599	1,239	0,879	1,865	1,093
Arginina	1,760	1,842	1,924	2,004	2,085
Lisina total	1,731	1,703	1,676	1,653	1,624
Metionina	0,572	0,534	0,496	0,458	0,419
Met + Cis	0,914	0,899	0,884	0,874	0,858
Triptófano	0,320	0,333	0,346	0,358	0,370
Treonina	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050
Histidina	0,656	0,675	0,693	0,715	0,733
Isoleucina	1,226	1,251	1,275	1,300	1,324
Leucina	2,101	2,115	2,130	2,135	2,150
Feni+tiro	2,071	2,099	2,125	2,178	2,199
Valina	1,375	1,384	1,393	1,389	1,401
Sodio	0,204	0,161	0,118	0,078	0,035

¹ Nutrion 5®

b. Animales

Las Tilapias para la investigación se obtuvieron directamente desde la provincia del Guayas, desde la empresa PRODUMAR y las Cachamas se obtuvieron desde la provincia de

Sucumbíos, desde la empresa PECES TROPICALES, se adquirieron en alevines para luego darles una crianza y adaptación adecuada hasta su estadio de juvenil.

Se instaló la investigación cuando estos animales tenían un peso promedio de 52.78 ± 4.9 (g) en el caso de Tilapia y de 87.20 ± 3.78 (g) en el caso de Cachama. En Tilapia se trabajó con 10 unidades de observación por unidad experimental, con un total de 150 peces; y en Cachama se trabajó con 7 unidades de observación por unidad experimental, con un total de 105 peces.



Figura 13. Juveniles de Tilapia

c. Jaulas

Las jaulas diseñadas para realizar esta investigación, fueron construidas de forma rectangular con 1 m³ de capacidad, con la finalidad de facilitar la limpieza, realizada manualmente.



Figura 14. Infraestructura de las jaulas

d. Alimentación

La ración alimenticia diaria fue calculada con tablas de alimentación de Piscis. La alimentación se realizó 5 veces al día con un intervalo de 2 horas, se realizaba el pesaje a diario del alimento a suministrarse y por último se pesó el desperdicio diario de alimento.



Figura 15. Alimentación de peces

e. Limpieza

El agua utilizada en esta investigación es naturalmente proveniente de una vertiente natural que esta represada, por lo cuál arrastra consigo una cantidad considerable de desechos que se acumulan en la salida del estero, además por ser natural se da la presencia masiva de algas macroscópicas que se las limpió constantemente.

Las jaulas fueron limpiadas cada semana ya que había presencia de fitoplancton con mayor incidencia en las jaulas de cachama debido a que no son fitoplanctofagos.

Tres veces por semana se hacia un recambio masivo de agua, abriendo la compuerta de desfogue y luego cerrando para que se pueda realizar el recambio de debidamente.



Figura 16. Limpieza de jaulas

f. Muestreo

Los muestreos se realizaron cada 15 días, tomando en consideración el peso del animal, largo total, largo parcial y ancho total en cada una de las repeticiones y con cada unidad de observación. En total se realizaron 8 pesajes desde el día de la instalación. La cosecha se la realizó en la fecha del último muestreo y pesaje de los animales, con un total de 112 días desde el 21 de Septiembre del 2007 hasta el 10 de enero del 2008.



**Figura 17. Medición de longitud total,
longitud parcial y ancho total.**



Figura 18. Medición de peso.

IX. RESUMEN

El amaranto es una alternativa no solo para la alimentación humana sino también animal. Ya que este cultivo andino presenta características nutritivas excepcionales no solo por su contenido proteico sino también por el adecuado balance de los aminoácidos y minerales que contiene.

Esta investigación se realizó con un diseño experimental completamente aleatorio para conocer el efecto de reemplazar la proteína de la harina de pescado por la del amaranto sobre el crecimiento de tilapia (*Oreochromis sp.*) y cachama (*Colossoma macropomum*). Se elaboraron cinco balanceados con diferentes niveles de sustitución para reemplazar 0, 25, 50, 75 y 100% de la proteína de la harina de pescado por la proteína de amaranto.

Las cinco dietas fueron asignadas aleatoriamente a 14 jaulas flotantes en tilapia y 14 en cachama (1 m³ c/u), fueron sembradas 10 tilapias y 7 cachamas por cada unidad experimental, alimentadas 5 veces al día, durante 105 días. Se midieron diferentes variables que fueron peso, longitud total, longitud parcial, ancho total, tasa de crecimiento específico (TCE), factor de conversión alimenticia (FCA), índice de condición corporal (IC), alimento consumido y ganancia de peso.

En cachama se puede reemplazar hasta un 50% la harina de pescado sin afectar el crecimiento ni la sobrevivencia de los animales. En tilapia no funciona reemplazar la harina de pescado por harina de amaranto.

V. RESULTADOS

5.1. PARÁMETROS ABIÓTICOS

El experimento se llevó a cabo bajo las siguientes condiciones: temperatura de $23,5 \pm 1$ °C, oxígeno disuelto 3 ± 0.5 ppm, pH $6,5 \pm 0.5$.

5.2. EVALUACIÓN DE LA TILAPIA

5.2.1. Parámetros Comerciales

5.2.1.1. Peso

En la tabla 23, se observa la evolución del crecimiento en cada muestreo, mostrando el mayor crecimiento el tratamiento T1 (control) con 115,76 g. al peso final y el mejor tratamiento en comparación al control fue el tratamiento T5 (100% amaranto) con 99,70 g. al peso final. (Figura 19).

Tabla 23. Evolución del peso promedio en cada muestreo de tilapia (g)

Tra t	20/09/0 7	06/10/0 7	22/10/0 7	06/11/0 7	26/11/0 7	11/12/0 7	26/12/0 7	10/01/0 8
T1	49,20	62,20	73,33	78,20	91,87	100,95	106,80	115,76
T2	53,20	56,10	63,70	68,10	77,60	87,04	90,18	94,30
T3	51,93	56,07	64,33	68,33	78,07	86,87	89,93	92,53
T4	52,53	57,53	63,93	67,80	81,20	86,06	85,93	88,89
T5	57,07	57,94	72,78	74,20	86,80	92,00	97,10	99,70

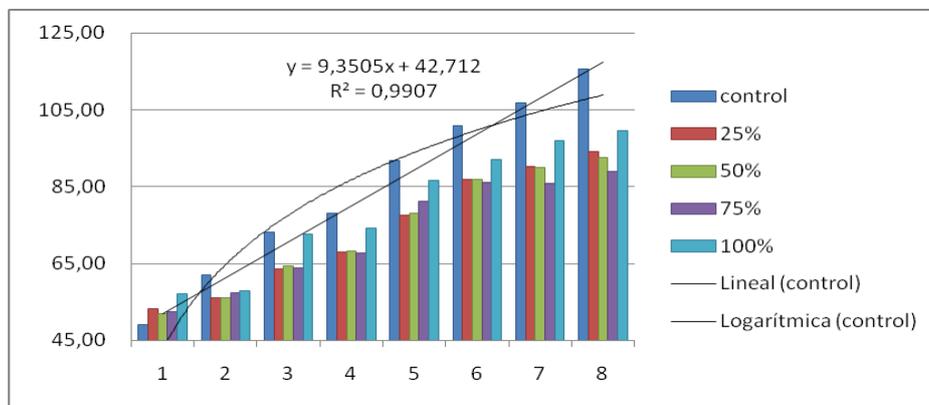


Figura 19. Evolución del peso en cada muestreo de tilapia (g)

La tabla 24, indica que en el primer muestreo se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, mostrándose como mejor tratamiento la dieta T5 (100% amaranto), como se muestra en la tabla 25. Los demás muestreos no muestran diferencias significativas. (Ver anexo A).

Tabla 24. Análisis de varianza del peso promedio en el primer muestreo (día 1) en tilapia.

F.V.	gl	CM	p-valor
Modelo	4	24,06	0,002
Tratamiento	4	24,06	0,002 *
Error	9	2,32	
Total	13		
X (g)		52,79	
CV %		2,89	

*: significativo

Tabla 25. Promedios y rangos (Duncan 5%) para el peso promedio

Tratamiento	Medias
T5	57,07 a
T2	53,20 b
T4	52,53 b
T3	51,93 bc
T1	49,20 c

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

5.2.1.2. Longitud total

La tabla 26, muestra la longitud total de los peces de acuerdo a cada muestreo, mostrando la mayor longitud el tratamiento T1 (control) con 18,46 cm. en el último muestreo y el mejor tratamiento en comparación al control fue el tratamiento T5 (100% amaranto) con 18,28 cm. (Figura 20).

Tabla 26. Longitud total promedio en cada muestreo de tilapia (cm)

Trat	20/09/07	06/10/07	22/10/07	06/11/07	26/11/07	11/12/07	26/12/07	10/01/08
T1	14,56	15,55	15,92	16,33	17,12	17,77	18,26	18,46
T2	14,56	15,28	15,65	15,80	16,88	17,35	17,65	17,87
T3	14,56	15,37	15,63	15,77	16,80	17,50	17,50	17,89
T4	14,56	15,50	15,33	15,73	16,23	17,23	16,77	17,51
T5	14,56	15,48	16,03	16,16	17,10	17,53	18,00	18,28

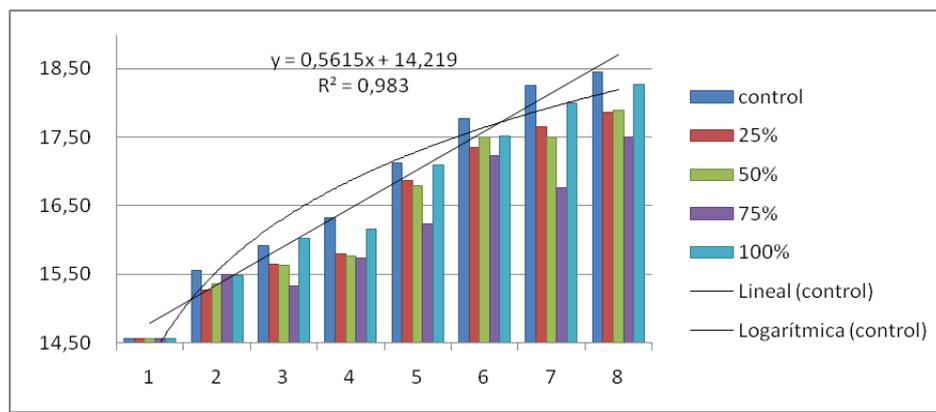


Figura 20. Longitud total en cada muestreo de tilapia (cm)

La tabla 27, indica que en el segundo muestreo (día 15) existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, el mejor tratamiento

fue T1 (control), como se muestra en la tabla 28. En los demás muestreos no se observaron diferencias significativas. (Ver anexo B).

Tabla 27. Análisis de varianza de longitud total en el segundo muestreo (día 15) en tilapia.

F.V.	gl	CM	p-valor
Modelo	4	0,03	0,0433
Tratamiento	4	0,03	0,0433 *
Error	9	0,01	
Total	13		
X (cm)		15,44	
CV %		0,58	

*: significativo

Tabla 28. Promedios y rangos (Duncan 5%) para longitud total

Tratamiento	Medias
T1	15,55 a
T4	15,50 ab
T5	15,48 ab
T3	15,37 bc
T2	15,28 c

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

5.2.1.3. Longitud parcial

La tabla 29, muestra la longitud parcial de los peces en cada muestreo, la mayor longitud parcial se obtuvo en el tratamiento T1 (control) con 15,58 cm. en el último muestreo y el mejor tratamiento en comparación al control fue el tratamiento T5 (100% amaranto) con 15,48 cm. (Figura 21).

Tabla 29. Longitud parcial promedio en cada muestreo de Tilapia (cm)

Trat	20/09/07	06/10/07	22/10/07	06/11/07	26/11/07	11/12/07	26/12/07	10/01/08
T1	11,63	12,60	12,93	13,72	14,46	15,24	15,37	15,58
T2	11,63	12,48	12,70	13,18	14,33	14,65	14,85	15,07
T3	11,63	12,47	12,74	13,28	14,25	14,70	14,90	15,18
T4	11,63	12,53	12,47	13,23	14,37	14,62	14,47	14,85
T5	11,63	12,61	12,94	13,40	14,63	15,08	15,25	15,48

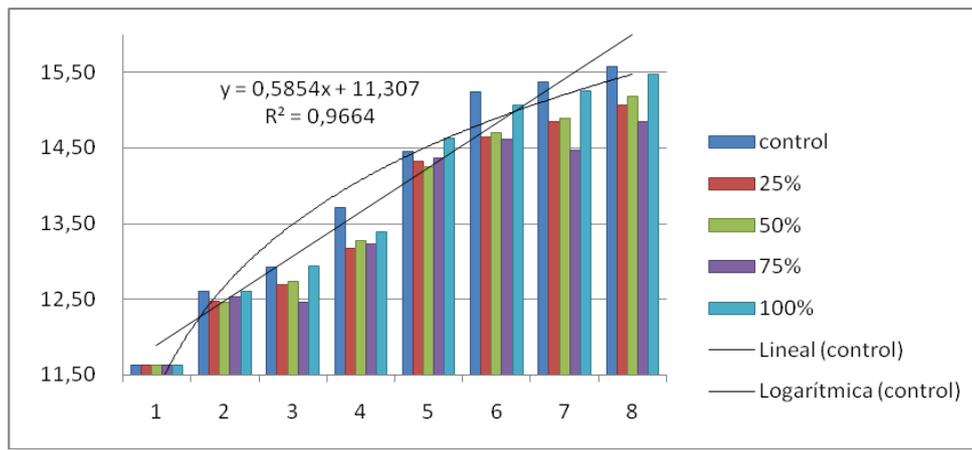


Figura 21. Longitud parcial en cada muestreo de Tilapia

Los resultados de longitud parcial en tilapia, no mostraron diferencias significativas entre los muestreos de la investigación. (Ver anexo C).

5.2.1.4. Ancho total

La tabla 30, muestra el ancho total de los peces en cada muestreo, observándose el mayor ancho total en el tratamiento T1 (control) con 7,77 cm. en el último muestreo y el mejor tratamiento en comparación al control fue el tratamiento T5 (100% amaranto) con 7,58 cm. (Figura 22).

Tabla 30. Ancho total promedio en cada muestreo de tilapia (cm)

Trat	20/09/07	06/10/07	22/10/07	06/11/07	26/11/07	11/12/07	26/12/07	10/01/08
T1	5,81	5,91	6,15	6,38	7,19	7,55	7,67	7,77
T2	5,81	5,88	6,03	6,05	6,83	7,25	7,30	7,35
T3	5,81	5,87	5,92	6,18	7,07	7,32	7,38	7,43
T4	5,81	5,89	5,93	6,10	6,85	7,17	7,29	7,38
T5	5,81	5,89	6,18	6,18	7,18	7,33	7,46	7,58

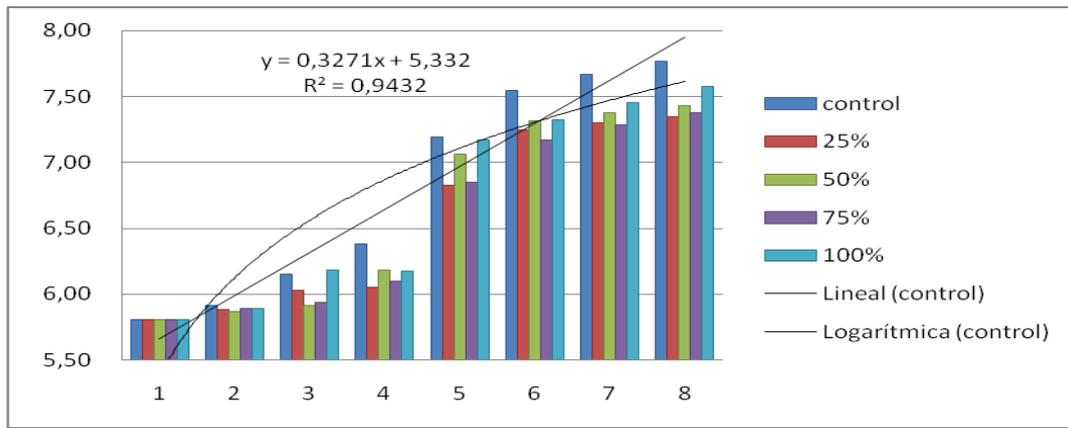


Figura 22. Ancho total en cada muestreo de tilapia

Los resultados de ancho total en tilapia, no mostraron diferencias significativas entre los muestreos de la investigación. (Ver anexo D).

5.2.2. Parámetros Productivos

5.2.2.1. Tasa de Crecimiento Específica (TCE)

La tabla 31, muestra el análisis de varianza para la tasa de crecimiento específico, donde no se observan diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 31. Análisis de varianza para TCE en tilapia. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.

F.V.	gl	CM	p-valor
Modelo	4	0,05	0,0732
Trat	4	0,05	0,0732 ns
Error	10	0,02	
Total	14		
X (%/día)		0,58	
CV %		21,41	

ns: no significativo

En la tabla 32, se muestran los promedios de los tratamientos, de los cuales la más alta TCE es el tratamiento T1 (control), mientras que el más bajo TCE es el tratamiento T4 (75% amaranto+25% harina de pescado). Aunque no se encuentran diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos, el análisis Duncan (5%) muestra que el tratamiento T1 (control) es diferente al resto de tratamientos.

Tabla 32. Promedios y rangos (Duncan 5%) para TCE en tilapia.

Trat	Medias
T1	0,80 a
T3	0,55 b
T2	0,54 b
T5	0,52 b
T4	0,50 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

5.2.2.2. Factor de Conversión Alimenticia (FCA)

La tabla 33, muestra el análisis de varianza para el factor de conversión alimenticia, donde se observan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 33. Análisis de varianza para FCA en tilapia. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.

F.V.	gl	CM	p-valor
Modelo	4	6,25	0,0336
Trat	4	6,25	0,0336*
Error	10	1,55	
Total	14		
X (g/kg)		6,17	
CV %		20,19	

*: significativo

En la tabla 34, se muestran los promedios de los tratamientos, de los cuales el más alto FCA es el tratamiento T3 (50% amaranto+50% harina de pescado), mientras que el más bajo y mejor FCA es el tratamiento T5 (100% amaranto). El análisis Duncan (5%) muestra que el tratamiento T5 (100% amaranto) es diferente al resto de tratamientos.

Tabla 34. Promedios y rangos (Duncan 5%) para FCA en tilapia.

Trat	Medias
T3	7,48 a
T4	7,42 a
T2	6,53 a
T1	5,27 ab
T5	4,14 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

5.2.2.3. Índice de Condición (IC)

La tabla 35, muestra el análisis de varianza para el índice de condición, donde no se observan diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 35. Análisis de varianza para IC en tilapia. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.

F.V.	gl	CM	p-valor
Modelo	4	0,02	0,2061
Trat	4	0,02	0,2061 ns
Error	10	0,01	
Total	14		
X		1,67	
CV %		6,63	

ns: no significativo

En la tabla 36, se muestran los promedios de los tratamientos, de los cuales el más alto y mejor IC es el tratamiento T1 (control), mientras que el más bajo IC es el tratamiento T3 (50% amaranto+50% harina de pescado). El análisis Duncan (5%), no muestra diferencias entre los tratamientos.

Tabla 36. Promedios y rangos (Duncan 5%) para IC en tilapia.

Trat	Medias
T1	1,82 a
T4	1,66 a
T2	1,65 a
T5	1,62 a
T3	1,61 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

5.2.2.4. Alimento consumido

La tabla 37, muestra el análisis de varianza de alimento consumido; no se presentan diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 37. Análisis de varianza para alimento consumido en tilapia. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.

F.V.	gl	CM	p-valor
Modelo	4	2638,79	0,2739
Trat	4	2638,79	0,2739 ns
Error	10	1758,13	
Total	14		
X (g)		298,01	
CV %		14,07	

ns: no significativo

En la tabla 38, se muestran los promedios de los tratamientos, observándose mayor cantidad de alimento consumido en el tratamiento T1 (control), aunque su conversión alimenticia no fue la mejor, así mismo se muestra que los animales que consumieron el tratamiento T5 (100% amaranto), mostraron el menor consumo de alimento. El análisis Duncan (5%) muestra que el tratamiento T1 (control) es diferente al resto de tratamientos.

Tabla 38. Promedios y rangos (Duncan 5%) para A. consumido en tilapia.

Trat	Medias
T1	348,61 a
T3	293,24 a
T2	291,12 a
T4	286,62 a
T5	270,47 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

5.2.2.5. Ganancia de peso

La tabla 39, muestra el análisis de varianza para ganancia de peso, donde no se observan diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos.

Tabla 39. Análisis de varianza para ganancia de peso en tilapia. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.

F.V.	gl	CM	p-valor
Modelo	4	434,49	0,1358
Trat	4	434,49	0,1358 ns
Error	10	192,96	
Total	14		
X (g)		45,42	
CV %		30,58	

ns: no significativo

En la tabla 40, se muestran los promedios de los tratamientos, donde la más alta y mejor ganancia de peso se observa en el tratamiento T1 (control), mientras se observa baja ganancia de peso en el tratamiento T2 (25% amaranto+75% harina de pescado). El análisis Duncan (5%) muestra que el tratamiento T1 (control) es diferente al resto de tratamientos.

Tabla 40. Promedios y rangos (Duncan 5%) para ganancia de peso en tilapia.

Trat	Medias
T1	66,56 a
T5	42,50 ab
T2	41,10 ab
T3	40,60 ab
T4	36,36 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

5.3. EVALUACIÓN DE CACHAMA

5.3.1. Parámetros Comerciales

5.3.1.1. Peso

En la tabla 41, se observa la evolución del crecimiento en cada muestreo, observándose el mayor crecimiento el tratamiento 1 (control) con 258,55 g. al peso final y el mejor tratamiento en comparación al control fue el tratamiento 3 (50% amaranto+50% harina de pescado) con 231,34 g. al peso final. (Figura 23).

Tabla 41. Evolución del peso promedio en cada muestreo de cachama (g)

Trat	20/09/07	06/10/07	22/10/07	06/11/07	26/11/07	11/12/07	26/12/07	10/01/08

C1	88,38	103,52	115,34	125,81	165,62	205,43	234,38	258,55
C2	83,00	105,72	123,29	117,33	146,67	177,56	195,56	207,78
C3	86,19	99,61	115,46	117,67	152,57	191,72	215,62	231,34
C4	84,48	93,00	109,81	117,24	155,60	186,95	203,03	221,06
C5	89,05	94,57	110,48	114,43	153,43	185,00	206,86	226,72

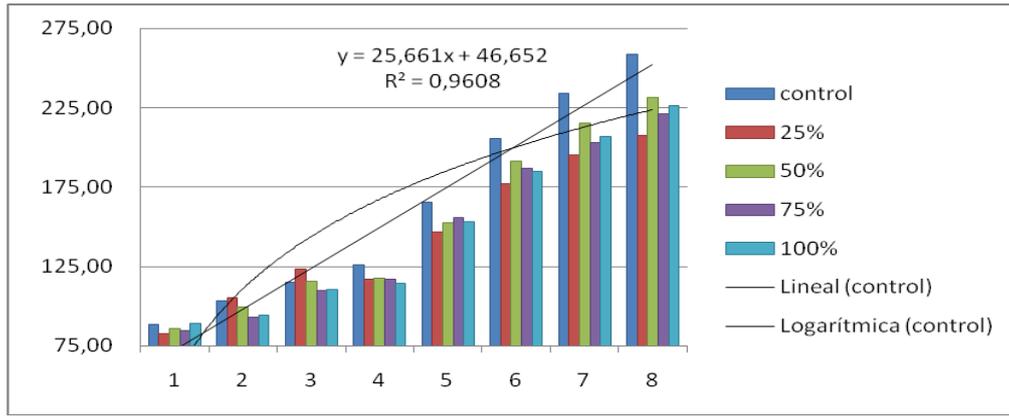


Figura 23. Evolución del peso en cada muestreo de cachama

Los resultados de peso promedio en cachama, no mostraron diferencias significativas entre los muestreos de la investigación. (Ver anexo E).

5.3.1.2. Longitud total

La tabla 42, muestra la longitud total de los peces de acuerdo a cada muestreo, mostrando la mayor longitud el tratamiento 1 (control) con 24,17 cm. en el último muestreo y el mejor tratamiento en comparación al control fue el tratamiento 4 (75% amaranto+25% harina de pescado) con 23,42 cm; sin embargo no existen diferencias significativas entre los tratamientos. (Figura 24).

Tabla 42. Longitud total promedio en cada muestreo de cachama (cm)

Trat	20/09/07	06/10/07	22/10/07	06/11/07	26/11/07	11/12/07	26/12/07	10/01/08
C1	14,56	17,26	18,51	19,14	21,20	22,40	23,61	24,17
C2	14,56	17,25	18,71	18,60	20,33	21,33	22,33	22,67
C3	14,56	17,17	18,29	19,18	20,67	21,86	22,99	23,15
C4	14,56	17,05	18,02	18,67	20,79	21,80	22,99	23,42
C5	14,56	16,98	18,00	18,71	20,62	21,74	22,68	23,15

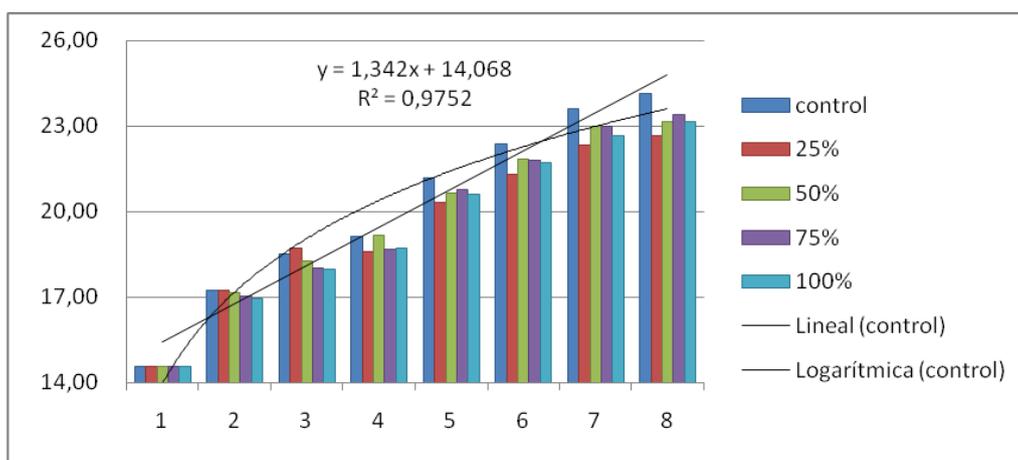


Figura 24. Longitud total en cada muestreo de cachama

Los resultados de longitud total en cachama, no mostraron diferencias significativas entre los muestreos de la investigación. (Ver anexo F).

5.3.1.3. Longitud parcial

La tabla 43, muestra la longitud parcial de los peces en cada muestreo, mostrando la mayor longitud parcial el tratamiento 1 (control) con 18,49 cm. en el último muestreo y el mejor tratamiento en comparación al control fue el tratamiento 4 (75% amaranto+25% harina de pescado) con 17,89 cm, sin mostrar diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 25).

Tabla 43. Longitud parcial promedio en cada muestreo de cachama (cm)

Trat	20/09/07	06/10/07	22/10/07	06/11/07	26/11/07	11/12/07	26/12/07	10/01/08
C1	11,63	13,98	14,14	15,24	16,38	17,09	18,07	18,49
C2	11,63	13,97	14,32	14,80	15,66	16,33	17,38	17,68
C3	11,63	13,84	14,08	14,99	15,89	16,78	17,81	17,88
C4	11,63	13,64	13,90	14,88	16,00	16,62	17,46	17,89
C5	11,63	13,74	13,89	14,82	15,86	16,54	17,68	17,80

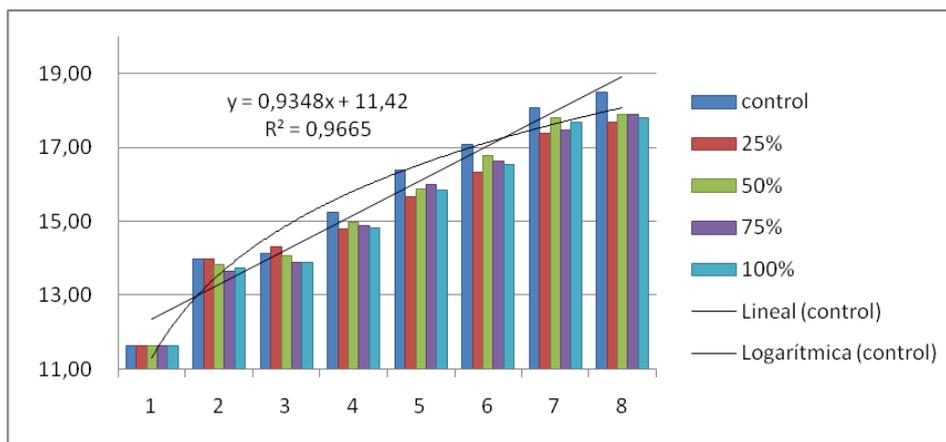


Figura 25. Longitud parcial en cada muestreo de cachama

Los resultados de longitud parcial en cachama, no mostraron diferencias significativas entre los muestreos de la investigación. (Ver anexo G).

5.3.1.4. Ancho total

La tabla 44, muestra el ancho total de los peces en cada muestreo, observando el mayor ancho total el tratamiento 1 (control) con 9,51 cm. en el último muestreo y el mejor tratamiento en comparación al control fue el tratamiento 5 (100% amaranto) con 9,06 cm, aún así no se presentan diferencias significativas. (Figura 26).

Tabla 44. Ancho total promedio en cada muestreo de cachama (cm)

Trat	20/09/07	06/10/07	22/10/07	06/11/07	26/11/07	11/12/07	26/12/07	10/01/08
C1	5,81	7,16	7,21	7,85	8,62	8,97	9,40	9,51
C2	5,81	7,14	7,39	7,72	8,16	8,38	8,72	8,79

C3	5,81	7,08	7,20	7,79	8,35	8,59	8,90	9,00
C4	5,81	6,95	7,23	7,77	8,36	8,57	8,89	9,05
C5	5,81	6,95	7,14	7,68	8,29	8,47	8,84	9,06

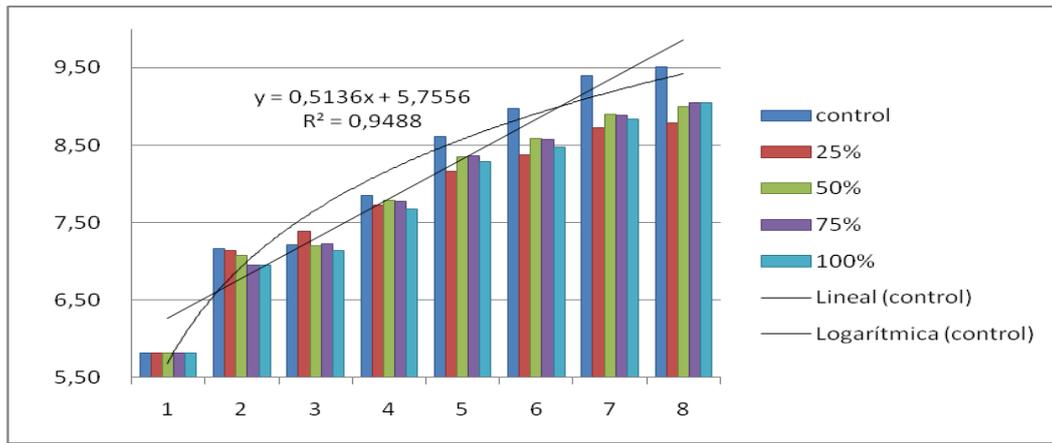


Figura 26. Ancho total en cada muestreo de cachama

Los resultados de ancho total en cachama, no mostraron diferencias significativas entre los muestreos de la investigación. (Ver anexo H).

5.3.2. Parámetros Productivos

5.3.2.1. Tasa de Crecimiento Específico (TCE)

La tabla 45, muestra el análisis de varianza para la tasa de crecimiento específico, donde no se observan diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 45. Análisis de varianza para TCE en cachama. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.

F.V.	gl	CM	p-valor
Modelo	4	0,01	0,2717
Trat	4	0,01	0,2717 ns
Error	10	0,01	
Total	14		
X (%/día)		0,92	
CV %		9,76	

ns: no significativo

En la tabla 46, se muestran los promedios de los tratamientos, de los cuales la más alta TCE es el tratamiento C1 (control), mientras que el más bajo TCE es el tratamiento C4 (75% amaranto+25% harina de pescado). Aunque no

se encuentran diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos. El análisis Duncan (5%), no muestra diferencias entre los tratamientos.

Tabla 46. Promedios y rangos (Duncan 5%) para TCE en cachama.

Trat	Medias
C1	1,02 a
C3	0,94 a
C4	0,91 a
C5	0,91 a
C2	0,84 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

5.3.2.2. Factor de conversión alimenticia (FCA)

La tabla 47, muestra el análisis de varianza para el factor de conversión alimenticia, donde se observan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 47. Análisis de varianza para FCA en cachama. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.

F.V.	gl	CM	p-valor
Modelo	4	0,81	0,0113
Trat	4	0,81	0,0113 *
Error	10	0,14	
Total	14		
X (g/kg)		3,39	
CV %		11,09	

*: significativo

En la tabla 48, se muestran los promedios de los tratamientos, de los cuales el más alto FCA es el tratamiento C2 (25% amaranto+75% harina de pescado), mientras que el más bajo y el mejor FCA es el tratamiento C3 (50% amaranto+50% harina de pescado). El análisis Duncan (5%) indica que la dieta C2 (25% amaranto+75% harina de pescado), muestra diferencias entre los tratamientos.

Tabla 48. Promedios y rangos (Duncan 5%) para FCA en cachama.

Trat	Medias
C2	4,28 a
C5	3,36 b
C4	3,18 b
C1	3,14 b
C3	2,97 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

5.3.2.3. Índice de Condición (IC)

La tabla 49, muestra el análisis de varianza para el índice de condición, donde no se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos.

Tabla 49. Análisis de varianza para IC en cachama. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.

F.V.	gl	CM	p-valor
Modelo	4	0,01	0,7224

Trat	4	0,01	0,7224 ns
Error	10	0,01	
Total	14		
X		1,80	
CV %		6,34	

ns: no significativo

En la tabla 50, se muestran los promedios de los tratamientos, de los cuales el más alto y mejor IC es el tratamiento C3 (50% amaranto+50% harina de pescado), mientras que el más bajo IC es el tratamiento C4 (75% amaranto+25% harina de pescado). El análisis Duncan (5%) indica que no existen diferencias entre los tratamientos.

Tabla 50. Promedios y rangos (Duncan 5%) para IC en cachama.

Trat	Medias
C3	1,85 a
C1	1,83 a
C5	1,82 a
C2	1,78 a
C4	1,73 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

5.3.2.4. Alimento Consumido

La tabla 51, muestra el análisis de varianza para el alimento consumido, donde se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

Tabla 51. Análisis de varianza para alimento consumido en cachama. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.

F.V.	gl	CM	p-valor
Modelo	4	5301,04	0,0287
Trat	4	5301,04	0,0287 *
Error	10	1243,44	
Total	14		
X (g)		489,47	
CV %		7,20	

*: significativo

En la tabla 52, se muestran los promedios de los tratamientos, de los cuales el tratamiento que consumió mayor cantidad de alimento es la dieta C2 (25% amaranto+75% harina de pescado), aunque no obtuvo el mejor factor de conversión; mientras que el tratamiento que consumió menor cantidad de alimento fue C4 (75% amaranto+25% harina de pescado). El análisis Duncan (5%) muestra que la dieta C2 es diferente a los demás tratamientos.

Tabla 52. Promedios y rangos (Duncan 5%) para A. consumido en cachama.

Trat	Medias
C2	546,01 a
C1	523,11 ab
C3	461,92 b
C5	461,11 b
C4	455,18 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

5.3.2.5. Ganancia de Peso

La tabla 53, muestra el análisis de varianza para la ganancia de peso, donde no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 53. Análisis de varianza para ganancia de peso en cachama. Luz de América, Santo Domingo – Santo Domingo de los Tsáchilas, 2008.

F.V.	gl	CM	p-valor
Modelo	4	772,05	0,186
Trat	4	772,05	0,186 ns
Error	10	405,04	
Total	14		
X (g)		143,86	
CV %		13,99	

ns: no significativo

En la tabla 54, se muestran los promedios de los tratamientos, donde la más alta y mejor ganancia de peso se observa en el tratamiento C1 (control), mientras se observa baja ganancia de peso en el tratamiento C2 (25% amaranto+75% harina de pescado). El análisis Duncan (5%) muestra que el tratamiento C1 (control) es diferente al resto de tratamientos.

Tabla 54. Promedios y rangos (Duncan 5%) para ganancia de peso en cachama.

Trat	Medias
C1	170,17 a
C3	145,05 ab
C5	140,00 ab
C4	136,59 ab
C2	127,49 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

5.4. ANÁLISIS ECONÓMICO

5.4.1. Análisis en Tilapia

5.4.1.1. Análisis de dominancia

En la tabla 55, se muestra el análisis de dominancia de los tratamientos, donde se observa que el tratamiento 5 (100% amaranto) obtuvo el mayor beneficio y menor costo.

Tabla 55. Análisis de dominancia en tilapia

Trat	Costos/ha	Beneficio neto	Dominancia
5	1128,80	114,42	
4	1193,93	-49,85	D
2	1206,90	-50,28	D

3	1217,12	-64,74	D
1	1455,15	-124,11	D

5.4.1.2. Tasa de retorno marginal (TRM)

La tabla 56, muestra la tasa de retorno marginal, considerándose que los tratamientos no son rentables económicamente hablando.

Tabla 56. Tasa de retorno marginal (TRM) en tilapia

Trat	Costos/ha	Costos Marginales	Beneficio neto	Beneficios Netos Marginales	*TRM %
5	1128,80		114,42		
4	1193,93	65,13	-49,85	-164,27	-252,24
2	1206,90	12,97	-50,28	-0,42	-3,27
3	1217,12	10,21	-64,74	-14,47	-141,65
1	1455,15	238,04	-124,11	-59,37	-24,94

* Se considera rentable si pasa del 40% TRM

5.4.2. Análisis en Cachama

5.4.2.1. Análisis de dominancia

El análisis de dominancia de los tratamientos muestra que el tratamiento 3 (50% amaranto+50% harina de pescado) obtuvo el mayor beneficio y menor costo, como se indica en la tabla 57.

Tabla 57. Análisis de dominancia en cachama

Trat	Costos/ha	Beneficio neto	Dominancia
4	1327,24	979,69	
3	1342,07	1031,99	ND
5	1347,10	968,25	D
1	1528,37	1027,75	D
2	1584,50	675,51	D

5.4.2.2. Tasa de retorno marginal (TRM)

La tabla 58, indica la tasa de retorno marginal, considerándose el tratamiento 3 (50% amaranto+50% harina de pescado) el mejor con una TRM de 352.91%.

Tabla 58. Tasa de retorno marginal (TRM) en cachama

Trat	Costos/ha	Costos Marginales	Beneficio neto	Beneficios Netos Marginales	*TRM %
4	1327,24		979,69		
3	1342,07	14,82	1031,99	52,31	352,91
5	1347,10	5,03	968,25	-63,74	-1266,58
1	1528,37	181,27	1027,75	59,49	32,82
2	1584,50	56,13	675,51	-352,24	-627,48

* Se considera rentable si pasa del 40% TRM

VI.DISCUSIÓN

Según Cárdenas, (2004), el grano de amaranto tiene un contenido de energía similar a los cereales y alrededor del doble de proteína con una composición superior de aminoácidos. Por lo tanto, se emplea como un sustituto adecuado de los costosos ingredientes proteicos de origen animal. Sin embargo, la aceptación y utilización del

amaranto de forma cruda por los animales es baja probablemente debido a la presencia de factores anti nutricionales.

Tacon, (1996), menciona que la presencia de factores anti nutricionales endógenos en alimentos vegetales, se considera el principal factor que limita su utilización en grandes proporciones en los piensos compuestos para animales y peces.

EL-SAYED *et al.*, (2000), en experiencias realizadas con alevines de tilapia obtuvieron bajos crecimientos y elevados factores de conversión alimenticia en lotes alimentados con dietas que contenían 60% de harina de soya comercial (tratada por temperatura y por remojado), comparadas con dietas basadas en harina de pescado; evidenciando la existencia de inhibidores de proteasas en las harinas y su efecto sobre las proteasas en peces.

Los resultados de la presente investigación indican que la harina de amaranto a niveles de reemplazo de hasta 50% de la harina de pescado es una buena fuente proteica para Tilapia y Cachama; pero se puede observar que a un nivel de reemplazo del 25% se obtiene una conversión alimenticia más elevada sobre todo en cachama.

La atractabilidad, palatabilidad, textura y estabilidad en el agua de los alimentos para peces y camarones son factores críticos para obtener tasas máximas de ingestión

que permitan cubrir los nutrientes requeridos y lograr el máximo crecimiento (Cárdenas, 2004).

Rojas, (2002), menciona que la sustitución de harina de pescado, es una práctica, que depende de una adecuada determinación de las exigencias nutricionales de los peces, así como del conocimiento de la composición de las materias primas empleadas y de un adecuado proceso de formulación y manufactura de dietas, en donde se debe prestar especial atención al balance de las fuentes de energía y la estructura física de las dietas. En este estudio, el consumo de alimento de los animales no fue diferente entre las dietas, aunque se observó un bajo consumo, que puede atribuirse a la textura del alimento. El alimento no extruido que se brindó a los animales presentó poca estabilidad en el agua y los pellets del alimento se sumergían rápidamente, por lo que los peces no lograban capturar el alimento. Tillman y Waldrooup, (1986); Kabuage, (1996), han observado que la extrusión y el autoclavado del balanceado aparentemente mejoran el valor alimenticio del grano de amaranto, además se menciona que el aglutinante es otro factor importante en la formulación de dietas balanceadas evitando la formación de grumos en el balanceado.

Al iniciar la investigación se observaron problemas de adaptabilidad y palatabilidad con mayor incidencia en tilapia. Joslyn y Goldtein, (1994), mencionan en su trabajo que los taninos crean problemas de palatabilidad debido a su sabor astringente. Por ejemplo, se conoce que las carpas son muy sensibles al sabor adverso causado por estos factores. También, se ha observado que los inhibidores de la tripsina y las lectinas disminuyen la ganancia de peso de los animales (Liener, 1989).

Espejo, (1997), colocó jaulas dentro de un embalse y sembró 466 tilapias rojas/m³ con un peso inicial de 70 g, los alimentó por 100 días con una dieta que contenía un 30% de proteína cruda y 3400 kcal/kg y los cosecho con un peso promedio final de 325g. Además señala que en un cultivo de tilapias con una densidad de 10 peces/m³ que se inició con peces de 2 g de peso, se obtuvo, a los 328 días, organismos que pesaron en promedio 340g. En nuestra investigación también se sembraron tilapias con la misma densidad por un lapso de 105 días, aún así no se lograron los mismos resultados. Se observó una baja ganancia de peso que no superó los 70g de peso.

Van der Meer, (1996), encontró en experiencias realizadas en cachama con dietas del 43% de inclusión de harina de soya, promovieron mejor crecimiento (aunque no significativo) con respecto a aquellas que incluyeron mayor porcentaje de harina de pescado y las que incluyeron 100% de soya como fuente proteica.

En cuanto a la tasa de crecimiento específico se puede observar que la dieta control supera al resto de dietas tanto en tilapia como en cachama. En ambas especies la dieta 3 (50% harina de amaranto + 50% harina de pescado) fue la mejor dieta en comparación con la dieta control.

El índice de condición corporal que muestra la relación carne-grasa del animal se mostró similar entre las dos especies animales (no superior a 2). En ninguna de las dos especies se llegó al nivel óptimo que para tilapia es de 2.6 y para cachama de 3.4,

esto se debe principalmente al bajo consumo de alimento balanceado durante el periodo de experimentación.

Al realizar el análisis económico, se observó que en tilapia no fue rentable hacer alimento balanceado en base de amaranto; en cambio, en cachama fue el tratamiento 3 el que obtuvo mayor beneficio y menor costo con una tasa de retorno marginal elevada. Peters, (2006), obtuvo resultados similares a nuestra investigación.

La crianza de cachama bajo condiciones controladas e intensivamente en jaulas flotantes, es una alternativa viable para la piscicultura. Criterios diversos manifiestan que la productividad bajo condiciones extensivas permitiría manejar producciones de 500 a 1500 kg ha⁻¹. Sin embargo en estudios comparativos a mayor densidad de carga y en campo abierto demuestran capacidades de producción de hasta los 8000 kg ha⁻¹. (Gusmão *et al.*, 2006; Kohler, 2005). Por otro lado la disponibilidad de tierra para la creación de los estanques de producción aumentarían los costos de inversión y por ende la depreciación incidiría directamente en el costo operacional. En este estudio se demostró la viabilidad de crianza de cachama en jaulas flotantes con ritmos de crecimiento competitivos y capacidades de producción de hasta 7000 kg ha⁻¹.

Los mejores tratamientos fueron aquellos que presentaron un nivel de reemplazo del 50%, el cual demostró no tener diferencias estadísticas con el control. El costo de producción reflejó un valor de 0,39 centavos de dólar kg⁻¹, permitiendo que la formulación sea competitiva.

Una de las características importantes dentro de las dietas experimentales, es la cantidad de grasa insaturada del grupo n- 6 (7,991 g), que incide directamente en los ritmos de crecimiento. El 59% de los ácidos grasos presentes en el amaranto son insaturados, de los cuales el 40% corresponden al ácido linoléico (Escudero *et al.*, 1999).

Sin embargo el factor de conversión alimenticia se vio afectado posiblemente por la presencia de AFN's, los mismos que restringieron la palatabilidad del alimento. Sin embargo, Lowell (1989), sostiene que los procesos de lavado, previo a la utilización de amaranto y quinua como ingredientes alternativas, permite un reemplazo de hasta un 20%, superando al control o alimento en base de harina de pescado en el cultivo de *Litopennaeus vannamei* (Cárdenas, 2004).

Dentro de este contexto el manejo de ingredientes naturales como la harina de calamar pueden mejorar sustancialmente la ingesta del alimento en base de amaranto y por ende verificar la eficiente transformación de nitrógeno contenido en amaranto a proteína estructural.

En este estudio la tasa de supervivencia llegó al 100%. Lo que demuestra que cachama es una especie muy dócil para el manejo y tolerable a rangos mínimos en los parámetros abióticos en la zona de estudio. El ritmo de crecimiento estuvo directamente relacionado con la temperatura, con ganancias de peso de 1,2 a 1,5 g día⁻¹ a una temperatura de 21 °C.

VII. CONCLUSIONES

- ✓ La harina de amaranto tiene potencial como ingrediente alimenticio para reemplazar a la costosa harina de pescado hasta un nivel 50%, sin afectar el rendimiento de la cachama.

- ✓ La sustitución de harina de pescado por harina de amaranto en tilapia no mostró resultados favorables de acuerdo a esta investigación.

- ✓ La dieta T1 (control) y T5 (100% amaranto), obtuvieron mejores resultados en cuanto al factor de conversión alimenticia (FCA) en tilapia; mientras que en cachama la mejor dieta fue la C3 (50 % harina de pescado + 50% amaranto).

- ✓ En cuanto a la tasa de crecimiento específica, la dieta 3 (50% amaranto+50% harina de pescado) presentó la más alta tasa de crecimiento en relación con la dieta control que fue la mejor tanto para tilapia como para cachama; aunque en cachama no existen diferencias significativas entre estas dos dietas.

- ✓ El índice de condición corporal fue bajo en ambas especies (menor al 2%), y no llegó al nivel óptimo, que en el caso de tilapia es de 2.5% y en cachama de 3.4%, lo que nos quiere decir que no alcanzaron el nivel óptimo de relación carne-grasa.
- ✓ A lo largo de la investigación no se encontraron diferencias entre los tratamientos en estudio con respecto a la ganancia de peso, donde se destaca la dieta control tanto en tilapia como en cachama.
- ✓ No hubieron diferencias entre los tratamientos con respecto al alimento consumido en el caso de tilapia; mientras que en cachama el mayor consumo de alimento se obtuvo en el tratamiento C2 (25% amaranto+75%harina de pescado).
- ✓ En todos los aspectos evaluados (FCA, IC, TCE, ganancia de peso y alimento consumido) se obtuvo mejores resultados en la cachama.
- ✓ Económica y productivamente se puede reemplazar hasta en un 50% la harina de pescado por harina de amaranto en dietas para cachama; lo que implica un ahorro de \$ 350,00/ton de alimento.

VIII. RECOMENDACIONES

- ✓ El presente trabajo debería realizarse con alimento extrusado.

- ✓ Es importante realizar estudios para conocer el porcentaje de digestibilidad del amaranto en tilapia y cachama, para ajustar de mejor manera los niveles de sustitución de amaranto.

- ✓ Realizar procesamientos previos a la utilización de amaranto para de esta manera mejorar el valor nutritivo y disponibilidad de nutrientes de las dietas a evaluar.

- ✓ Tomar en cuenta la calidad de alevines a utilizarse en próximas investigaciones.

- ✓ Establecer un periodo de adaptación al alimento de por lo menos un mes.

- ✓ Realizar un estudio del perfil enzimático de la cachama.

X. SUMMARY

The amaranth is an alternative not only as human being food but also as animal food; this Andean crop presents exceptional nutritious characteristics not only by its protein content but also by its appropriate balance of aminoacids and minerals.

This research was made with a completely random design to know the effect to replace the protein of the flour of fish instead the one of the amaranth on the growth of tilapia (*Oreochromis sp.*) and cachama (*Colossoma macropomum*). Five diets with different levels of substitution was made to replace 0, 25, 50, 75 and 100% of protein of the flour of fish instead of protein of amaranth.

This five diets were randomly assigned in 14 floating cages in tilapia and 14 in cachama (1 m³ each one), 10 tilapias and 7 cachamas were assigned in each floating cage separately. They were fed five times in a day, during one hundred and five days. Different variables were evaluated such as: nutritional conversion factor (NCF), specific rate of growth (SRG), corporal condition index (CI), weight gain and consumed food.

For cachama it is possible to replace until a 50% flour of fish without adverse effects on growth and survival. In tilapia it does not work to replace the flour of fish by amaranth flour.

XI. BIBLIOGRAFÍA

ALAMILLA, H. 2002. Cultivo de tilapia. Disponible en:
<http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/tilapia/tilapia.htm#1>. México.

ALIAGA, C. 2004. Variabilidad genética de *Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomus* en la region del Alto Madera (amazonía boliviana) para el análisis del polimorfismo de la longitud de secuencias intrónicas (epic-pcr). La Paz Bolivia. pp103.

BARDACH, J., RYHER, J. Y MCLARNEY, W. 1990. Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos de agua dulce. AGT Editor S.A. México DF – México. pp 741.

BRESSANI, R. 1989. The proteins of grain amaranth. *Foods Review International*.

CABRERA, T., JAY, D. Y ALCESTE, C. 2001. Actualización del Cultivo de Tilapia en el mundo. VI Congreso Ecuatoriano de Acuicultura y V Congreso Latinoamericano de Acuicultura. Ecuador. pp 28.

CÁRDENAS, R. 2004. Evaluación del amaranto y la quinua como fuentes reemplazantes a la harina de pescado en dietas para juveniles *Litopenaeus vannamei*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador. pp 117.

CASILLAS, G.F. 1986. Obtención de nuevos productos a partir de la semilla de alegría. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Capingo, México. pp 300 – 306.

COLE, J. 1979. Amaranth from the Past the Future. Rodale Press, Emmaus, Pennsylvania. pp 311.

COLECCIÓN FAO, 1992. Producción y Protección Vegetal No- 26. Kiwicha (Amaranthus caudatus). Roma, Italia. pp 143 – 146.

CONROY, G. 2000. Importantes enfermedades detectadas en tilapias cultivadas en América Central y del Sur. Costa Rica. [Disponible en: www.ciabcr.com/jornadaacuicola/8 Enfermedades en Tilapias Cultivadas en las Américas.pdf](http://www.ciabcr.com/jornadaacuicola/8%20Enfermedades%20en%20Tilapias%20Cultivadas%20en%20las%20Am%C3%A9ricas.pdf)

DUEÑAS, L. 2000. Piscicultura. Disponible en: <http://www.geocities.com/sanfdo/piscicul.htm>. Colombia.

EARLY, D.K., 1990. Amaranth production in México and Perú. pp 140 – 142. In: J. Janick and J:E: Simon (eds.), Advances in new crops. Timber Press, Portland, OR.

ECUAIDEAS.COM. 2004. Mapa Político del Cantón Santo Domingo de los Colorados. Disponible en: <http://www.ciudadcolorada.com/sd/mapas.php>

EL-SAYED, A. *et al.*, 2000. Assesment of the effect of plant inhibitors on digestive proteases of Nile Tilapia using in vitro assays. *Aquaculture International* 8. pp 403-415.

ESCUDERO, N., G. ALBARRACIN, S. FERNANDEZ Y L. M. DE ARELLANO. 1999. Nutrient and antinutrient composition of *Amaranthus muricatus*. *Plan foods for human nutrition* 54(4): 327 – 336 pp.

ESPEJO, G. 1997. La piscicultura en Colombia. Tecnología de punta en el Departamento de Valle del Cauca. IV Simposio Centroamericano de Acuicultura. Cultivo sostenible de camarón y tilapias. Tegucigalpa-Honduras. pp 78-82.

FAO, 2007. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Informe del Mercado de Tilapia 2007. Disponible en: <http://aguaverde.acuicultura.googlepages.com/InformedelmercadodeTilapiaJUN2007.pdf>.

FEDNA, 2003. (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos. Segunda edición. Madrid – España. pp 423.

GONZALES, I. 2004. Implementación de una estación piscícola en la ciudad de Calarcá, departamento del Quindío. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos22/estacion-piscicola/estacion-piscicola.shtml>.

GONZALEZ, J. & HEREDIA B. 2006. El cultivo de la Cachama (*Colossoma macropomum*). FONAIAP Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias – Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Guárico. Guárico – Venezuela. pp 133.

GUSMÃO A. E., S. Ragonha de Oliveira, A. de Araújo, P. Rondon, T. Y. Baptista, A. V. Waichman, J. D. Indrusiak Fim, E.A. Ono. 2006. Caracterização fisiológica de Tambaqui, *Colossoma macropomum* (Characidae) em duas densidades de estocagem. CIVA 2006: 1-8.

HOLGUÍN, C. 2002. Revista Criterios. Revista mensual de la Cámara de Comercio de Quito. Edición # 46. pp 15 – 20.

ISAZA, M. 2000. Educación en Tecnología. PISCICULTURA. Módulo III. Telesecundaria. Disponible en: www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-82505_archivo.pdf

JOSLYN M. Y GOLDSTEIN J. 1994. Astringency of fruits and fruit products in relation to phenolic content. Advocate food research. 13: pp 179 – 217.

KABUAGE, L. 2000. Effect of steam pelleting and inclusion of molasses in amaranth diets on broiler chicken performance, carcass composition and histopathology of some internal organs. Disponible en: www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/550.

KOHLER, C., 2005. Development of sustainable pond aquaculture practices for *Colossoma macropomum* and *Piaractus brachypomus* in the Peruvian amazon. 9th Work plan, new aquaculture systems/new species research 3 and 6. Final report.

LEHMAN, J.W. 1990. Pigments of grain and feral amaranths. Legacy 3 . pp 3 – 4.

LIENER, I.E. 1989. Antinutritional factors in legume seeds: state on the art. In : Huisman, J., A.F.B. van der poel, I.E. Liener (Eds), Recent advances in research in antinutritional factors in legume seeds. Pudoc, Wageningen. pp 6 – 14.

LÓPEZ, F. 2002. Seminario “Cultivo Industrial de Tilapia”. Primera edición. Quito-Ecuador. pp 72.

LOUBENS, G. & PANFILI, J. 2001. Biologie de *Piaractus brachypomus* (Teleostei: Serrasalminidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie bolivienne). Ichthyol. Explor. *Freshwaters*. 12: 51-64.

LOWELL, T. 1989. Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand Reinhold. New York.

MARTINEZ, M. 1984. *El cultivo de las especies del género Colossoma en América Latina*. FAO. Serie RLAC/84/41 – PESS. Santiago - Chile. pp 47.

MONTEROS, C. *et al.*, 1994. INIAP – ALEGRÍA: Primera Variedad Mejorada de Amaranto para la Sierra Ecuatoriana. Boletín Divulgativo No.- 246. pp 24.

MUJICA SANCHEZ; BERTI, A.; IZQUIERDO, J., 1997. El cultivo de Amaranto (*Amaranthus spp*): producción, mejoramiento genético y utilización. Departamento de Agricultura, División de Producción y Protección Vegetal. Roma – Italia. pp 97.

NIETO, C. 1990. El cultivo del Amaranto (*Amaranthus spp*) una alternativa agronómica para Ecuador. Programa de Cultivos Andinos. EESC. Quito, Ecuador. pp 24.

ORTIZ, J., FALCONÍ R. & LUNA M. 2005. Evaluación y validación de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) como reemplazantes de harina de pescado en dietas para crecimiento en tilapia y cachama. Ciencia 8(2): pp 63-70.

ORTI, G. 1997. *Radiation of characiform fishes: evidence from mitochondrial and nuclear DNA sequences*. *Molecular Systematics of Fishes*.

PERALTA, E. 1985. El Amaranto y su potencial: Situación del Amaranto en el Ecuador. Boletín No.- 2. Oficina Editorial de Archivos Latinoamericanos.

PETERS, R. *et al.*, 2006. Determinación del nivel óptimo de sustitución de harina de pescado por harina de hidrolizado de plumas en el alimento para tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Universidad del Zulia. Zulia-Venezuela. Disponible en: http://www.serbi.luz.edu.ve/pdf/cien/v12n1/art_02.pdf

PILLAY, T. 2002. Acuicultura. Editorial Limusa. México DF – México. pp 699.

POPENOE, H. *et al.*, 1989. Lost Crops of the Incas. Washington, USA, National Academy Press. pp 139 – 147.

POPMA, T. & LOVSHIN, L., 1994. Acuicultura y aprovechamiento del agua para el desarrollo rural. Introducción al cultivo de la tilapia Auburn University, Auburn, EUA. pp 40.

ROJAS, E. *et al.*, 2002. Sustitución de harina de pescado por torta de soya en dietas para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) durante la fase de reversión sexual. Disponible en: http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/pdfs/Amaya.pdf.

ROMERO, S. 2001. Nutrición de Tilapia. Revista Bimensual Acuicultura del Ecuador. Edición # 42. Guayaquil – Ecuador. pp 25 – 36.

RODRÍGUEZ, C. 2004. Respuesta de la Trucha (*Oncorhynchus mykiss*) a balanceados en base de Quinoa (*Chenopodium quinoa*) y Amaranto (*Amaranthus caudatus*) combinados en aminoácidos de síntesis. Sangolquí-Ecuador. pp 132.

SALINAS, Y; & AGUDELO, E., 2000. Peces de importancia económica en la cuenca amazónica Colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI y Ministerio del Medio Ambiente. .Primera Edición.

SANCHEZ, E.M. 1980.Potencial agroindustrial del Amaranto. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. México.

SAUER, JD. 1976. The garin amaranthus and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. Annals of Missouri Botanical Garden. 54: 103 – 137.

SOLUAP, E. 1998. Alternativas de Cultivos Acuícolas. Tomo III. Guayaquil-Ecuador. pp 100-128.

STALLKENCHT, C.F. y SCHULZ - SHAEFFER, J.R. 1993. Amaranth rediscovered. pp 211 – 218. In J. Janick y J.E. Simon (eds.), *New Crops*. Wiley, New York.

SUMAR KALINOWSKI, L. 1982. *Amaranthus caudatus* El pequeño Gigante. Tercer Congreso Internacional de Cultivos Andinos, La Paz. Universidad Nacional del Cusco, Perú. Centro Internacional de Investigaciones de Cultivos Andinos. pp 7.

TACON, A. 1996. Ictiopatología nutricional, signos morfológicos de la carencia y toxicidad de los nutrientes en los peces cultivados. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/T0700S/T0700S00.htm#TOC>

TAPIA, M. 1997. Cultivos Andinos Sub explotados y su aporte a la alimentación. 2 Edición. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.

TILLMAN, P.B. Y WALDROUP, P.W. 1986. Processing grain amaranth for use in broiler diets. *Poultry science*. 65: pp 1960 – 1964.

VAN der MEER, M. *et al.*, 1996. Feed consumption, growth and protein utilization of *Colossoma macropomum* at different dietary fish meal/soya meal ratios. *Aquaculture research*, 27. pp 531-538.

VÁZQUEZ, M. 2001. Avances en seguridad alimentaria. Editorial ALTAGA. Santiago de Compostela – España. pp 310.

XII. ANEXOS

A. Análisis de varianza del peso promedio en tilapia.

Segundo muestreo (día 15)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	71,87	4	17,97	1,61	0,254
Tratamiento	71,87	4	17,97	1,61	0,254 ns
Error	100,55	9	11,17		
Total	172,42	13			
Tercer muestreo (día 30)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	280,65	4	70,16	2,25	0,1442
Tratamiento	280,65	4	70,16	2,25	0,1442 ns
Error	281,25	9	31,25		
Total	561,91	13			
Cuarto muestreo (día 45)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	243,25	4	60,81	1,77	0,228
Tratamiento	243,25	4	60,81	1,77	0,228 ns
Error	274,93	8	34,37		
Total	518,17	12			
Quinto muestreo (día 60)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	405	4	101,25	1,04	0,4439
Tratamiento	405	4	101,25	1,04	0,4439 ns

Error	779,25	8	97,41		
Total	1184,25	12			
Sexto muestreo (día 75)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	453,87	4	113,47	0,79	0,5656
Tratamiento	453,87	4	113,47	0,79	0,5656 ns
Error	1155,8	8	144,47		
Total	1609,67	12			
Séptimo muestreo (día 90)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	785,05	4	196,26	0,99	0,4654
Tratamiento	785,05	4	196,26	0,99	0,4654 ns
Error	1586,29	8	198,29		
Total	2371,34	12			
Octavo muestreo (día 105)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1315,33	4	328,83	1,44	0,306
Tratamiento	1315,33	4	328,83	1,44	0,306 ns
Error	1828,61	8	228,58		
Total	3143,94	12			

ns: no significativo. ($p > 0.05$)

B. Análisis de varianza de longitud total en tilapia.

Tercer muestreo (día 30)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,89	4	0,22	2,31	0,137
Tratamiento	0,89	4	0,22	2,31	0,137 ns
Error	0,86	9	0,1		
Total	1,75	13			
Cuarto muestreo (día 45)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,82	4	0,2	1,48	0,2941
Tratamiento	0,82	4	0,2	1,48	0,2941 ns
Error	1,1	8	0,14		

Total	1,92	12			
Quinto muestreo (día 60)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,46	4	0,37	0,78	0,5682
Tratamiento	1,46	4	0,37	0,78	0,5682 ns
Error	3,75	8	0,47		
Total	5,21	12			
Sexto muestreo (día 75)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,48	4	0,12	0,57	0,693
Tratamiento	0,48	4	0,12	0,57	0,693 ns
Error	1,69	8	0,21		
Total	2,17	12			
Séptimo muestreo (día 90)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,71	4	0,93	3,61	0,0578
Tratamiento	3,71	4	0,93	3,61	0,0578 ns
Error	2,06	8	0,26		
Total	5,77	12			
Octavo muestreo (día 105)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,57	4	0,39	1,14	0,4044
Tratamiento	1,57	4	0,39	1,14	0,4044 ns
Error	2,75	8	0,34		
Total	4,32	12			

ns: no significativo. ($p > 0.05$)

C. Análisis de varianza de longitud parcial en tilapia

Segundo muestreo (día 15)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,05	4	0,01	0,5	0,7356
Tratamiento	0,05	4	0,01	0,5	0,7356 ns
Error	0,22	9	0,02		

Total	0,27	13			
Tercer muestreo (día 30)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,45	4	0,11	2,1	0,1635
Tratamiento	0,45	4	0,11	2,1	0,1635 ns
Error	0,49	9	0,05		
Total	0,94	13			
Cuarto muestreo (día 45)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,52	4	0,13	1,44	0,3047
Tratamiento	0,52	4	0,13	1,44	0,3047 ns
Error	0,72	8	0,09		
Total	1,23	12			
Quinto muestreo (día 60)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,19	4	0,05	0,38	0,8174
Tratamiento	0,19	4	0,05	0,38	0,8174 ns
Error	1,02	8	0,13		
Total	1,21	12			
Sexto muestreo (día 75)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,87	4	0,22	1,32	0,3412
Tratamiento	0,87	4	0,22	1,32	0,3412 ns
Error	1,32	8	0,16		
Total	2,18	12			
Séptimo muestreo (día 90)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,43	4	0,36	1,48	0,2946
Tratamiento	1,43	4	0,36	1,48	0,2946 ns
Error	1,93	8	0,24		
Total	3,36	12			
Octavo muestreo (día 105)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,99	4	0,25	0,71	0,6056
Tratamiento	0,99	4	0,25	0,71	0,6056 ns
Error	2,77	8	0,35		
Total	3,75	12			

ns: no significativo. ($p > 0.05$)

D. Análisis de varianza de longitud total en tilapia

Segundo muestreo (día 15)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,0035	4	0,00087	0,17	0,9459
Tratamiento	0,0035	4	0,00087	0,17	0,9459 ns
Error	0,05	9	0,01		
Total	0,05	13			
Tercer muestreo (día 30)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,18	4	0,04	2,58	0,1091
Tratamiento	0,18	4	0,04	2,58	0,1091 ns
Error	0,15	9	0,02		
Total	0,33	13			
Cuarto muestreo (día 45)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,18	4	0,04	1,2	0,3828
Tratamiento	0,18	4	0,04	1,2	0,3828 ns
Error	0,29	8	0,04		
Total	0,47	12			
Quinto muestreo (día 60)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,31	4	0,08	0,6	0,6707
Tratamiento	0,31	4	0,08	0,6	0,6707 ns
Error	1,02	8	0,13		
Total	1,32	12			
Sexto muestreo (día 75)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,23	4	0,06	0,48	0,7502
Tratamiento	0,23	4	0,06	0,48	0,7502 ns
Error	0,95	8	0,12		

Total	1,18	12			
Séptimo muestreo (día 90)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,27	4	0,07	0,75	0,5841
Tratamiento	0,27	4	0,07	0,75	0,5841 ns
Error	0,73	8	0,09		
Total	1,01	12			
Octavo muestreo (día 105)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,33	4	0,08	1	0,4609
Tratamiento	0,33	4	0,08	1	0,4609 ns
Error	0,67	8	0,08		
Total	1	12			

ns: no significativo. ($p > 0.05$)

E. Análisis de varianza del peso promedio en cachama

Primer muestreo (día 1)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	67,09	4	16,77	0,52	0,7215
Tratamiento	67,09	4	16,77	0,52	0,7215 ns
Error	288,37	9	32,04		
Total	355,46	13			
Segundo muestreo (día 15)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	319,25	4	79,81	1,84	0,2056
Tratamiento	319,25	4	79,81	1,84	0,2056 ns
Error	390,6	9	43,4		
Total	709,85	13			
Tercer muestreo (día 30)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	273,13	4	68,28	0,44	0,7745
Tratamiento	273,13	4	68,28	0,44	0,7745 ns
Error	1384,36	9	153,82		

Total	1657,5	13			
Cuarto muestreo (día 45)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	196,29	4	49,07	0,4	0,806
Tratamiento	196,29	4	49,07	0,4	0,806 ns
Error	745,17	6	124,19		
Total	941,46	10			
Quinto muestreo (día 60)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	398,24	4	99,56	0,38	0,816
Tratamiento	398,24	4	99,56	0,38	0,816 ns
Error	1572,24	6	262,04		
Total	1970,48	10			
Sexto muestreo (día 75)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	922,55	4	230,64	0,62	0,6679
Tratamiento	922,55	4	230,64	0,62	0,6679 ns
Error	2249,93	6	374,99		
Total	3172,47	10			
Séptimo muestreo (día 90)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2054,08	4	513,52	1,08	0,4445
Tratamiento	2054,08	4	513,52	1,08	0,4445 ns
Error	2861,28	6	476,88		
Total	4915,36	10			
Octavo muestreo (día 105)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3106,45	4	776,61	1,11	0,4336
Tratamiento	3106,45	4	776,61	1,11	0,4336 ns
Error	4213,98	6	702,33		
Total	7320,42	10			

ns: no significativo. ($p > 0.05$)

F. Análisis de varianza de longitud total en cachama

Segundo muestreo (día 15)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,17	4	0,04	0,28	0,8816
Tratamiento	0,17	4	0,04	0,28	0,8816 ns
Error	1,39	9	0,15		
Total	1,56	13			
Tercer muestreo (día 30)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,98	4	0,25	0,52	0,7233
Tratamiento	0,98	4	0,25	0,52	0,7233 ns
Error	4,24	9	0,47		
Total	5,23	13			
Cuarto muestreo (día 45)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,65	4	0,16	0,38	0,8188
Tratamiento	0,65	4	0,16	0,38	0,8188 ns
Error	2,61	6	0,44		
Total	3,27	10			
Quinto muestreo (día 60)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,81	4	0,2	0,36	0,8266
Tratamiento	0,81	4	0,2	0,36	0,8266 ns
Error	3,36	6	0,56		
Total	4,17	10			
Sexto muestreo (día 75)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,16	4	0,29	0,69	0,6223
Tratamiento	1,16	4	0,29	0,69	0,6223 ns
Error	2,49	6	0,42		
Total	3,65	10			
Séptimo muestreo (día 90)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,75	4	0,44	1,28	0,3739
Tratamiento	1,75	4	0,44	1,28	0,3739 ns
Error	2,05	6	0,34		
Total	3,79	10			
Octavo muestreo (día 105)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor

Modelo	2,54	4	0,63	1,34	0,3565
Tratamiento	2,54	4	0,63	1,34	0,3565 ns
Error	2,85	6	0,47		
Total	5,39	10			

ns: no significativo. ($p > 0.05$)

G. Análisis de varianza de longitud parcial en cachama

Segundo muestreo (día 15)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,23	4	0,06	0,29	0,8776
Tratamiento	0,23	4	0,06	0,29	0,8776 ns
Error	1,79	9	0,2		
Total	2,03	13			
Tercer muestreo (día 30)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,31	4	0,08	0,55	0,7044
Tratamiento	0,31	4	0,08	0,55	0,7044 ns
Error	1,28	9	0,14		
Total	1,59	13			
Cuarto muestreo (día 45)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,31	4	0,08	0,32	0,8574
Tratamiento	0,31	4	0,08	0,32	0,8574 ns
Error	1,47	6	0,24		
Total	1,77	10			
Quinto muestreo (día 60)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,61	4	0,15	0,4	0,8046
Tratamiento	0,61	4	0,15	0,4	0,8046 ns
Error	2,3	6	0,38		
Total	2,9	10			
Sexto muestreo (día 75)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,67	4	0,17	0,51	0,7344
Tratamiento	0,67	4	0,17	0,51	0,7344 ns

Error	1,99	6	0,33		
Total	2,66	10			
Séptimo muestreo (día 90)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,7	4	0,17	2,71	0,1322
Tratamiento	0,7	4	0,17	2,71	0,1322 ns
Error	0,39	6	0,06		
Total	1,09	10			
Octavo muestreo (día 105)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,98	4	0,24	3,31	0,0932
Tratamiento	0,98	4	0,24	3,31	0,0932 ns
Error	0,44	6	0,07		
Total	1,42	10			

ns: no significativo. ($p > 0.05$)

H. Análisis de varianza de ancho total en cachama

Segundo muestreo (día 15)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,12	4	0,03	1,26	0,3523
Tratamiento	0,12	4	0,03	1,26	0,3523 ns
Error	0,21	9	0,02		
Total	0,32	13			
Tercer muestreo (día 30)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,08	4	0,02	0,47	0,7583
Tratamiento	0,08	4	0,02	0,47	0,7583 ns
Error	0,38	9	0,04		
Total	0,46	13			
Cuarto muestreo (día 45)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	4	0,01	0,09	0,9817
Tratamiento	0,04	4	0,01	0,09	0,9817 ns

Error	0,66	6	0,11		
Total	0,7	10			
Quinto muestreo (día 60)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,23	4	0,06	0,57	0,6926
Tratamiento	0,23	4	0,06	0,57	0,6926 ns
Error	0,61	6	0,1		
Total	0,84	10			
Sexto muestreo (día 75)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,48	4	0,12	0,6	0,6747
Tratamiento	0,48	4	0,12	0,6	0,6747 ns
Error	1,19	6	0,2		
Total	1,66	10			
Séptimo muestreo (día 90)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,67	4	0,17	1,46	0,3218
Tratamiento	0,67	4	0,17	1,46	0,3218 ns
Error	0,69	6	0,11		
Total	1,36	10			
Octavo muestreo (día 105)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,61	4	0,15	1,3	0,3667
Tratamiento	0,61	4	0,15	1,3	0,3667 ns
Error	0,71	6	0,12		
Total	1,32	10			

ns: no significativo. ($p > 0.05$)

I. Análisis de la materia prima (Amaranto).

